THÈSE

Pour l'obtention du grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE POITIERS
UFR de sciences humaines et arts
Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage (Poitiers)
(Diplôme National - Arrêté du 7 août 2006)

École doctorale : Cognition, comportements, langage(s) - CCL (Poitiers)
Secteur de recherche : Psychologie

Présentée par :
Benjamin Chateau

Déterminants cognitifs de l'évaluation ergonomique des objets de la vie quotidienne

Directeur(s) de Thèse :
Ludovic Le Bigot, Jean-Michel Passerault

Soutenue le 21 décembre 2015 devant le jury

Jury :

Président	**Andre Tricot**	Professeur - Université Toulouse 2 - Le Mirail
Rapporteur	**Charles Tijus**	Professeur - Université Paris 8
Rapporteur	**Helene Sauzeon**	Professeur - Université de Bordeaux
Membre	**Ludovic Le Bigot**	Professeur - Université de Poitiers
Membre	**Jean-Michel Passerault**	Professeur - Université de Poitiers
Membre	**Sandrine Caroly**	Maître de conférences HDR - Université Grenoble 2

Pour citer cette thèse :
Benjamin Chateau. *Déterminants cognitifs de l'évaluation ergonomique des objets de la vie quotidienne* [En ligne]. Thèse Psychologie. Poitiers : Université de Poitiers, 2015. Disponible sur Internet <http://theses.univ-poitiers.fr>

THÈSE

Pour l'obtention du grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE POITIERS

UFR de Sciences Humaines et Arts – Centre de recherche sur la cognition et l'apprentissage – UMR 7295

Ecole doctorale : Cognition, comportement, langage(s) – CCL (Poitiers) –Secteur de recherche : Psychologie

(Diplôme national – Arrêté du 7 août 2006)

Présentée par :

Benjamin CHATEAU

Déterminants cognitifs de l'évaluation ergonomique des objets de la vie quotidienne

Sous la direction de Ludovic Le Bigot et de Jean-Michel Passerault

Proposition de jury :

Charles Tijus (rapporteur)	Professeur – Université Paris 8
Hélène Sauzéon (rapporteur)	Professeur – Université de Bordeaux
André Tricot (examinateur)	Professeur – Université de Toulouse 2
Sandrine Caroly (examinateur)	Habilitée à Diriger des Recherches – Université de Grenoble
Ludovic Le Bigot (codirecteur)	Professeur – Université de Poitiers
Jean-Michel Passerault (codirecteur)	Professeur – Université de Poitiers

Invités :

Catherine Sztal-Kutas (examinateur)	Directrice de Calyxis
Jean-Marc Barbier (examinateur)	Responsable du service Innovation du pôle ameublement FCBA

Résumé

La conception ergonomique d'un dispositif tel qu'un objet du quotidien ou un espace de vie, repose notamment sur la manipulation et l'évaluation par l'utilisateur final. L'utilisateur évalue différents attributs, tels que la facilité d'utilisation, le risque, l'utilité ou l'acceptabilité d'un objet présenté en situation d'utilisation. Cependant en début de conception, un utilisateur peut observer une présentation virtuelle de l'objet (plutôt que de l'utiliser directement). Le présent travail a testé des situations dans lesquelles l'utilisateur évaluait un objet, sur la base soit d'une utilisation directe, soit d'une observation de l'utilisation. Selon la littérature sur la représentation mentale et la prise de perspective, un observateur peut adopter la perspective d'un acteur, ainsi que ses représentations de l'action et de l'objet. A travers trois études, le rôle des utilisateurs (Acteur vs. Observateur) a été testé, en prenant en compte le type d'objet (Structurant vs. Instrument), le contexte (Neutre vs. Dégradé) et le cadrage vidéo (vue à la 1ère vs. 3ème personne). Les résultats indiquent que l'utilisabilité des objets était évaluée plus positivement avec un rôle d'observateur qu'avec un rôle d'acteur, mais uniquement dans l'étude 1. Dans l'étude 2, l'effet disparaît avec une qualité vidéo supérieure, laissant supposer un biais matériel dans l'étude 1. De manière intéressante, les études 2 et 3 ont mis en évidence que les objets structurants étaient évalués plus favorablement que les instruments, quelque soit le rôle (Acteur vs. Observateur) et le cadrage vidéo (1ère vs. 3ème personne). Dans l'ensemble le rôle des utilisateurs ne semble pas influencer l'évaluation des objets, ce qui suggère que l'observation est une approche pertinente pour évaluer des objets. Cependant de nouvelles recherches sont nécessaires pour renforcer la validation de l'évaluation par observation, et pour mieux comprendre le processus de prise de perspective sous-jacent.

Mots clés : Test utilisateur, Evaluation, Prise de perspective, Représentation mentale, Simulation virtuelle.

Abstract

Usually, the ergonomic design of a device such as an everyday object or a living space is based, among other methods, on final user's manipulation and evaluation. The user can evaluate different attributes, such as ease of use, risk, utility or acceptability of an object presented in a situation of use. However, in early design processes, user can observe a virtual presentation of the object (rather than use it directly). The present work tested both situation in which objects are evaluated by an observer and situation in which objects are directly manipulated. According to the literature on mental representation and perspective taking, an observer should be able to adopt an actor perspective, and its representations of actions and devices. Across three studies, the user role (Actor vs. Observer) was tested, taking into account the type of device (Structuring vs. Instrument), the context (Neutral vs. Degraded) and the video frame shot (1st person vs. 3rd person view). Results indicate that object's usability was more positively evaluated with an observer rather than an actor role, but only in study 1. In study 2, with an improved image quality the effect faded, suggesting a bias in the study 1 material. Interestingly, studies 2 and 3 results demonstrate that structuring objects were evaluated more positively than instruments, regardless the evaluator role (Actor vs. Observer) or the video frame shot (1st person vs. 3rd person view). Overall, it seems that the evaluator role (Actor vs. Observer) did not influence objects' assessments, suggesting that observation could be relevant to evaluate objects. However new research is needed to strengthen the validation of objects' assessments by an observer, and to better understand the underlying perspective-taking process.

Keywords : User Test, Evaluation, Perspective taking, Mental representation, Virtual simulation.

Remerciements

Mes premiers remerciements s'adressent aux instigateurs de cette thèse, Ludovic Le Bigot, Jean-Michel Passerault, Calyxis et le FCBA, qui m'ont proposé de prendre part à cette aventure sur une thématique passionnante. Merci Ludovic pour ton accompagnement depuis la Licence et pour tes incitations à viser toujours un peu plus haut. Merci Jean-Michel pour ton accompagnement durant la thèse et ton humanisme. Merci à Calyxis et au FCBA pour avoir nourri mes réflexions et mes connaissances sur l'ergonomie de l'habitat et pour m'avoir apporté un soutien technique exceptionnel.

Merci à Audrey François-Souche pour avoir été ma principale collaboratrice, et pour avoir été le catalyseur des études réalisées. Merci pour ton soutien et ta présence sans faille, et pour m'avoir donné l'opportunité rare de participer à la mise en place technique d'un laboratoire.

Merci à Anthony, Amandine, et Emeline de Calyxis, et à Thomas et Sarah, du FCBA, pour votre implication dans la mise en place et le déroulement des expérimentations.

Merci à Audrey F.S., Audrey A., et Murielle, de Calyxis, pour m'avoir offert de mettre en pratique mes connaissances dans le cadre de prestations très variées.

Merci aux personnes ressources de la MSHS et du CeRCA, en particulier Marie-Françoise, Hélène, François et Didier, qui sont un soutien précieux pour la recherche.

Merci à mes camarades doctorants de la MSHS, et aux chercheurs du CeRCA, en particulier de l'équipe CLIF, aux équipes de Calyxis et du pôle ameublement FCBA, pour les nombreux moments conviviaux et discussions passionnantes que nous avons partagés. Je tiens à saluer en particulier Constance pour m'avoir accompagné sur l'ensemble du cursus de psychologie, Marie, Manon, Dominique, Fred et SEBC avec qui j'ai eu plaisir à partager 3 années de thèse.

Mes remerciements les plus appuyés vont à ma compagne, Emilie, à ma famille, et à mes amis proches, pour m'avoir accompagné et soutenu dans une démarche de reprise d'études, qui s'est avérée plus ambitieuse et plus passionnante que le projet initial. Je dédie l'ensemble de mes travaux à mes enfants, Carol et Gaspard, qui sont source de motivation pour *demain, être meilleur qu'hier.*

TABLE DES MATIERES

Introduction générale **1**

1. Contexte de la recherche **1**
2. De l'idée à l'objet final, comment évaluer un concept ? **3**
3. Un concept virtuel permet-il d'anticiper une interaction réelle ? **4**
4. Objectifs et structure de la thèse **5**

Chapitre 1. Principes des évaluations ergonomiques **7**

1. Objectifs et méthodes de l'évaluation ergonomique **7**
1.1. Définition et enjeux de l'ergonomie des dispositifs de vie 7
1.2. Les dimensions d'évaluation en ergonomie 10
1.3. Les méthodes d'évaluation en ergonomie 14
1.4. L'évaluation par l'utilisateur 19
2. L'utilisabilité **20**
2.1. Définition de l'utilisabilité 20
2.2. Mesures de l'utilisabilité : le System Usability Scale (SUS) 23
2.3. Mesures de l'utilisabilité : l'After-Scenario Questionnaire (ASQ) 25
2.4. Mesures de l'utilisabilité : les questionnaires multidimensionnels 26
3. L'acceptabilité **28**
3.1. Mesure de l'acceptabilité : Le Technology Acceptance Model (TAM) 30
3.2. Mesure de l'acceptabilité : Le modèle de Nielsen 31
3.3. Mesure de l'acceptabilité : l'évolution des modèles 33
4. L'utilité **35**
4.1. Mesure de l'utilité 36
5. Le risque **38**
5.1. Définition du risque 38
5.2. Le risque dans la vie de tous les jours 41
5.3. Le risque dans le domaine du travail 42
5.4. Le risque en informatique 45
6. Perspectives sur l'évaluation d'objets **47**

Chapitre 2. Représentation et simulation mentales 49

1. Déterminants de la représentation mentale d'un objet 49
1.1. Principes de catégorisation de l'objet et activation de concepts liés 49
1.2. Impacts du contexte et de l'activité sur la représentation de l'objet 51
1.3. Représentation mentale et évaluation 55
2. Représentation de l'espace d'activité via l'adoption d'un référentiel spatial 57
2.1. Définition des principaux référentiels 57
2.2. Impact de l'activité sur l'adoption d'un référentiel 58
2.3. Impact de la situation sur l'adoption d'un référentiel 60
3. Représentation de l'activité d'un tiers via la prise de perspective 62
3.1. La prise de perspective 62
3.2. Déterminants de la prise de perspective 64
3.3. Construction de la représentation mentale d'une action observée 65
3.4. Processus de codage de l'activité 66
4. Perspectives sur la représentation des objets et des activités 68

Chapitre 3. Envisager des évaluations basées sur l'observation 70

1. Décrire un objet et son utilisation. 70
1.1. Approche ergonomique de la caractérisation de l'objet par l'utilisateur 70
1.2. Approche psychologique de la caractérisation de l'objet par l'observateur 72
2. Valider une situation d'évaluation par observation 73
2.1. Les déterminants cognitifs de l'évaluation par utilisation transposés à l'évaluation par observation 73
2.2. Hypothèses générales 74

Chapitre 4. Etude 1 : Evaluer avec un rôle d'acteur ou d'observateur 78

1. Objectif 79
2. PHASE 1 : Sélection des objets cibles à l'aide d'une expertise 81
2.1. Méthode 82
2.2. Résultats de l'expertise 88
2.3. Choix des fauteuils expérimentaux et discussion 90
3. PHASE 2 : Test utilisateur 92
3.1. Méthode 94
3.2. Résultats 98
3.3. Discussion 101
4. Perspectives 103

Chapitre 5. Effets du rôle, du cadrage vidéo et du contexte d'utilisation sur l'évaluation 106

1. ETUDE 2 : Impacts du rôle et du contexte sur l'évaluation d'objets de niveaux d'interaction différents 109
1.1. Objectifs et hypothèses 109
1.2. Méthode 112
1.3. Résultats 120
1.4. Discussion 125
2. ETUDE 3 : Impacts du cadrage vidéo et du contexte sur l'évaluation d'objets virtuels 127
2.1. Objectifs et hypothèses 127
2.2. Méthode 129
2.3. Résultats 133
2.4. Discussion 140
3. Discussion générale pour les études 2 et 3 142

Chapitre 6. Discussion générale et perspectives 146

1 La représentation d'un objet utilisé par un tiers 147
1.1. La prise de perspective et la représentation d'objets 147
1.2. Limites et perspectives 148
2. L'évaluation en situations réelles et virtuelles 151
2.1. L'évaluation du risque par l'utilisateur 152
2.2. L'évaluation à l'aide d'environnements virtuels 153
2.3. Limites et perspectives 154
3. Des pistes d'application pratique 157
3.1. Préconisations générales pour les évaluations par l'utilisateur 159
3.2. Préconisations spécifiques aux environnements réels 162
3.3. Préconisations spécifiques aux environnements virtuels 163
3.4. Perspectives de recherche 164

Conclusion générale 169

Références 171

Annexes 187

Introduction générale

1. Contexte de la recherche

Les accidents liés à l'utilisation des équipements du quotidien sont une préoccupation importante pour les collectivités et l'Etat qui doivent garantir la sécurité des citoyens, et pour les assurances qui prennent en charge les impacts économiques. Or, chaque année, 12 000 décès se produisent en France dans les habitats. Pourtant, des normes de fabrication donnent aux industriels des recommandations pour garantir la qualité et la sécurité des produits (objets, services, etc.). Par exemple la norme NF EN 71-3 spécifie les exigences en matière de migration de substances chimiques dans les jouets (AFNOR, 2013). Cette norme est obligatoirement appliquée sur les jouets d'enfants de moins de 6 ans afin d'éviter un risque d'intoxication. Les normes de sécurité concernent souvent des aspects techniques qui occasionnent une atteinte corporelle.

Le travail de recherche de cette thèse a été réalisé au sein de *Calyxis* qui est un pôle d'expertise dont la mission principale consiste à diminuer la vulnérabilité de l'individu face aux dangers potentiels de son quotidien, notamment dans l'habitat. Dans cette optique, Calyxis accompagne les entreprises dans le développement ou l'amélioration de leurs produits du point de vue des usagers. Avec la mise en place de son laboratoire des usages, Calyxis souhaitait confronter les utilisateurs à des objets à tester en situation réelle d'utilisation. Une des demandes de Calyxis était de déterminer quels seraient les environnements optimaux lui permettant d'anticiper les attentes, les besoins et l'acceptation des utilisateurs vis-à-vis d'un concept (un objet ou un dispositif en cours de conception).

Le centre technique « Fondation Construction Bois et Ameublement » (FCBA) s'est joint à cette recherche à partir d'une demande analogue. Le FCBA est un centre dédié à la recherche et la certification de l'ameublement et de l'exploitation du bois et des nouveaux matériaux. Il accompagne notamment les industriels du meuble en matière de connaissances, solutions et tests techniques, dans le but d'améliorer leurs produits, de répondre aux besoins des utilisateurs et d'innover. Le FCBA souhaitait mettre en œuvre des technologies virtuelles permettant d'intégrer l'utilisateur dans un processus de conception innovante basée sur l'ergonomie et l'observation d'usages. La demande du FCBA était de déterminer des environnements simulés optimaux lui permettant d'anticiper les attentes, les besoins et l'acceptation des utilisateurs vis-à-vis d'un concept.

Calyxis et le FCBA cherchent l'optimisation de la qualité d'usage des objets grâce à la connaissance et la compréhension fine des utilisateurs et de leurs usages de l'habitat. Cette connaissance permet de générer de nouvelles idées de fonctionnalités et de concepts et de les évaluer en amont du processus de conception. Les objectifs industriels sont de :

- Consolider des questionnements en termes d'ergonomie d'usage,
- Déterminer les limites et avantages des simulations virtuelles ou réelles,
- Envisager un couplage des simulations en fonction des tâches ou des situations,
- Définir l'anticipation des usages en partant des méthodes réelles vers celles utilisées en situation virtuelles,
- Proposer de nouvelles méthodes d'évaluation de concept ou de produit en amont des processus de conception.

Dans le processus de conception d'un objet, le concept de l'objet peut être présenté sous différentes modalités en fonction de son stade de développement. La présentation repose par exemple sur un schéma, une maquette, un modèle virtuel ou un prototype, qui permet d'évaluer le concept pour le valider. A certains stades de conception, l'évaluation implique de confronter l'utilisateur au concept à partir d'une présentation virtuelle ou réelle, afin de préfigurer l'utilisation et les contextes d'usages futurs de celui-ci. De l'idée initiale à l'objet

final, différentes méthodes existent pour évaluer le concept tout au long de sa maturation en impliquant l'utilisateur.

2. De l'idée à l'objet final, comment évaluer un concept ?

Pour concevoir ou améliorer un dispositif tel qu'un objet du quotidien ou une situation de travail, une approche classique en ergonomie consiste à analyser l'activité de l'utilisateur qui interagit avec le dispositif cible ou un prototype (Brangier & Robert, 2013). Cette approche consiste à recueillir des informations relatives à l'activité d'un utilisateur telles que le contexte, les efforts mis en œuvre, les gestes appliqués, les procédures, etc. Ce type d'analyse est utilisé pour détecter des caractéristiques du dispositif qui sont favorables ou défavorables à une situation d'utilisation réelle. Idéalement l'utilisateur doit être impliqué dès les premiers stades d'un cycle de conception, pour anticiper rapidement des problèmes liés à l'utilisation finale. Certaines méthodes d'évaluation ergonomique permettent d'évaluer un concept sur la base de prototypes ou de maquettes (Lenté, Berthelot, & Buisine, 2014). Cependant un croquis, une maquette ou un prototype fonctionnel ne représentent pas toujours parfaitement le dispositif final. Par conséquent, à chaque stade de conception, le paramétrage des évaluations tient compte des limites de la présentation du concept pour évaluer au mieux l'objet final imaginé par le concepteur.

A mesure de l'avancée de la conception de l'objet, sa présentation est de plus en plus précise et de plus en plus proche du produit final utilisable. Dans le même sens, les évaluations portent sur un concept de plus en plus proche du dispositif final. Par exemple, en début de conception, un utilisateur observe une interaction à l'aide d'un modèle virtuel, tandis qu'en fin de conception il interagit directement avec un prototype fonctionnel dans un environnement physique réel. Le niveau de réalisme a cependant un impact sur l'évaluation

d'un objet par un utilisateur. Par exemple, Kjeldskov et Skov (2007) ont expérimenté l'effet du niveau de réalisme du contexte sur l'évaluation d'un prototype d'appareil d'aide à la navigation. Lorsqu'un objet était présenté dans un contexte très détaillé, l'utilisateur appréhendait plutôt les dimensions liées à l'utilisation de l'objet. Au contraire, lorsque le contexte était moins détaillé, l'utilisateur appréhendait plutôt des dimensions d'ordre esthétique. Ces résultats illustrent l'importance de tenir compte des dimensions d'évaluation ciblées et du réalisme disponible pour paramétrer une situation de test appropriée. Aujourd'hui les technologies virtuelles sont assez puissantes et précises pour créer des animations semblables à des vidéos. Une telle modélisation virtuelle permet de présenter une situation d'interaction ressemblant à une situation réelle.

3. Un concept virtuel permet-il d'anticiper une interaction réelle ?

Une situation de référence (existante) et un living-lab sont des lieux dans lesquels il est possible de placer un utilisateur en interaction active avec des objets et des environnements réels, voire avec d'autres personnes. En revanche, pour interagir *activement* dans un environnement virtuel, un appareillage spécifique est nécessaire pour médiatiser les actions, les réponses des objets ou de l'environnement et pour ajouter du réalisme. Ces appareillages donnent accès par exemple à un retour de force dans les mains pour percevoir notamment la taille ou la souplesse d'un objet (e.g. Dexmo F2 : Dexta, 2015), à un mode de déplacement pédestre pour visiter un habitat virtuel en marchant réellement (e.g. Virtusphere, 2015), à une immersion du champ visuel avec laquelle il est possible d'explorer cet habitat virtuel à l'échelle 1:1 et à 360° (e.g. cube immersif : Oculus Rift, Oculus, 2015 ; VisBox, 2015).

La programmation numérique et la mise en œuvre d'une telle interaction *active* dans un environnement virtuel engage des ressources humaines et matérielles parfois importantes au regard du coût de conception d'un produit. En revanche, la programmation d'un avatar (personnage virtuel) qui agit dans l'environnement est une solution plus sobre en ressources et en appareillage. Il est possible par exemple de présenter des interactions et des caractéristiques de l'objet avec un film « réaliste ». L'action de l'avatar est observée par un utilisateur cible. Ce dernier se représente l'utilisation des fonctions, voire s'imagine être dans l'environnement et utiliser l'objet. Cette simulation favorise la construction d'une représentation mentale de l'objet et de l'interaction. L'observation d'une interaction virtuelle serait une situation d'évaluation pertinente pour préfigurer une évaluation reposant sur une interaction réelle.

4. Objectifs et structure de la thèse

L'intérêt d'évaluer un objet ou un concept dans un environnement réel ou virtuel est de préfigurer son usage futur en situation d'utilisation finale (in situ) telle que l'habitat. Les recherches réalisées dans cette thèse visaient à comprendre les processus cognitifs à l'œuvre chez un utilisateur lorsqu'il utilise puis évalue un objet, et à envisager une situation dans laquelle l'utilisateur observe l'utilisation puis évalue l'objet. En outre, la grande diversité des dispositifs qui composent un habitat a amené à considérer aussi bien des dispositifs réduits tels qu'un réveil, que des dispositifs plus importants tels que des meubles ou des espaces de vie. La prise en compte de différents types d'objets devait amener à explorer et discuter de l'équivalence des objets face à l'évaluation. Le score obtenu avec un questionnaire d'évaluation du risque a-t-il le même sens pour des objets très différents comme par exemple un couteau et une porte ? L'ensemble des travaux de recherche réalisés est présenté en 6 chapitres.

Le Chapitre 1 décrit le principe et les objectifs de l'évaluation par l'utilisateur, ainsi que différentes dimensions de l'ergonomie sur lesquelles il est amené à évaluer des objets présentés en situation d'utilisation, à savoir l'utilisabilité, l'utilité, l'acceptabilité et le risque. La méthode ainsi décrite est utilisée comme référence pour étudier une situation d'évaluation par l'utilisateur basée non pas sur l'utilisation mais sur l'observation.

Le Chapitre 2 décrit les processus cognitifs impliqués dans la représentation mentale et l'évaluation d'un objet. Il s'agit notamment d'établir un parallèle entre les processus cognitifs impliqués dans une évaluation lorsque l'utilisateur utilise l'objet cible, ou observe son utilisation par un tiers. La description des déterminants de l'évaluation par l'action et par l'observation est abordée à partir des processus de représentation mentale de l'objet utilisé, de l'espace d'activité, et de l'activité, notamment de l'activité d'un tiers.

Le chapitre 3 résume les apports respectifs de l'ergonomie et de la psychologie dans l'évaluation des objets. Ces apports respectifs sont mis en perspective pour appréhender expérimentalement des évaluations ergonomiques basées sur une situation d'observation.

Le chapitre 4 présente une première étude, dans laquelle a été manipulé l'effet du rôle sur l'évaluation, c'est-à-dire selon que les utilisateurs sont acteurs ou observateurs pour évaluer des objets qui ont été préalablement expertisés par des ergonomes.

Le Chapitre 5 décrit les deux études suivantes, dans lesquelles ont été manipulés les effets sur l'évaluation des facteurs rôle, environnement (Neutre vs. Dégradé), type d'objet (Structurant vs. Instruments) et cadrage vidéo (1ère vs. 3ème personne).

Enfin dans le Chapitre 6, les résultats de l'ensemble des recherches sont discutés et mis en perspective. Ce chapitre ouvre également sur des préconisations pour concevoir des situations d'évaluations des dispositifs de vie, basées notamment sur l'observation et les techniques virtuelles.

Chapitre 1.
Principes des évaluations ergonomiques

1. Objectifs et méthodes de l'évaluation ergonomique

1.1. Définition et enjeux de l'ergonomie des dispositifs de vie

Calyxis et le FCBA souhaitent accompagner les concepteurs d'objets du quotidien dans la compréhension des usages, afin d'imaginer des dispositifs répondant le mieux possible aux besoins des utilisateurs et aux contraintes des environnements de vie. Cet objectif s'inscrit dans une démarche ergonomique à laquelle les partenaires sont attachés. Conformément à la définition de l'ergonomie de l'International Ergonomics Association (IEA), cette démarche *« vise la compréhension fondamentale des interactions entre les humains et les autres composantes d'un système (…). Les ergonomes contribuent à la planification, la conception et l'évaluation des tâches, des emplois, des produits, des organisations, des environnements et des systèmes en vue de les rendre compatibles avec les besoins, les capacités et les limites des personnes ».*

Dans des domaines variés d'activité humaine tels que les situations de travail (e.g. Dejours, 1998) ou la conduite automobile (e.g. Mayeur, Bremond, & Bastien, 2011), l'humain est souvent considéré comme la principale cause d'une défaillance. Il est mis en cause par exemple dans une action inappropriée, un apprentissage insuffisant, un manque d'effort, etc. Au contraire, l'ergonomie ne met pas en cause l'humain directement mais le système dans son ensemble, en relevant notamment l'impact positif ou négatif de chaque composante du

système d'interaction sur l'activité opérée. L'objectif d'une approche ergonomique est de concevoir des dispositifs (outils, organisations, espaces, etc.) qui d'une part allègent les charges pesant sur l'utilisateur (physiques, mentales), et d'autre part améliorent ou moins préservent la production de ce dernier (qualité, rapidité, sécurité, etc.). Ni la compréhension des situations, ni les solutions proposées ne relèvent d'une discipline spécifique. L'ergonomie « *emprunte partout, à condition d'intégrer ses emprunts dans la spécificité de ses analyses* » (Darses & de Montmollin, 2012). Autrement dit l'ergonomie se doit d'intégrer des connaissances plurielles afin de comprendre les différents types de facteurs (économiques, cognitifs, sociaux, physiologiques, etc.) qui impactent une situation particulière, puis de concevoir une réponse adaptée sans déplacer un problème d'un facteur à un autre. Par exemple, pour concevoir un système d'ouverture de bouteille sécurisé, la physiologie est en mesure de fournir des indicateurs biomécaniques sur la force des doigts des enfants et des adultes. Des connaissances plus générales permettent également de concevoir des normes et des guides de conception ergonomique (e.g. Bastien & Scapin, 1993 ; Bastien & Tricot, 2008).

L'ergonomie s'insère dans les projets de conception ou d'amélioration de dispositifs divers tels que des situations de travail, des objets, des espaces, des services. Idéalement l'ergonome participe à la conception en stimulant la réflexion sur les utilisateurs et leurs usages. Un objectif de cette réflexion est notamment de mettre en avant les facteurs qui ont un impact sur la situation d'interaction, et sur les possibles conséquences d'échec, de réussite, d'accident, etc. Actuellement en France, l'ergonomie est souvent utilisée pour concevoir ou améliorer des situations de travail (e.g. organisation du travail, architecture) et des interfaces numériques (e.g. informatique professionnelle, web, téléphonie). L'approche, traditionnellement *systémique* (entendu ici qui étudie un environnement dans sa singularité), est difficile à appliquer dans la diversité des situations domestiques. Autrement dit chaque

habitat peut être considéré comme un contexte d'usage singulier pour lequel il n'est pas (encore) possible de concevoir des produits industriels sur mesure (parfaitement ajustés, au cas par cas).

Reste que dans leur diversité les habitats ont des points communs. Il est possible par exemple de reconnaitre un habitat des années 1960 et un des années 2010 (Figure 1). Des indices identifient chaque époque comme un style esthétique, une technologie, une logique spatiale particulière. Par exemple dans les années 1960, la *femme au foyer* avait son espace de cuisine *privé*, tandis qu'en 2000 les cloisons sont tombées, la femme et l'homme actifs se partagent un espace de cuisine ouvert sur la vie familiale (voir par exemple Tapie, 2014).



Figure 1 : Représentation de la cuisine en 1960 (à gauche) et en 2000 (à droite)

De plus, l'habitat n'est pas une construction totalement propre à ses occupants. C'est un système qui est composé de ses occupants (avec leurs particularités) et de dispositifs relativement normatifs. Ces dispositifs visibles tels que le bâti, les meubles et les équipements, évoluent parallèlement à des facteurs qui les déterminent, tels que les technologies, les matériaux, les usages, les normes, etc. Ces facteurs sont identifiables et communs aux logements d'une époque donnée (Fijalkow & Lévy, 2008).

Par exemple, l'emprise spatiale du téléviseur a évolué avec la technologie des écrans. Dans les années 90, il était aussi large que profond, cette forme était compatible par exemple avec un placement dans un coin du salon, sur un meuble d'angle. Tandis qu'en 2010, l'épaisseur a diminué au bénéfice de la largeur de l'écran ; cette forme autorise un placement

contre un mur sur un meuble peu profond et avec une emprise spatiale plus contenue de l'ensemble.

Les dispositifs qui composent un environnement de vie lui donnent l'identité d'une époque, mais ils permettent également d'y assimiler des dangers spécifiques auxquels les utilisateurs sont confrontés. Lorsqu'une personne est victime d'un accident domestique, plusieurs composantes de la situation peuvent être identifiées. Par exemple, un habitant glisse sur le sol mouillé de sa salle de bain : cette situation implique l'habitant, le sol, l'eau, une vasque sur laquelle il peut se cogner, etc. Chaque composante est potentiellement un facteur de blessure grave. Dans ses messages de prévention destinés au public, Calyxis (2015) avance près de 10 000 décès par chute chaque année en France dans les activités de vie courante (habitat et plein air). Une étude et une réflexion impliquant les concepteurs et les utilisateurs permettraient de prévenir les dangers avec des solutions appropriées aux activités et aux souhaits des utilisateurs. Sans qu'il soit nécessaire d'interroger les environnements domestiques au cas par cas, l'ergonomie peut participer à la compréhension de situations typiques et à l'apport de réponses adaptées aux usages actuels et futurs.

1.2. Les dimensions d'évaluation en ergonomie

Les dimensions d'évaluation courantes

Que ce soit pour corriger une situation existante ou pour imaginer des usages et des environnements futurs, le gain apporté par un nouveau concept peut être estimé à l'aide d'indicateurs prédéfinis (e.g. Brooke, 1996). Les indicateurs utilisés en ergonomie tels que ceux présentés dans ce chapitre, reposent généralement sur l'interaction entre des utilisateurs et des dispositifs évalués. Les choix d'un ou plusieurs indicateurs sont déterminés par les problématiques étudiées et par les possibilités de mise en œuvre.

Des indicateurs basés sur l'utilisation

Un utilisateur peut distinguer deux objets sur la base, d'une part de caractéristiques physiques telles que la couleur, la taille, la forme, et d'autre part de caractéristiques liées à l'utilisation. Certaines caractéristiques peuvent notamment mettre en évidence une affordance, c'est-à-dire suggérer un usage ou inviter à utiliser (voir notamment Gibson, 1977). Norman (1999) décrit l'affordance comme le reflet de « relations possibles entre les acteurs et les objets ». Norman exclut des affordances *réelles* les conventions artificielles apprises telles que certaines icônes d'une interface informatique. Il décrit l'icône comme une affordance *perçue*, mais l'affordance *réelle* réside dans l'effet produit lorsque l'utilisateur clique sur l'icône. Une affordance *réelle* peut être prévue par le concepteur, auquel cas il imagine une forme de l'objet, une couleur, une matière, qui suggèrent une fonction, la mise en œuvre d'un geste, d'une force, d'une précision, etc. Par exemple, dans un bateau le volant présent sur certaines portes étanches suggère une ouverture à l'aide d'un geste rotatif. Une affordance peut aussi être *incidente* dans l'environnement, c'est le cas par exemple d'un rocher arrondi sur le bord d'un chemin qui invite à s'asseoir. En outre, un dispositif sur lequel une affordance a été prévue peut faire l'objet d'une évaluation, en termes par exemple d'utilité et de facilité d'utilisation. Les caractéristiques perceptibles en situation d'interaction permettent quant à elles d'appréhender l'utilisation réelle de l'objet, et de vérifier la qualité des affordances, et notamment des affordances *négatives*. Une affordance *négative* correspond à une possibilité d'action non prévue et potentiellement préjudiciable. Par exemple, une bouteille offre la possibilité de stocker de l'eau de javel et peut également être confondue avec une bouteille d'eau potable par un utilisateur assoiffé.

Evaluer sur plusieurs dimensions

L'évaluation d'un objet vise notamment à repérer des qualités et des faiblesses à améliorer. Cependant, la correction d'une faiblesse ne doit pas en créer une autre par ailleurs.

De plus, une problématique relevée, telle que la facilité d'utilisation, a potentiellement plusieurs déterminants. Par conséquent, une évaluation est rarement unidimensionnelle. L'évaluation d'un objet sur plusieurs dimensions permet d'une part de le décrire précisément, et d'autre part de relever l'impact éventuel d'une dimension sur une autre dimension. Par exemple, un four peut être compliqué à utiliser à cause d'un défaut de lisibilité ou de signifiance des labels de son interface (Bastien & Scapin, 1993). Or, si l'interface présente une ambiguïté, l'utilisateur pourrait mal éteindre le four et causer un incendie ou une brûlure. Cet exemple illustre l'impact possible de la dimension *facilité d'utilisation* sur la dimension *risque*. En outre, ce four respecte rigoureusement les normes de sécurité des fours, mais un tel défaut n'est pas forcément perceptible en dehors d'une situation d'activité.

L'étude des situations d'activité est une approche privilégiée en ergonomie pour appréhender et caractériser un dispositif sur plusieurs dimensions (e.g. Barcenilla & Bastien, 2009). Par conséquent, les dimensions couramment utilisées visent à qualifier les facteurs qui favorisent et/ou contraignent une activité. Différentes dimensions ont été distinguées en fonction du type d'impact qu'elles permettent d'analyser : un objet est *utile* notamment s'il permet d'augmenter la performance dans la réalisation d'une tâche ; un objet est *utilisable* notamment si son utilisation nécessite un faible effort mental (Davis & Venkatesh, 1996).

Par exemple un premier four s'avère compliqué à utiliser mais il permet de réaliser précisément ce que l'on veut cuisiner, l'objet est utile mais peu utilisable. En d'autres termes, ce four s'avère parfaitement utile pour réaliser des préparations délicates, à condition de faire attention lors de son paramétrage. Au contraire un second four est très facile à utiliser, mais il est équipé d'une sonde de température très imprécise. En d'autres termes, ce four est utilisable mais peu utile pour réaliser des préparations nécessitant une gestion précise de la température.

Ces exemples montrent l'intérêt de considérer l'objet à l'aide de plusieurs dimensions relatives à son utilisation. Les principales dimensions caractérisant les objets avec une

approche ergonomique ont été décrites par différents auteurs tels que Nielsen (1993), Dillon et Morris (1996), ou Tricot, Plégat-Soutjis, Camps, Amiel, Lutz, et Morcillo (2003). Il s'agit de l'utilisabilité, l'utilité et l'acceptabilité. Ces principales dimensions ne sont pas exhaustives. Certaines études impliquent par exemple d'avoir recours à des dimensions plus psychologiques telles que le plaisir, les émotions (Norman, 2004), ou la charge cognitive (Burkolter, Weyers, Kluge, & Luther, 2014 ; Wickens, 2002).

Choix des dimensions d'évaluation

Le choix des dimensions d'évaluation est déterminé par le périmètre de l'étude ou par une demande directe du concepteur. Aussi, dans le cadre de cette thèse le risque par exemple doit être pris en compte pour comprendre comment l'intégration d'un objet, respectant a priori des normes de sécurité, est parfois source de danger. Un nouvel objet peut déstabiliser une organisation bien réglée ou être incompatible avec un autre dispositif présent. En outre, l'utilisabilité doit également être appréhendée pour comprendre la part de risque relatif à une conception présentant par exemple des difficultés d'interaction ou une affordance négative, et conduisant à des actions inappropriées, voire dangereuses. Enfin, les dimensions d'utilité et d'acceptabilité permettent de mesurer respectivement la pertinence du dispositif évalué et l'intention d'usage de l'utilisateur. L'utilité et l'acceptabilité sont intéressantes en particulier pour l'industriel avant d'envisager la conception d'un dispositif. Pour résumer, le contexte de l'étude a conduit au choix des dimensions suivantes : *risque, utilisabilité, utilité* et *acceptabilité*. L'étude de l'ergonomie d'un dispositif à l'aide de ces dimensions s'inscrit dans des méthodes impliquant l'utilisateur à différentes phases de conception. Ces méthodes sont décrites dans la partie (sous-section) suivante.

1.3. Les méthodes d'évaluation en ergonomie

Des méthodes adaptées à des phases de conception

La conception d'un dispositif suit différentes phases qui s'échelonnent entre une intention initiale et un objet final (Figure 2). Les phases préliminaires aboutissent à la rédaction d'un cahier des charges qui définit les principales caractéristiques de l'objet. Les phases intermédiaires consistent à concevoir l'objet et le processus de fabrication. La dernière phase de conception correspond au lancement du produit final, c'est-à-dire à la mise en place de la production et de la distribution.

Une conception centrée sur l'utilisateur consiste à prendre en compte les caractéristiques (e.g. physiques, sociales, psychologiques) et les besoins de l'utilisateur tout au long de la conception. Cette approche repose notamment sur une participation active des utilisateurs pour définir puis évaluer l'objet à mesure de sa conception (Barcenilla, & Bastien, 2009 ; norme ISO 13407, 1999 ; Mao, Vredenburg, Smith, & Carey 2005). L'implication de l'utilisateur varie en fonction des méthodes applicables à un stade de conception donné. Un cycle de conception tel que celui présenté en Figure 2 est divisible en 3 parties.

(1) La partie initiale fixe les besoins et les spécifications auxquels le concept doit répondre. Les spécifications peuvent reposer notamment sur une approche *facteur humain,* qui implique l'utilisateur indirectement sur une base de connaissances scientifiques qui le concerne (e.g. données sociales, biométriques, cognitives ; Grosjean & Neboit, 2000 ; Thariq, Munasinghe, & Abeysekara, 2010). Les spécifications peuvent être enrichies également en interrogeant les utilisateurs. Par exemple pour concevoir un réveil pour les sourds, un focus group (groupe de discussion d'utilisateurs) favorise la compréhension de leurs besoins, la compatibilité avec d'autres dispositifs tels qu'un détecteur de fumée qui sert

aussi à réveiller, la concurrence avec d'autres dispositifs tels que la fonction réveil du téléphone.

(2) La partie centrale affine, évalue et valide le concept par étapes successives. A ce stade un concept représenté visuellement ou physiquement peut être évalué par des utilisateurs cibles. Par exemple un utilisateur peut simuler l'utilisation d'un prototype dans un environnement physique réaliste (e.g. linving-lab) pour vérifier sa facilité d'utilisation.

(3) La partie finale correspond à la mise en production du produit. A ce stade des évaluations peuvent être réalisées avant et après l'industrialisation pour valider son implantation auprès des utilisateurs finaux en situation de travail (e.g. Noulin, 2002) ou en situation de vie courante (Brangier & Barcenilla, 2003). Par exemple des exemplaires issus d'une pré-production peuvent être distribués à des utilisateurs cibles pour vérifier la fiabilité et l'efficacité du produit in situ.

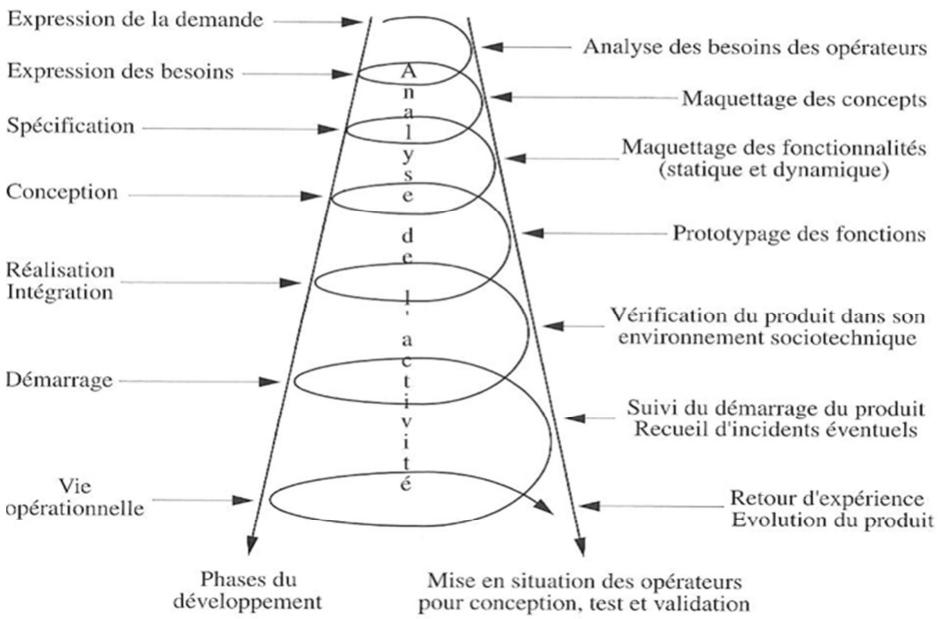


Figure 2 : L'ergonomie dans le cycle de conception (Valentin, Lancry, & Lemarchand, 2010)

Le contexte de la thèse vise l'évaluation de concepts présentés dans des environnements virtuels ou réels tels que les laboratoires de tests par l'usage. Ce type d'évaluation est particulièrement adapté à la partie centrale du cycle de conception. A ce stade le concept est suffisamment avancé pour bénéficier d'une représentation presque complète de l'objet final visé. Une présentation virtuelle offre une vue plus ou moins détaillée du concept et de son utilisation supposée. Un défaut détecté peut être corrigé facilement et le nouveau concept virtuel réévalué rapidement. Le matériel virtuel offre une certaine flexibilité dans les modifications, mais il se limite à une présentation médiatisée généralement par un écran. En revanche, un prototype fonctionnel place l'objet dans un espace d'utilisation réelle et favorise son évaluation au plus près de l'objet final. Cependant, si l'évaluation révèle un défaut important, la correction de ce défaut peut avoir un impact sur l'ensemble du design et la construction d'un nouveau prototype peut être nécessaire (Nelson, Buisine, & Aoussat, 2012 ; Valentin, Lancry, & Lemarchand, 2010).

Evaluer en début ou en cours de conception : améliorer, décider

L'évaluation d'un objet (ou produit) en début de conception améliore la compréhension des déterminants positifs et négatifs de l'interaction envisagée (Valentin et al., 2010). La correction d'un défaut a moins de répercussions sur la conception globale lorsqu'elle est réalisée en début plutôt qu'en fin de conception. Aussi, différentes méthodes peuvent être utilisées dès les premières phases de la conception d'un objet. Tout d'abord, le design du concept initial peut s'appuyer sur des guides de conception ergonomique tels que les principes de conception de Norman (1988) repris par Brangier et Barcenilla, (2003), Preece, Rogers et Sharp (2002). Certaines normes permettent également de caractériser une conception ergonomique. Par exemple, la norme ISO 9241.11 (1998, *Lignes directrices relatives à l'utilisabilité*) repose notamment sur l'analyse d'une situation d'usage pour concevoir un objet.

Le concept peut ensuite être représenté à l'aide d'esquisses, de maquettes, de représentations 3D, et faire l'objet *« évaluation experte, effectuée sur la base de règles, de critères ou de normes »* (Valentin et al., 2010). Cette évaluation est réalisée à l'aide d'une grille d'observation « heuristique » (voir par exemple Figure 3), qui s'appuie sur des principes ergonomiques (Bastien & Scapin, 1993 ; Preece, Hill, Horswill, Karamatic, Hewett, & Watson, 2013 ; Schmettow, Bach, & Scapin, 2014).

Heuristic Evalualtion - A System Checklist

1. Visibility of System Status

The system should always keep user informed about what is going on, through appropriate feedback within reasonable time.

#	Review Checklist	Yes	No	N/A	Comments
1.1	Does every display begin with a title or header that describes screen contents?	O	O	O	
1.2	Is there a consistent icon design scheme and stylistic treatment across the system?	O	O	O	
1.3	Is a single, selected icon clearly visible when surrounded by unselected icons?	O	O	O	
1.4	Do menu instructions, prompts, and error messages appear in the same place(s) on each menu?	O	O	O	
1.5	In multipage data entry screens, is each page labeled to show its relation to others?	O	O	O	

Figure 3 : Extrait de l'heuristique *Visibility of System Status,* issu d'une grille d'évaluation de Xerox (1995, cf. Annexe 3), sur la base des travaux de Weiss (1993) et Nielsen (1994). Chaque item correspond à une question sur une caractéristique du dispositif évalué. L'évaluateur doit indiquer si cette caractéristique est présente ou non, ou si l'item n'est pas approprié.

Le concept initial est également évaluable à l'aide de simulations d'utilisation, aussi appelées parcours cognitifs (Valentin et al., 2010). Cette approche consiste à présenter une ébauche du concept (e.g. dessin, maquette, modélisation 3D), et à demander à des utilisateurs potentiels de simuler mentalement son utilisation. L'étape de simulation est suivie d'une étape de recueil de données telles qu'un jugement, un ressenti, des difficultés rencontrées, à l'aide par exemple d'un entretien ou d'un questionnaire. Une telle situation de simulation permet d'envisager une multitude de paramètres portant sur la présentation de l'objet, le contexte physique ou social, la tâche, etc.

Cependant, en fonction des caractéristiques de la situation de simulation, les utilisateurs ne sont pas sensibles aux mêmes caractéristiques du dispositif évalué (Kjeldskov & Skov 2007). Le choix des méthodes de mesures doit aussi en tenir compte. Par exemple, lorsqu'un

prototype fonctionnel est disponible, il est possible de l'évaluer sur la base de l'interaction avec des utilisateurs. L'interaction peut être contextualisée dans un environnement d'utilisation réaliste, tout en disposant d'un appareillage d'enregistrement et de mesures, tel que l'audiovisuel, la biométrie ou le suivi oculaire. Ce type d'appareillage permet de récolter des informations précises, telles que les durées d'interaction, les nombres d'erreurs, des occurrences de comportements (Bastien & Tricot, 2008). Les données obtenues sur l'interaction sont dites objectives, c'est-à-dire qu'elles sont obtenues directement par la mesure, indépendamment de toute interprétation. Par exemple pour évaluer l'utilisation d'un réveil à l'aide de mesures objectives, le temps requis pour le paramétrer et le nombre d'erreurs réalisées renseigne sur sa facilité d'utilisation. La mesure du rythme cardiaque pourrait renseigner sur le stress (Jouven et al., 2009) induit chez l'utilisateur par la sonnerie.

En outre, des recueils subjectifs sont également possibles (e.g. qualité perçue, esthétique, plaisir, utilité perçue). Contrairement au recueil objectif, un recueil subjectif repose sur une interprétation de l'interaction par le participant lui-même et permet d'avoir accès à des informations inobservables. Lorsqu'un participant décrit son expérience, il donne parfois des explications, décrit des liens de cause à effet, module la valeur d'un jugement, etc. Le recueil subjectif permet aussi de préfigurer le jugement des utilisateurs du produit final. Par exemple, pour évaluer l'utilisation d'un réveil à l'aide de mesures subjectives, l'utilisateur peut répondre à un questionnaire qui recueille son avis sur des caractéristiques ciblées (e.g. Brooke, 1996), telles que la perception de la facilité de programmation d'une heure de réveil ou de la qualité de la sonnerie.

Schmettow et al. (2014) ont comparé les résultats obtenus à l'aide de différentes méthodes utilisées pour évaluer le nombre de problèmes détectés sur une interface informatique. Trois méthodes mises en œuvre étaient : une inspection heuristique (à l'aide d'une grille préétablie), une inspection experte (sans grille d'analyse), et un test utilisateur

filmé et analysé par 2 experts. L'analyse des résultats a montré qu'un nombre important de problèmes n'était pas détecté lorsqu'une seule méthode était utilisée. En revanche, la combinaison de 2 méthodes augmentait sensiblement le nombre de problèmes détectés. Dans cette étude, les données obtenues dans chaque méthode présentée sont produites par des « *experts* ». Il est possible également de coupler des données d'évaluation d'objets produites par des experts avec des données produites directement par des utilisateurs.

1.4. L'évaluation par l'utilisateur

L'évaluation par l'utilisateur consiste à placer l'utilisateur en situation d'interaction avec l'objet cible puis à recueillir son jugement. Il est possible d'obtenir de la part de l'utilisateur des données subjectives formulées à partir de sa propre expérience et de son ressenti vis-à-vis de l'objet. Cependant, il n'est pas certain que l'utilisateur soit en mesure d'évaluer correctement l'objet dans toutes les dimensions visées. Par exemple, Helander (2010) a étudié la capacité de l'utilisateur à évaluer des chaises de bureau sur des dimensions relatives à l'esthétique, au confort et à l'ergonomie (physiologique). Chaque utilisateur devait utiliser une chaise durant une journée de travail, et l'évaluer trois fois : le matin, à midi, et le soir. L'analyse des résultats a montré que l'utilisateur est en mesure d'évaluer l'esthétique et le confort mais pas l'ergonomie (en termes de posture). L'auteur explique notamment que l'utilisateur ne ressent pas certaines tensions occasionnées par l'inconfort d'une mauvaise assise. En outre, l'évaluation du confort présentait des ambiguïtés : par exemple une chaise était jugée confortable sur certains critères (e.g. je me sens reposé) et inconfortable sur d'autres critères (e.g. je me sens à l'étroit).

Selon Helander (2010), la subjectivité peut ne pas être suffisante pour évaluer certaines dimensions relatives à l'utilisabilité ou à la performance. Cependant, la subjectivité a

l'avantage de situer le dispositif dans un système de référence propre à l'utilisateur, en termes notamment d'attentes, de compatibilité, d'expériences ou de plaisir.

Certains questionnaires incitent l'utilisateur à s'exprimer sur des qualités ciblées de l'objet auxquelles ils n'auraient pas forcément pensé spontanément. Dans ce type de questionnaire, la formulation des items permet de recueillir des informations précises sur l'objet afin de le caractériser sur les dimensions ciblées. Un questionnaire rempli par un échantillon d'utilisateurs permettrait de faire remonter des critiques communes (positives ou négatives), ou plus précisément des évaluations relatives à l'interaction, et en lien avec leurs propres expériences et attentes. Couramment en ergonomie, et plus précisément dans cette recherche, les caractéristiques visées sont l'utilisabilité, l'utilité, le risque et l'acceptabilité. Ces dimensions utilisées pour qualifier des dispositifs divers sont présentées dans les sections suivantes.

2. L'utilisabilité

2.1. Définition de l'utilisabilité

L'utilisabilité est résumée par certains auteurs comme l'expression de la *facilité d'utilisation* (Brangier, Dufresne, & Hammes-Adelé, 2009). Cette définition minimale renvoie à plusieurs qualités qui permettent à l'utilisateur d'initier facilement une interaction : peu d'effort physique ou mental, peu d'apprentissage nécessaire, attrait, adaptation au contexte d'utilisation.

La norme ISO 9241-11 (1998) définit l'utilisabilité 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* ». Cette définition

est admise et reprise par différents auteurs en ergonomie (e.g. Brangier & Barcenilla, 2003 ; Sonderegger & Sauer, 2010 ; Waller, Bradley, Hosking, & Clarkson, 2015). Trois composantes sont impliquées dans la définition de l'utilisabilité : l'objectif, l'utilisateur et l'objet. L'objectif correspond au résultat final attendu par l'utilisateur ou par une organisation. La planification de la réalisation d'un objectif implique la prévision des moyens humains (utilisateur ou opérateur) et matériels (l'objet ou plus généralement le dispositif). L'utilisateur est souvent appelé opérateur dans les situations de travail. C'est la personne qui opère la réalisation d'un objectif à l'aide d'un dispositif. Le produit correspond plus largement à un dispositif clairement identifié qui peut être par exemple un objet, un ensemble d'objets, un édifice, un logiciel, une organisation de travail, un service, etc. Le produit dispose de fonctions destinées à aider à la réalisation d'un objectif. La définition de l'utilisabilité introduit trois critères : efficacité, efficience et satisfaction

L'efficacité correspond à la précision et au degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés (ISO 9241-11). Plus simplement, l'efficacité renvoie à la capacité d'un système à produire un résultat attendu (cf. Hornbæk, 2006). Par exemple l'efficacité d'un réveil est mesurable par l'heure effective à laquelle l'utilisateur se réveille.

L'efficience est le rapport entre les ressources dépensées et la précision ou le degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés (ISO 9241-11). Par exemple l'efficience d'un réveil est mesurable en relevant le temps nécessaire pour le paramétrer. Le temps de manipulation est considéré comme une ressource nécessaire à l'obtention du résultat (être réveillé).

La satisfaction concerne l'absence d'inconfort ressenti et les attitudes positives dans l'utilisation du produit. Par exemple, le réveil est évaluable sur la perception du confort de

manipulation des boutons et de lecture de son écran, de la qualité ou l'efficacité de sa sonnerie, l'intention de l'utiliser, etc.

Dans les pratiques récentes de l'ergonomie, l'évaluation de l'utilisabilité a conforté le critère de la satisfaction, avec l'émergence de nouvelles notions telles que le plaisir, la confiance et les émotions. Par exemple, selon Barcenilla et Bastien (2009), « *la norme ISO/IEC CD 25010.2 introduit la composante hédonique de la satisfaction en préconisant la mesure du confort, de la confiance dans le produit, du plaisir, ainsi que des réponses émotionnelles suscitées par le produit* ». Ces nouvelles dimensions sont ciblées notamment par des pratiques de l'ergonomie, telles que l'User Experience Design (UXD ou UX, Lenté et al., 2014 ; Nelson, Buisine, & Aoussat, 2013) ou le design émotionnel (Bongard-Blanchy, Bouchard, Bonnardel, Lockner, & Aoussat, 2015 ; Norman, 2004). La prise en compte de la composante hédonique de l'utilisabilité renvoie à l'induction d'une attitude positive pour faciliter l'interaction avec le dispositif. Le courant hédonique s'étend également à l'ergonomie du travail qui s'intéresse au *bien être* ou à la *qualité de vie au travail* comme facteur favorable à l'activité (Althaus, Grosjean, & Brangier, 2013).

L'effet d'une « *bonne* » ou d'une « *mauvaise* » utilisabilité peut être appréhendé à l'aide de mesures objectives portant par exemple sur des durées de manipulations ou une quantification des erreurs. Cependant ces mesures utilisées seules n'informent pas sur les facteurs qui les déterminent. Par ailleurs il existe différentes échelles qui permettent d'appréhender l'utilisabilité d'un dispositif en fonction de plusieurs déterminants identifiés. Des exemples d'échelles sont présentés dans les parties suivantes.

2.2. Mesures de l'utilisabilité : le System Usability Scale (SUS)

Brooke (1996) a élaboré le System Usability Scale (SUS, items disponibles en Annexe 1). Le SUS est un outil conçu pour réaliser des évaluations rapides de l'utilisabilité d'un système informatique par l'utilisateur. Selon l'auteur, c'est un outil pour les industriels, qui se veut simple à utiliser et à analyser. Le questionnaire comporte 10 items, pour lesquels l'utilisateur donne son accord sur une échelle de Likert en 5 points. La valence des items est inversée successivement d'un item à l'autre. La Figure 4 présente les premiers items du questionnaire. Ce questionnaire est rempli immédiatement après l'utilisation du dispositif évalué.

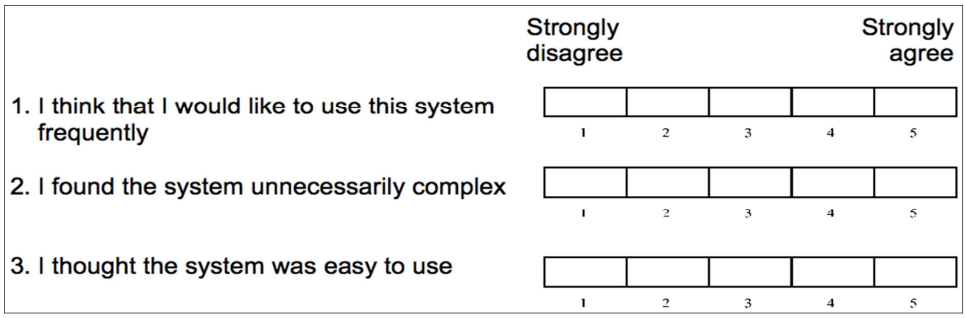


Figure 4 : Aperçu des 3 premiers items du System Usability Scale (SUS, Brooke, 1996)

Le score d'utilisabilité du SUS est obtenu de la façon suivante. Après l'inversion des items négatifs, l'échelle de 1 à 5 est ramenée de 0 à 4. La somme des items est ensuite multipliée par 25 pour obtenir un score sur un intervalle de 0 à 100. Le score obtenu pour un objet doit être comparé au score d'un autre objet concurrent, ou une ancienne version du même objet. Le score SUS d'un objet n'a aucune valeur s'il est considéré individuellement.

Bangor, Kortum, et Miller (2008) ont analysé les résultats de 206 études réalisées à l'aide du SUS sur des objets variés. La note moyenne sur les 2 324 questionnaires analysés est d'environ 70, avec un écart-type de 20 et une médiane à 75. Ces résultats indiquent que le SUS a tendance à produire des scores assez positifs, quels que soient les objets. Ces résultats

confirment la préconisation de Brooke (1996) selon laquelle l'évaluation d'un objet doit être réalisée sur la base de la comparaison de son score SUS avec celui d'un autre objet analogue. Un objet évalué seul a de grandes chances d'avoir un score supérieur à 50, c'est-à-dire d'être considéré positivement sur l'intervalle de 0 à 100. Bangor et al. (2008) ont également comparé les scores SUS et le taux de succès relevés lors de tâches d'interaction avec les objets évalués. L'analyse des résultats indique une corrélation positive entre le score SUS et le taux de succès à la tâche.

Un autre résultat marquant de cette étude concerne les types de cibles évaluées. Certains types de dispositif sont évalués plus positivement que d'autres. Par exemple sur le graphique de la Figure 5, les interfaces graphiques informatiques « GUI » (M = 75) sont évaluées plus positivement que les interfaces vocales web « Web/IVR » (M = 60).

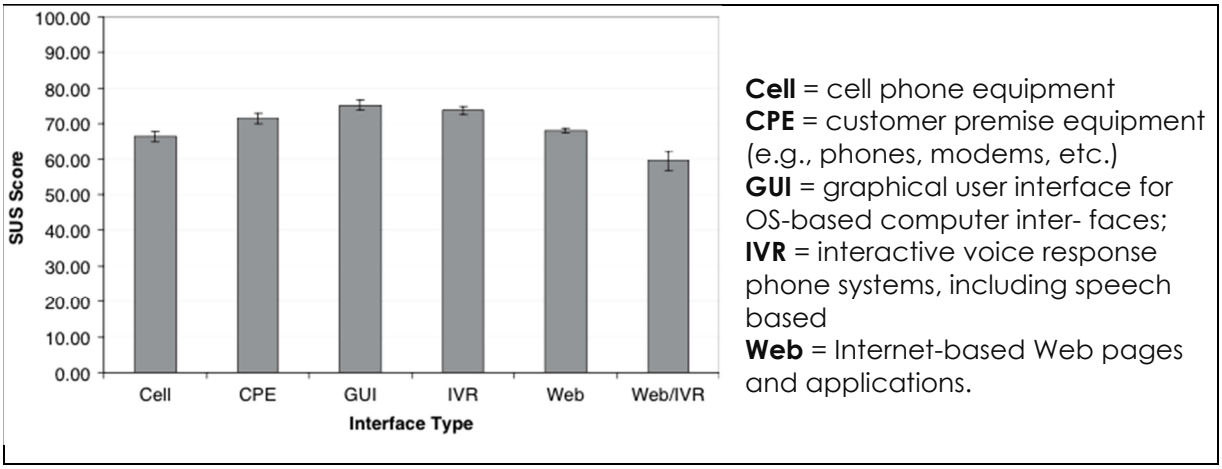


Figure 5 : Score moyen au SUS pour 6 types d'interfaces. (Extrait de l'étude de Bangor et al., 2008).
Cell = interface de téléphone mobile ; CPE = Equipements de communication fixes (e.g. téléphone filaire, modem) ; GUI = Interface graphique de système informatique ; IVR = interface vocale téléphonique ; Web/IVR = interface vocale web.

Le score SUS dépend, en partie, du type d'objet auquel appartient la cible, mais aussi de la familiarité de l'utilisateur-évaluateur avec ce type d'objet. Par exemple un radioréveil serait évalué différemment par un utilisateur quotidien et par un novice. McLellan, Muddimer, et Peres (2012) ont étudié l'effet du niveau d'expérience de 262 participants sur le score SUS de dispositifs informatiques cibles. Les auteurs ont montré que le score SUS obtenu était corrélé

positivement avec l'expérience des utilisateurs concernant le dispositif évalué. Selon les auteurs cet effet a déjà été observé avec d'autres échelles d'utilisabilité, telles que le Computer System Usability Questionnaire (CSUQ, Lewis, 1995) présenté plus loin.

Pour résumer, le SUS permet une évaluation rapide de l'utilisabilité de plusieurs objets afin de les comparer. L'utilisation de cet outil nécessite toutefois de prendre en compte sa tendance à produire des scores moyens concentrés sur la moitié supérieure de l'échelle. Cette tendance laisse supposer de possibles effets plafonds.

Lorsque plusieurs objets sont évalués sur plusieurs dimensions dont l'utilisabilité, le SUS évalue cette dernière dimension avec seulement 10 items. Cependant il existe un questionnaire encore plus court : l'After-Scenario Questionnaire

2.3. Mesures de l'utilisabilité : l'After-Scenario Questionnaire (ASQ)

L'After-Scenario Questionnaire (ASQ, Lewis, 1991, items disponibles en Annexe 1) est un questionnaire très court de 3 items, conçu par IBM. Les items appréhendent chacun une composante de l'utilisabilité : la facilité d'achèvement de la tâche, la durée nécessaire pour accomplir une tâche, et la pertinence du support d'informations (aide en ligne, messages du système, manuel). Pour chaque item le participant doit indiquer son niveau d'accord sur une échelle en 7 points. Bien que très court, ce questionnaire permet d'effectuer une mesure valide de l'utilisabilité (Lewis, 1995 ; Bangor et al., 2008). Cependant, ce questionnaire est issu du monde de l'informatique. Si un item n'est pas adapté pour évaluer un dispositif ciblé, c'est un tiers du questionnaire qui est invalidé. Par exemple pour évaluer l'utilisation d'une table, l'item concernant la pertinence du support d'informations pourrait ne pas être adapté.

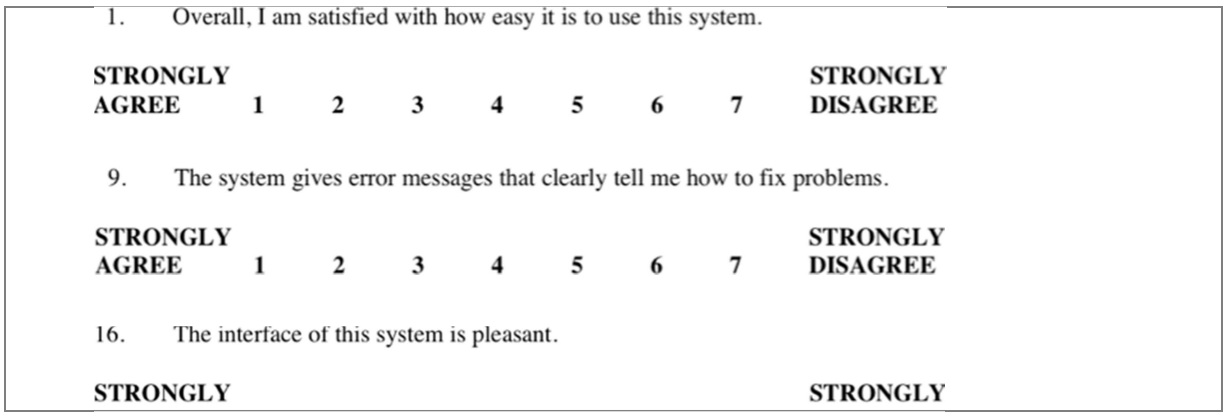
Etant donné sa brièveté et son efficacité, ce questionnaire peut facilement être adjoint à d'autres questionnaires pour évaluer d'autres dimensions. S'il existe des échelles spécifiques

telles que l'ASQ ou le SUS pour évaluer l'utilisabilité, cette dimension peut également être évaluée d'une part à l'aide d'une échelle composite, composée de plusieurs sous-dimensions, et d'autre part comme composante d'une autre dimension. La partie suivante présente quelques exemples.

2.4. Mesures de l'utilisabilité : les questionnaires multidimensionnels

Certains auteurs décrivent plusieurs sous-dimensions de l'utilisabilité, telles que l'efficacité, l'efficience, la satisfaction, la facilité d'apprentissage, etc. (e.g. Brooke, 1996 ; Nielsen, 1993). L'évaluation d'un objet peut être notamment détaillée à l'aide des sous-dimensions d'un questionnaire lorsqu'elles sont clairement identifiées. C'est le cas par exemple du Post-Study System Usability Questionnaire, et du Computer System Usability Questionnaire (PSSUQ et CSUQ, Lewis, 1995, cf. Annexe 1), deux questionnaires presque identiques conçus au sein de l'entreprise IBM. Ils diffèrent légèrement dans la formulation des items en fonction de leur contexte d'application respectif. Le PSSUQ est adapté à une situation de test utilisateur (e.g., évaluation d'une maquette de logiciel), tandis que le CSUQ est adapté aux évaluations in situ (e.g., sur le lieu de travail). Ces questionnaires sont composés de 19 items et combinent 3 dimensions. Ces dimensions sont respectivement *l'utilité perçue* (Usefulness, items 1 à 8), *la qualité de l'information* (items 9 à 15), *la qualité de l'interface* (items 15 à 19). La Figure 6 montre un exemple d'item pour chaque sous-dimension. Pour chaque item, le participant donne son niveau d'accord sur une échelle en 7 points. Cependant la formulation de certains items relatifs à la qualité de l'interface et de l'information est difficilement transposable à l'évaluation d'objets non apparentés à l'informatique. Par exemple, l'item numéro 9 du CSUQ est *« Pour chaque erreur, l'outil*

m'aide clairement à la résoudre ». Cet item est adapté pour évaluer un logiciel, mais il est ambigu, voire inadapté, pour évaluer certains objets tels qu'une table.



1. Overall, I am satisfied with how easy it is to use this system.

STRONGLY AGREE	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**STRONGLY DISAGREE**

9. The system gives error messages that clearly tell me how to fix problems.

STRONGLY AGREE	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**STRONGLY DISAGREE**

16. The interface of this system is pleasant.

STRONGLY **STRONGLY**

Figure 6 : Aperçu des items 1, 9 et 16 du CSUQ (Lewis, 1995). Ces items sont des échantillons respectivement des sous-dimensions Utilité perçue, Qualité de l'information, Qualité de l'interface.

L'intérêt des échelles composites est qu'elles permettent d'identifier quelques grandes sous-dimensions (e.g. qualité de l'information) de la dimension principale (e.g. utilisabilité). La connaissance de ces sous-dimensions permet notamment de repérer les points forts d'un dispositif, et les aspects à améliorer. Par exemple un objet évalué à l'aide du CSUQ peut révéler une bonne utilité, des informations efficaces, mais l'évaluation de son utilisabilité peut être dégradée à cause d'une mauvaise organisation des informations (qualité de l'interface).

D'autres questionnaires visent une autre dimension principale de l'objet évalué, telle que l'acceptabilité (décrite dans la section suivante). L'utilisabilité est considérée en tant que sous-dimension parmi d'autres. C'est le cas notamment du Technology Acceptance Model (TAM, Davis, 1989) et de ses différentes déclinaisons telles que le TAM-2 (Venkatesh & Davis, 2000), TAM-3 (Venkatesh & Bala, 2008), l'Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT, Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003).

3. L'acceptabilité

De nombreux auteurs considèrent l'acceptabilité comme une des dimensions centrales pour caractériser l'ergonomie d'un objet (e.g. Bastien & Tricot, 2008). L'acceptabilité d'un service tel qu'un site Internet peut être estimée par exemple par son taux de fréquentation. Dans le modèle de Dillon et Morris (1996), repris notamment par Bastien et Tricot (2008), Dillon et Morris (1999) et Tricot et al. (2003), l'acceptabilité est définie comme une intention d'usage. Selon ces auteurs, les trois principaux déterminants de l'acceptabilité sont *l'utilité* effective, *l'utilisabilité* effective, et la *perception* (ou la représentation) par l'utilisateur de l'utilité et de l'utilisabilité. Dillon et Morris (1999) affinent la description des déterminants de l'acceptabilité avec le modèle 3P. Les 3P qui déterminent l'acceptabilité correspondent aux termes suivants : (1) *Pouvoir* (utilité), correspond une mesure objective des capacités théoriques de l'objet cible hors contexte d'utilisation, (2) *Perception*, correspond à l'évaluation subjective par l'utilisateur du dispositif cible, en référence à Davis (1989), et (3) *Performance,* correspond à la mesure comportementale classique de l'utilisabilité. Bobillier-Chaumon, Dubois, et Retour (2006) définissent l'acceptabilité d'une technologie comme *« la prise en compte de son intégration dans des schémas d'usage, de valeurs et d'organisation préexistante. On s'interroge alors a priori sur la définition de facteurs et de contextes favorables pour mieux adapter les technologies ».* Selon cette définition un dispositif est acceptable si l'utilisateur peut le projeter généralement dans un usage, et particulièrement dans un contexte existant.

Barcenilla et Bastien (2009) définissent quant à eux l'acceptabilité comme le *«* degré *d'intégration et d'appropriation d'un objet dans un contexte d'usage ».* L'intégration désigne la manière dont l'objet s'intègre dans l'environnement d'une activité, et comment il contribue à la transformer. *« L'appropriation renvoie à la façon dont l'individu investit personnellement l'objet ou le système et dans quelle mesure celui-ci est en adéquation avec*

ses valeurs personnelles et culturelles, lui donnant envie d'agir sur ou avec celui-ci, et pas seulement de subir son usage. Le cas extrême de l'appropriation est celui où l'objet devient une composante de l'identité du sujet ». L'acceptabilité renvoie alors à une projection de l'usage du dispositif par l'utilisateur. Cette projection implique également une notion d'intégration du dispositif dans un contexte.

Bobillier-Chaumon et al. (2006) distinguent l'acceptabilité de l'acceptation. Ces auteurs définissent l'acceptation comme « *la façon dont un individu, un collectif mais aussi une organisation perçoivent les enjeux liés aux nouvelles technologies (atouts, bénéfices, risques, opportunité) et y réagissent (favorablement ou non)* ». L'acceptabilité correspondrait à une caractéristique liée au comportement (l'objet est utilisé donc il est acceptable) tandis que l'acceptation correspondrait à un jugement préalable à l'utilisation (l'objet est accepté donc il va être utilisé).

En complément, selon Brangier et al. (2009), « *certains auteurs font la distinction entre acceptation et acceptabilité en soulignant que l'acceptation renvoie à un processus sociocognitif tandis que l'acceptabilité serait plus une propriété des systèmes techniques (…) pour de très nombreux chercheurs la frontière entre ces deux notions est poreuse* ». Les modèles de Davis (1989) et de Nielsen (1993) décrivent les facteurs déterminants, respectivement de l'acceptation et de l'acceptabilité.

Le concept d'acceptabilité a donné lieu à des outils de mesure qui permettent d'anticiper ou de mesurer l'acceptabilité d'un objet. Les parties suivantes présentent certains de ces outils et permettent d'approfondir la définition de ce concept.

3.1. Mesure de l'acceptabilité : Le Technology Acceptance Model (TAM)

L'intention d'usage qui définit l'acceptabilité (Dillon & Morris, 1996) est héritée de la théorie de l'action raisonnée de Fishbein et Ajzen (cité par Davis, 1989) sur laquelle Davis (1989) s'est appuyé pour concevoir le Technology Acceptance Model (TAM, ou modèle d'acceptation des technologies en français, voir Figure 7). Selon l'auteur, l'acceptation d'un dispositif est prédite à partir de la perception par les utilisateurs cibles de deux qualités (Davis, 1989) : la facilité d'usage (Perceived Ease of Use) et l'utilité *pratique* (Perceived Usefulness).

La facilité d'usage perçue fait référence au degré selon lequel une personne prédit que l'utilisation d'un dispositif allège l'effort nécessaire à la réalisation d'une tâche. Le terme « perçue » qualifie une dimension évaluée par un utilisateur à partir de ses représentations.

L'utilité perçue renvoie à la croyance selon laquelle un dispositif cible augmente les performances ou aide à réaliser une tâche donnée. En outre, un dispositif *compliqué à utiliser* nécessite un certain effort pour être utilisé. Cet effort induit une perception dégradée du bénéfice offert par le dispositif. La Figure 7 présente l'impact de la facilité d'utilisation et de l'utilité perçue sur l'intention d'usage décrite dans le modèle proposé par Davis (1989).

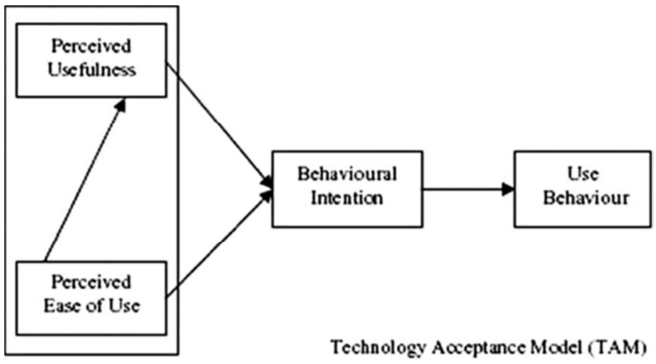


Figure 7 : Technology Acceptance Model (Davis, 1989). Le comportement d'utilisation est déterminé par une intention comportementale, elle-même déterminée par l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue. En outre l'effet de l'utilité perçue est modéré par la facilité d'utilisation perçue.

L'acceptation renvoie à un comportement effectif d'utilisation d'un objet, elle est mesurable uniquement lorsque l'objet est opérationnel in situ. Le TAM a donné lieu à un outil de prédiction de l'acceptation validé et repris par de nombreux auteurs (e.g. Brangier, Hammes-Adelé, & Bastien, 2010 ; King & He, 2006 ; Ozok, Wu, Garrido, & Pronovost, 2014). Le questionnaire a été initialement construit au sein d'IBM pour *évaluer* et *prédire* l'acceptation d'objets technologiques (Davis & Venkatesh, 1996), cependant ses items sont facilement transposables à des objets du quotidien (cf. items originaux en Annexe 2). De nombreuses déclinaisons ont été produites, telles que le TAM-2 (Venkatesh & Davis, 2000), TAM-3 (Venkatesh & Bala, 2008), l'Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT, Venkatesh et al., 2003,), et l'UTAUT-2 (Venkatesh, Thong & Xu, 2012). Les déterminants de l'acceptabilité se sont enrichis dans ces déclinaisons du TAM, avec de nouvelles dimensions telles que l'intention d'usage (Davis & Venkatesh, 1996) ou le plaisir d'utilisation (Venkatesh et Bala 2008). Les déterminants de l'acceptation d'une technologie décrits dans le TAM ont été étendus également dans le Modèle de l'Acceptabilité présenté par Nielsen (1993).

3.2. Mesure de l'acceptabilité : Le modèle de Nielsen

Dans la lignée des travaux de Davis (1989) présentés ci-dessus, la proposition de Nielsen (1993) correspond à une approche plus évaluatrice que prédictive. Le TAM permet de prédire une acceptation sur la base des caractéristiques du concept présenté, tandis que Nielsen a proposé de prendre en compte des principales dimensions qui caractérisent l'acceptation potentielle d'un objet. Ces principales dimensions sont composées d'une liste de critères non exhaustifs (cf. Figure 8) qui offre un caractère ouvert à ce modèle.

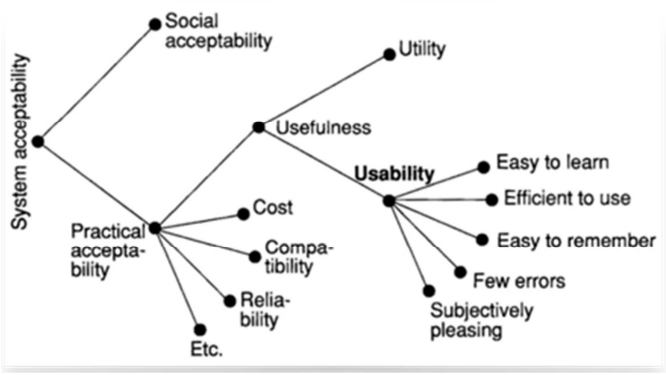


Figure 8 : Modèle de l'acceptabilité (Nielsen, 1993)

Nielsen (1993) distingue deux composantes de l'acceptabilité. La première est une acceptabilité sociale, la seconde une acceptabilité pratique. L'acceptabilité sociale implique « *les impressions des utilisateurs, les attitudes et les contraintes sociales et normatives conduisant à choisir ou supporter l'utilisation d'une technologie donnée* » (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009). L'acceptabilité pratique renvoie aux aspects techniques (e.g. reliability/*fiabilité*) et pratiques (e.g. usefulness/*utilité pratique*) du dispositif et à son impact sur l'activité (e.g. efficient to use, *efficience*), sur l'organisation (e.g. compatibility/*compatibilité*, cost/*coût*) et sur l'utilisateur (easy to learn/*facilité à apprendre*, pleasing/*plaisir*).

L'utilité pratique (traduction de usefulness, Bastien & Tricot, 2008) est une dimension importante dans le modèle de Nielsen (1993). Cette dimension est déterminée par l'utilité *fonctionnelle* (utility), et par l'*utilisabilité.* L'utilité fonctionnelle, ou théorique (Tricot et al., 2003) renvoie à la pertinence des différentes fonctionnalités du dispositif envers une situation ou une tâche à réaliser. Par exemple une gazinière peut être utile pour faire cuire des aliments, cependant si l'utilisateur n'a pas accès au gaz, elle ne sera d'aucune utilité. Quant à l'utilisabilité, elle est définie par différents facteurs impactant l'expérience d'utilisation (cf. partie *2.1* Définition de l'utilisabilité). Un objet utilisable permet notamment de réaliser la tâche de manière performante, sécurisée et agréable. Au contraire un objet peu utilisable ne sera pas très utile dans la pratique. Par exemple si la gazinière est très complexe à utiliser et à

nettoyer, l'utilisateur préférera par exemple utiliser une bouilloire électrique pour faire chauffer de l'eau. L'utilité pratique de la gazinière est alors moindre, et le dispositif perd en acceptabilité.

Les modèles récents de l'acceptabilité reprennent le caractère multidimensionnel décrit par Nielsen. Cependant les composantes des différentes dimensions peuvent être articulées différemment. Quelques évolutions récentes sont présentées dans la partie suivante.

3.3. Mesure de l'acceptabilité : l'évolution des modèles

Le TAM original décrivait deux dimensions qui permettaient de prédire l'acceptation d'un dispositif cible (Davis, 1989). Le modèle de Nielsen (1993) décrivait les principales dimensions qui déterminent l'acceptabilité, ainsi qu'une liste non exhaustive de sous-dimensions, selon 4 niveaux d'emboitement. Les modèles plus récents ont diminué le nombre d'emboitements, avec par exemple seulement 2 niveaux pour le TAM3, et un seul niveau pour l'UTAUT-2. Ces modèles sont présentés ci-dessous.

Le TAM-3 (Venkatesh & Bala, 2008, items disponibles en Annexe 2) reprend le modèle original du TAM avec l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue, comme dimensions principales de l'acceptabilité (cf. cadre de droite en pointillés dans la Figure 9). Le TAM-3 ajoute des déterminants principalement de l'utilité perçue (e.g. image, norme subjective, qualité produite) et de la facilité d'utilisation perçue (e.g. perception de contrôle externe, plaisir). Certains effets de ces déterminants sont médiatisés par l'expérience et la volonté des utilisateurs.

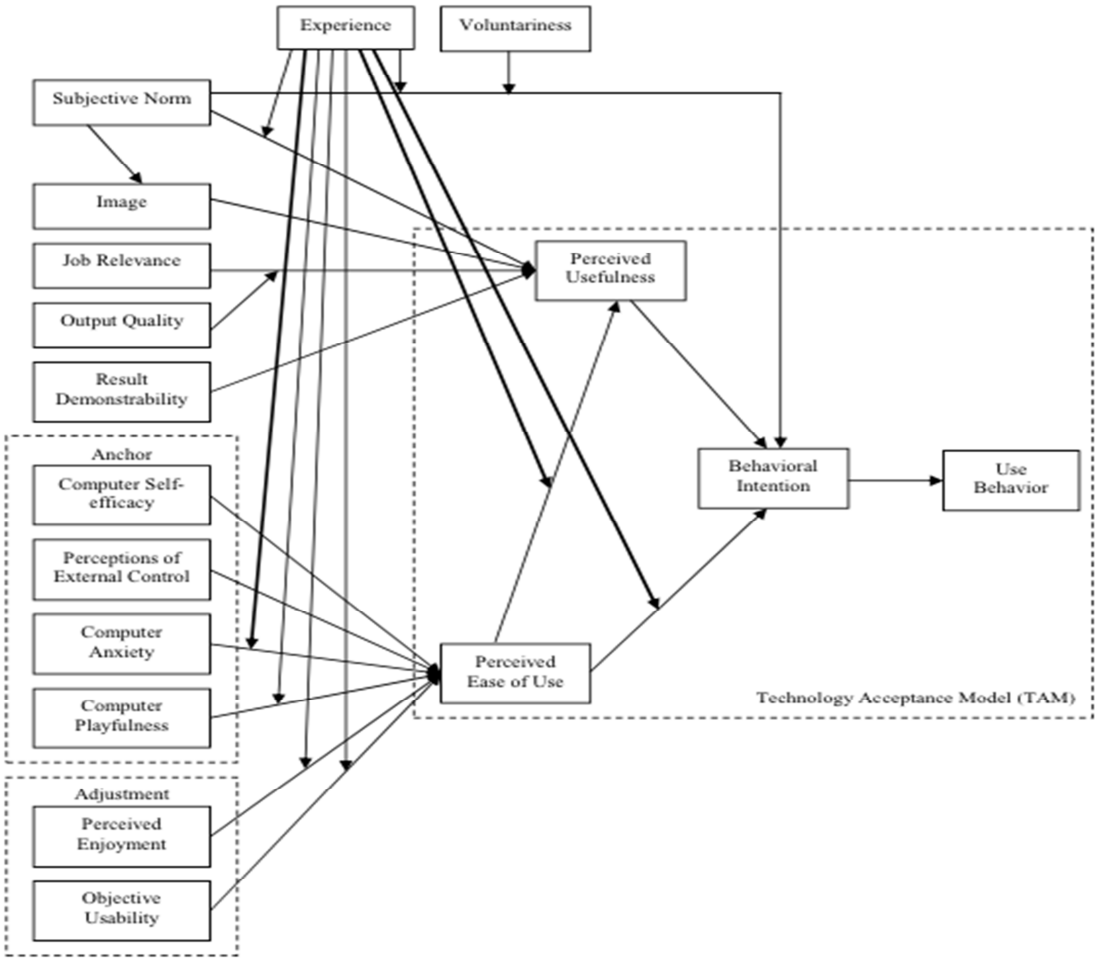


Figure 9 : Technology Acceptance Model 3 (Venkatesh & Bala, 2008). Les dimensions du TAM original sont présentées dans le cadre de droite. A gauche sont présentés les déterminants des dimensions du TAM original. En haut sont présentés les modérateurs des effets de certains déterminants.

L'UTAUT-2 (Venkatesh et al., 2012) appréhende l'acceptabilité avec un plus grand nombre de déterminants directs de l'intention comportementale (cf. Figure 10). Les dimensions se rapportant à l'utilité et l'utilisabilité ne sont plus les principales composantes de l'acceptabilité. L'impact des déterminants est également modéré par des caractéristiques individuelles de l'utilisateur : l'âge, le genre et l'expérience. Les principaux déterminants de l'acceptabilité ne sont plus imbriqués comme dans les modèles antérieurs tels que celui de Nielsen (1993) ou de Venkatesh et al. (2003). Le questionnaire issu de l'UTAUT-2 (cf. Annexe 2) caractérise différents attributs d'un objet cible relatifs aux déterminants de l'intention comportementale.

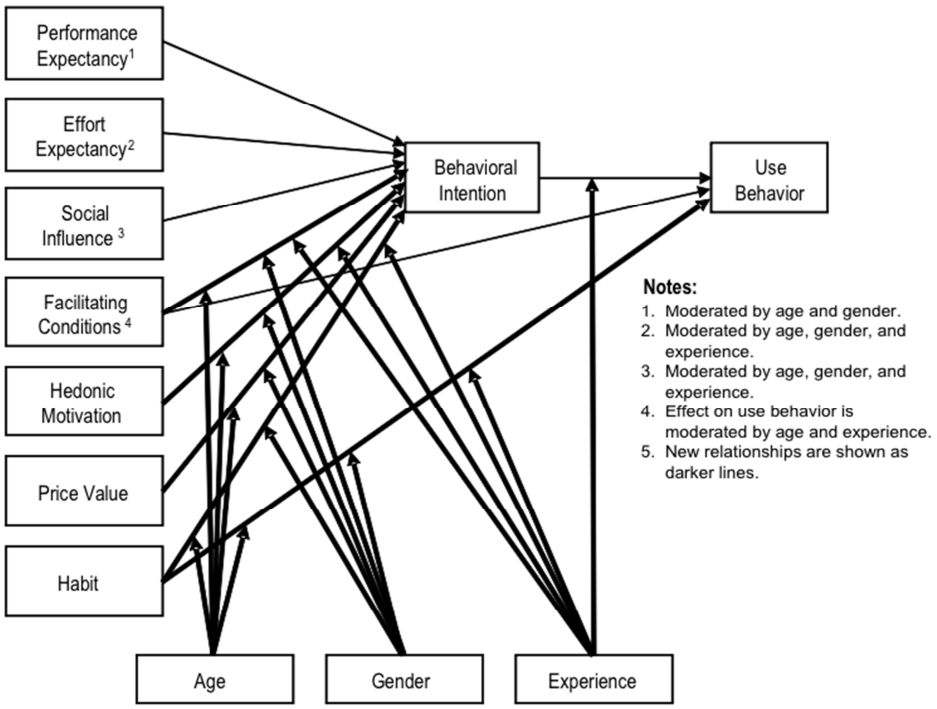


Figure 10 : UTAUT 2 (Venkatesh et al., 2012)
Le modèle présente à gauche les principaux facteurs déterminant l'intention comportementale (au centre). Celle-ci est un des principaux facteurs déclencheurs du comportement d'utilisation (à droite), avec l'habitude et les conditions facilitatrices. L'âge, le genre et le sexe (en bas) modèrent la plupart des effets des facteurs sur l'intention ou le comportement d'utilisation.

Contrairement au TAM, au TAM-3 et au modèle de Nielsen, l'utilité n'est pas représentée explicitement dans l'UTAUT 2. La section suivante définit l'utilité et décrit différentes approches pour l'appréhender.

4. L'utilité

Les modèles originaux de Davis (1989) et de Nielsen (1993) présentés précédemment, considèrent l'utilité comme un déterminant important de l'acceptation d'un dispositif. Selon ces modèles, un dispositif proposé participe d'autant plus à l'amélioration d'une situation d'usage donnée s'il est utilisé, et donc accepté. Autrement dit, pour être acceptable une solution doit être utile (Tricot, 2003).

Dans le Modèle de l'Acceptabilité de Nielsen (1993), l'utilité renvoie à deux aspects : un aspect théorique (*servir à…; satisfaire un besoin)* et un aspect pratique qui peut se rapporter à un constat final, à un résultat mesurable (*favorable, avantageux*). Pour rappel, Nielsen a identifié l'utilité théorique d'un dispositif en termes de fonctions supposées répondre à un besoin, tandis que l'utilité pratique est identifiée en termes d'avantages offerts finalement par le dispositif.

Par exemple un réveil est utile d'un point de vue théorique pour se réveiller à une heure précise. Cependant, si par exemple son alarme n'est pas assez forte pour réveiller son utilisateur assez rapidement, ce réveil n'est pas utile d'un point de vue pratique.

Tricot et Tricot (2000) ont défini l'utilité d'un objet comme étant « l'adéquation entre la finalité de l'objet et le but de l'utilisateur, pour un domaine, une exploitation et un environnement donnés ». Cette définition ne permet pas de distinguer clairement les aspects théoriques et pratiques de l'utilité. Cependant, ces auteurs proposent également une définition courte de l'utilité d'un objet comme étant « la possibilité d'atteindre un but visé avec cet objet ». La notion d'atteinte d'un but permet d'ancrer cette définition dans l'utilité pratique. Selon eux, pour évaluer l'utilité d'un objet en cours de conception, « on vérifie si l'objet que l'on conçoit permet aux utilisateurs d'atteindre les buts pour lesquels on a conçu l'objet en question ». L'utilité peut être évaluée par les outils présentés précédemment, à savoir le TAM, le TAM3 et le CSUQ.

4.1. Mesure de l'utilité

L'utilité est peu documentée en tant que mesure principale contrairement à l'utilisabilité et à l'acceptabilité. Elle est généralement décrite comme une sous-dimension de

l'acceptabilité comme dans le modèle de Nielsen (1993) ou le TAM (Davis, 1989) ou de l'utilisabilité comme dans le CSUQ (Lewis, 1995).

L'utilité pratique (usefulness) est déterminée à l'aide de 6 items dans le TAM original (Davis, 1989), tandis que 4 items sont utilisés dans le TAM 3 (Venkatesh & Bala, 2008, Tableau 1). Chaque item est accompagné d'une échelle d'accord de type Likert en 7 points. Ces items traduisent une définition de l'utilité d'un point de vue pratique, en termes d'effets ou de bénéfices visibles sur le résultat (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Comparaison des qualités décrites pour l'évaluation de l'utilité perçue dans le TAM et le TAM-3

TAM (Davis, 1989) L'utilité perçue est décrite par 6 bénéfices	TAM-3 (Venkatesh & Bala, 2008) L'utilité perçue est décrite par 4 bénéfices
(1) un travail plus rapide, (2) un travail performant, (3) une meilleure productivité, (4) l'efficacité, (5) un travail plus facile, (6) être utile.	(1) performance dans le travail, (2) augmentation de la productivité, (3) augmentation de l'efficacité, (4) utilité pratique

La formulation des items (Annexe 2) se rapporte spécifiquement à une situation professionnelle. Les items 1 à 4 dans le TAM, et les items 1 à 3 dans le TAM-3 font référence à un gain mesurable quantitativement dans la production. Ce type de mesure n'est pas toujours pertinent dans des situations non-professionnelles. Dans le cadre de l'évaluation d'objets domestiques, certaines formulations ou certaines qualités mesurées devraient être adaptées, telles que les items relatifs à la productivité.

Le CSUQ (et le PSSUQ, items disponibles en Annexe 1) présente une approche différente des modèles précédents. A l'inverse du modèle de Nielsen (1993), le CSUQ intègre l'utilité (8 items) comme une sous-dimension de l'utilisabilité.

Certains items de la dimension *utilité* du CSUQ reprennent une notion de *gain* sur la production réalisée avec le dispositif évalué. Ce bénéfice est exprimé en termes d'achèvement du travail, de rapidité, d'efficience, c'est-à-dire d'un rapport avantageux entre le résultat et les ressources mobilisées. D'autres items de la dimension *utilité* sont plus explicitement liés aux critères de confort, de facilité d'utilisation et d'apprentissage. L'utilité pour ces items est appréhendée sur des critères relatifs à l'utilisabilité. L'appréhension de l'utilité par le CSUQ présente des similitudes avec le modèle de Nielsen, en considérant les aspects pratiques de l'utilité, dont l'utilisabilité est un déterminant important.

L'utilité, l'acceptabilité et l'utilisabilité sont les dimensions les plus utilisées dans les modèles de références de l'ergonomie de conception. Ces modèles sont généralement prévus pour anticiper l'accueil du produit final par l'utilisateur cible (Davis & Venkatesh, 1996). Quant au risque, il a été initialement documenté en ergonomie du travail pour corriger une situation existante (Brangier & Robert, 2013).

5. Le risque

5.1. Définition du risque

Le risque n'est pas une dimension centrale dans les modèles ou les outils d'évaluation présentés précédemment. Pourtant le risque est une dimension ciblée depuis longtemps par l'ergonomie du travail (Brangier & Robert, 2013), et il peut être abordé sous différentes formes telles que les risques d'accidents ou de maladies professionnelles, les risques psychosociaux, le risque d'échec dans le travail ou les études, le risque d'erreurs d'utilisation en informatique. En outre le risque d'erreur est décrit par différents auteurs comme une composante ayant un impact sur l'utilisabilité (e.g. Nielsen, 1993 ; Bastien & Scapin, 1993).

Concernant les risques de l'habitat, des outils de sensibilisation, tels que « la maison tout risque » ou « la maison des grands », projettent les utilisateurs dans un environnement quotidien (http://www.ateliersdeprevention.com/). Ces outils sensibilisent le public sur les dangers auxquels un habitant est exposé, et incitent à une réflexion pour s'en prémunir. D'autres outils aident l'utilisateur à réaliser un diagnostic de son habitat. Par exemple, à l'aide du site Internet *ABRI* (www.habitat-inondation.calyxis.fr), l'utilisateur évalue l'exposition de son logement au risque d'inondation et bénéficie de conseils. En revanche, le risque relatif à l'utilisation des objets du quotidien est peu documenté, en particulier en termes d'outils d'évaluation.

Selon Lalanne (2010), le risque domestique est une notion « *fourre-tout* » pour qualifier des dangers sous un seul critère, « *le lieu* ». L'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS, 2015) définit le risque comme « *Exposition d'une cible (salarié, entreprise, environnement y compris la population...) à un danger. Le risque est caractérisé par la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté (accident) et de la gravité de ses conséquences* ». L'INRS définit le danger comme « *Propriété intrinsèque des produits, des équipements, des procédés... pouvant entraîner un dommage* ». Ces définitions du risque et du danger par l'INRS sont assez larges et transposables au contexte de l'habitat.

Bourgeois et Van Belleghem (2003) décrivent deux positions souvent considérées de l'humain par rapport au risque. Dans la première position l'humain est exposé passivement à des dangers de l'environnement, *« il est l'objet du risque »* dont il faut *« le protéger malgré lui ».* Dans la seconde position, l'homme est « *le maillon faible du système »,* il fait des erreurs, il s'expose volontairement, il doit alors être « *corrigé, éduqué ».* Selon Rasmussen (1982), l'erreur ne relève pas de l'humain uniquement, mais du système humain-machine. La production d'une erreur est le symptôme d'un aléa qui n'a pas pu être anticipé ou traité

correctement, ni par les concepteurs du dispositif, ni par l'utilisateur du dispositif. Selon Bourgeois et Van Belleghem (2003), les causes de risque sont détectables à l'aide d'une analyse de l'activité de l'humain qui interagit avec le dispositif. Autrement dit, c'est dans l'interaction que l'humain est exposé ou s'expose aux risques, son activité doit être comprise pour réaliser les ajustements adaptés à la situation réelle.

Le niveau de risque implique une « éventualité », c'est-à-dire une probabilité, plus ou moins élevée qu'un événement négatif se produise (Lalanne, 2010). Le niveau de risque est caractérisable également par les conséquences supposées de l'événement négatif. Selon Slovic, Fischhoff, et Lichtenstein (cités par Cadet & Kouabénan, 2005), la perception subjective du risque peut être caractérisée par (1) la gravité (« caractère redoutable ou épouvantable »), (2) la visibilité du risque, (« connu, immédiat, observable » vs. « nouveau, discret »), (3) le nombre de victimes potentielles, ou de personnes exposées (risque individuel, risque sociétal). Toutefois, selon ces auteurs, le risque est difficile à évaluer étant donné que l'utilisateur s'expose souvent au regard d'un bénéfice. Par exemple, l'utilisation d'un couteau peut occasionner une blessure, il permet également de préparer un bon repas. Autrement dit un utilisateur peut s'exposer volontairement à un danger s'il estime que la probabilité et les conséquences de ce danger sont faibles au regard du bénéfice escompté. Selon Slovic (cité par Cadet & Kouabénan, 2005), *« pour compenser une « quantité » subjective 'Y' de danger, il faut une « quantité » subjective beaucoup plus importante de bénéfices, de l'ordre de la puissance trois ('Y3') ».* Cette part d'acceptation est très dépendante du domaine dans lequel le risque se présente (e.g. risque professionnel, risque domestique, risque nucléaire, risque routier, risque sanitaire, etc.). De plus l'évaluation du risque par les utilisateurs eux-mêmes est souvent impacté par différents biais tels que le biais de sur-confiance, selon lequel un excès de confiance conduit à minimiser la présence de risque (e.g. Chuang, Cheng, Chang, & Chiang, 2013, Kouabénan, 2007) ; le biais d'optimisme selon lequel un événement positif est

jugé plus probable qu'un événement négatif (Kouabénan, 2007) ; le biais d'optimisme comparatif, selon lequel autrui est plus exposé au risque que soi-même (Causse, Kouabénan, & Delhomme, 2004). Les conséquences de ce type de bais peuvent-être observées par exemple lorsqu'un utilisateur n'utilise pas les protections recommandées pour manier des appareils de jardinage ou des produits de nettoyage.

5.2. Le risque dans la vie de tous les jours

En dehors des normes de conception et des chiffres relatifs aux Accidents de la Vie Courante (ACVC), il est assez difficile de détecter les situations à risque et de les prévenir efficacement. Les 20 000 décès par an en France lors d'ACVC traduisent une prise en charge largement sous-dimensionnée des risques du quotidien. Pour diminuer la vulnérabilité des personnes, Calyxis traite le risque principalement à l'aide de 3 approches. (1) La sensibilisation des utilisateurs : elle consiste à initier les utilisateurs d'une part à détecter des risques courants de l'habitat, et d'autre part à ajuster l'environnement et les usages pour limiter les risques. (2) La détection automatique des dangers : elle consiste à accompagner et normaliser la conception de dispositifs de sécurité, tels que les détecteurs de fumée, les détecteurs de chutes ou les installations domotiques. (3) La conception de dispositifs sécurisés : elle consiste à accompagner les concepteurs à l'aide de différentes solutions d'évaluation, selon l'idée qu'un objet bien adapté à l'utilisateur et aux contraintes domestiques permet d'éviter des usages inappropriés et dangereux. Autrement dit, pour rejoindre la description de Bourgeois et Van Belleghem (2003), le risque peut être contrôlé dans un habitat d'une part avec une diminution des facteurs d'exposition dans l'environnement, et d'autre part avec la mise en œuvre de comportements adaptés par les utilisateurs.

Cadet et Kouabénan (2005) décrivent l'analyse du risque par un utilisateur en se référant aux travaux de Tversky et Kahneman (1974). L'utilisateur réalise des évaluations valides et rapides du risque à l'aide de 3 heuristiques issues de ses connaissances ou expériences : (1) la représentativité qui consiste à évaluer une situation en se référant à une situation semblable déjà connue ou vécue antérieurement ; (2) la disponibilité qui consiste à se référer à des situations de risque analogues les plus accessibles en mémoire, du fait d'une exposition fréquente ou récente ; (3) l'ancrage-ajustement qui consiste à se référer à un événement précédent (ancrage) en y ajoutant certaines rectifications (ajustement) pour correspondre à la situation actuelle.

Autrement dit, l'évaluation d'une situation à risque est opérée par l'utilisateur non pas avec une inspection linéaire et minutieuse de la situation, mais en transposant les caractéristiques de situations similaires et bien connues. Ce type de processus est repris plus loin pour décrire non pas la représentation du risque, mais la représentation globale d'un objet ou d'une situation. En dehors de certains équipements relatifs au bâti, tels que les installations électriques ou les détecteurs de fumées, les risques domestiques sont assez peu encadrés, contrairement aux risques professionnels. La partie suivante en présente quelques aspects de ces derniers.

5.3. Le risque dans le domaine du travail

Le monde du travail est un des domaines dans lesquels le risque est le plus étudié et le plus pris en charge par une multitude d'acteurs tels que les médecins du travail, les syndicats, les préventeurs, les ergonomes, et par des organismes d'état tels que L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), l'Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail (ANACT). La Figure 11 proposée par Rasmussen (1997) illustre les

différents niveaux de considération du risque au travail, avec notamment la prise en charge du point de vue politique en haut de l'échelle, et du point de vue de la réalisation du travail en bas de l'échelle.

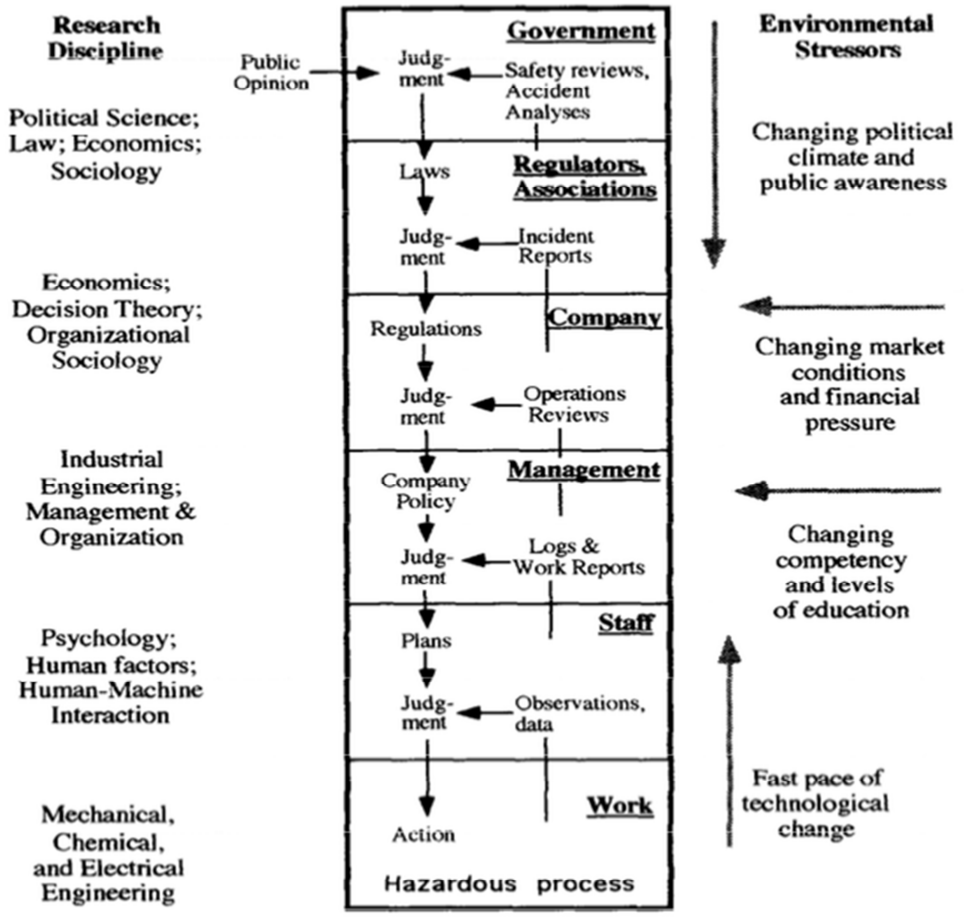


Fig. 1. The socio-technical system involved in risk management.

Figure 11 : Le système sociotechnique impliqué dans le management du risque (Rasmussen, 1997)

Comme le montre la Figure 12, la prise en charge du risque implique d'identifier différents facteurs. Ces facteurs sont le danger (e.g. un couteau), la population ciblée (un cuisinier), une situation (utilisation du couteau + retard dans le travail + etc.), et le dommage (la coupure).

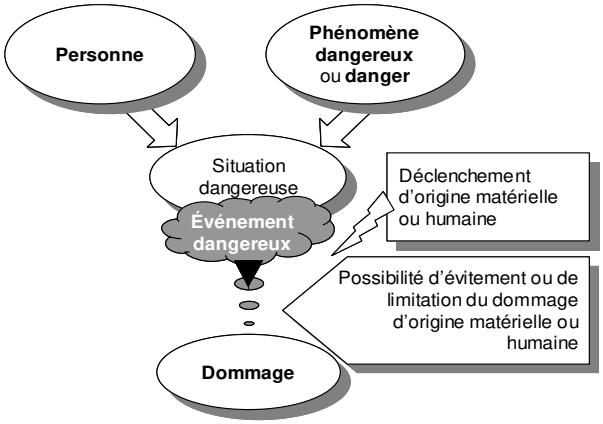


Figure 12 : Modèle de la situation dangereuse, utilisé par les Caisses Régionales d'Assurance Maladie (Bourgeois & Van Belleghem, 2003)

Selon Bernard (cité par Bourgeois & Van Belleghem, 2003), « *la détection efficace des risques potentiels doit couvrir au maximum le champ des défaillances et des dysfonctionnements possibles des matériels ou le recours éventuel du travailleur à des modes opératoires informels* ». Les modes opératoires informels désignent notamment des entorses au travail prescrit, aux procédures ou à l'usage prévu d'un dispositif. Ces modes opératoires informels sont adoptés lorsque l'opérateur ne peut pas « *tenir ensemble les différentes exigences de la situation* ». Autrement dit, face au risque d'échec, l'opérateur choisit parfois risquer sa santé.

L'ergonomie du travail ne s'occupe pas spécifiquement de la source de danger, mais place l'opérateur au centre d'une situation complexe qui implique un équilibre entre plusieurs exigences : la tâche, la qualité, la rapidité, la gestion des aléas, sa santé, sa sécurité, etc. De nombreux auteurs (e.g. Bourgeois & Van Belleghem, 2003 ; Cadet & Kouabénan, 2005) s'accordent sur une définition du risque et un traitement du risque propre à la situation, afin de trouver un bon équilibre entre le risque, la sécurité, et l'activité productive. Le Document Unique d'Evaluation des Risques professionnel (ou le Document Unique de Sécurité) est un recueil obligatoire et personnalisé (propre à l'entreprise et à son activité) qui permet à une entreprise d'objectiver et hiérarchiser les différents risques auxquels elle est confrontée. Cet

outil propose également des mesures à mettre en place afin de contrôler le risque dans l'évolution des activités et des moyens. (e.g. Association Régionale pour l'Amélioration des Conditions de Travail de Basse-Normandie, 2010 ; Article R4121-1 du Code du travail, 2008).

Le risque tel qu'il est considéré par les préventeurs en milieu professionnel concerne principalement les atteintes aux personnes ou à l'environnement. Les ergonomes ajoutent une notion d'équilibre opéré dans une activité professionnelle entre un risque d'échec et un risque pour la santé. Ce type d'approche est transposable aux risques relatifs aux activités domestiques. Considéré autrement, le risque informatique comporte également des problématiques transposables à l'utilisation des objets domestiques.

5.4. Le risque en informatique

La notion de risque informatique relève de deux problématiques indépendantes. La première concerne le risque d'atteinte volontaire par une autre personne, tel qu'un pirate ou un arnaqueur, elle entre dans le domaine très documenté et très médiatisé de la sécurité informatique (pour un exemple appliqué, voir Brender & Markov, 2013). La seconde est moins médiatisée mais pas moins présente, elle concerne le risque d'erreurs d'utilisation (e.g. Nielsen, 1994). La problématique du risque d'erreur d'utilisation est peu documentée en dehors des champs ergonomiques. Seule cette seconde situation est abordée ci-dessous étant donné qu'elle se rapporte à l'objet de cette thèse.

Les mises à jour régulières des logiciels et systèmes informatiques témoignent d'une préoccupation constante des concepteurs à proposer des outils fiables et sécurisés. Les conséquences d'un dysfonctionnement impactent l'utilisateur, mais aussi l'image du concepteur. Par exemple lorsqu'un utilisateur commet une erreur lors d'un achat sur un site

Internet, la procédure d'annulation est parfois complexe, elle mobilise du personnel et entrave l'image du site Internet. Un tel outil doit permettre à l'utilisateur de réaliser ses tâches avec succès et avec des avantages en termes par exemple de temps, de flexibilité, de sauvegarde, d'organisation, de partage, etc.

Des outils de conception et d'évaluation ergonomiques, tels que les heuristiques de Nielsen (1993) et les critères de Bastien et Scapin (1993) permettent d'appréhender le risque d'erreur en informatique. Fidèles à une approche ergonomique, ces auteurs appréhendent le risque du point de vue de l'utilisateur et de son activité, et non pas à partir de caractéristiques exclusivement techniques.

Les heuristiques de Nielsen correspondent à des principes permettant de vérifier l'utilisabilité d'une interface informatique. La prévention contre les erreurs fait partie des 10 principes énoncés. Xerox a créé un outil d'évaluation à partir de ces principes (cf. adaptation en Annexe 3). Dans cet outil, la prévention contre les erreurs recouvre 3 approches complémentaires : (1) limiter les causes d'erreurs (e.g. il est facile d'atteindre une commande ayant un effet indésirable) ; (2) alerter en cas d'erreur (e.g. le système signale un risque de dommage) ; (3) corriger une erreur (e.g. revenir en arrière ou annuler l'action en cours).

Les critères de Bastien et Scapin correspondent quant à eux à une liste détaillée de recommandations pour concevoir une interface pratique à utiliser. Cet outil peut être utilisé par un non-expert de l'utilisabilité, tant pour concevoir une interface que pour la vérifier. La gestion des erreurs fait partie des 8 principales thématiques. L'outil permet d'appréhender 3 aspects de l'erreur : (1) Protection contre les erreurs (e.g. griser les commandes non disponibles) ; (2) Qualité des messages d'erreurs (e.g. mettre en évidence le champ erroné) ; (3) Correction des erreurs (e.g. fournir une option retour arrière).

Les logiciels sont des objets numériques virtuels qui ont des points communs avec les objets tangibles. Dans les deux cas, ce sont des outils manipulables (virtuellement ou réellement), dotés de fonctionnalités, de caractéristiques, et d'une finalité. Certains de ces objets sont plus difficiles à utiliser que d'autres, et une erreur d'utilisation peut avoir des conséquences indésirables. En outre l'informatique s'immisce progressivement dans les objets de l'habitat tels que les appareils électroménagers et les objets connectés. Autrement dit l'approche du risque d'erreur informatique est transposable au risque d'erreur d'utilisation d'objets, avec cependant des conséquences d'une autre nature, notamment corporelles ou sanitaire

6. Perspectives sur l'évaluation d'objets

Dans le processus de conception d'un dispositif, différents types d'évaluations sont possibles pour valider ou améliorer le concept. Certaines évaluations impliquent des utilisateurs potentiels, dans ce cas plusieurs configurations sont possibles. Dans une configuration classique, les utilisateurs peuvent évaluer le dispositif sur la base d'une interaction qu'ils réalisent. L'outil d'évaluation, généralement un ou plusieurs questionnaires, est comparable à un prisme (cf. Figure 13). Le prisme décompose une lumière pour déterminer la proportion de chaque couleur qui la compose. Lorsque la lumière varie, le prisme met en évidence des niveaux différents pour chaque composante de couleur. Sur ce principe, l'évaluation décompose la représentation de l'objet sur plusieurs dimensions, telles que l'utilisabilité, l'utilité, l'acceptabilité et le risque. Lorsque les conditions de perception d'un objet varient, les questionnaires mettent en évidence des niveaux différents pour chaque dimension qui définit l'objet.

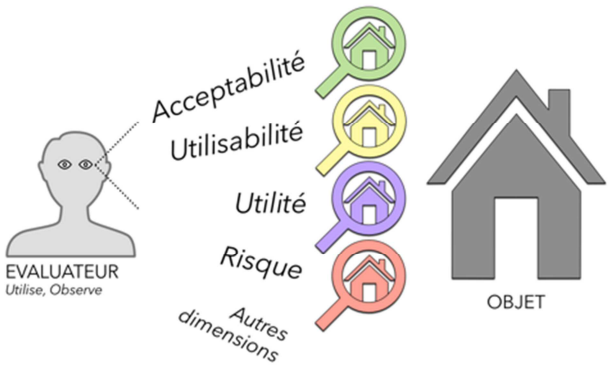


Figure 13 : Décomposition des caractéristiques d'un objet perçues par un évaluateur à l'aide de questionnaires. Chaque loupe représente un questionnaire sur une dimension.

Une autre configuration pourrait être envisagée sur la base de l'observation d'une interaction. Dans cette configuration, les utilisateurs observent un tiers ou un avatar virtuel qui interagit avec le concept. Puis les utilisateurs évaluent différentes caractéristiques perçues de l'objet. Pour s'assurer de la validité d'une telle méthode, il convient de vérifier si les représentations mentales du concept et de l'interaction sont assez précises pour assurer une évaluation. Le chapitre suivant décrit les mécanismes cognitifs à l'œuvre dans la représentation mentale d'un objet et d'une action.

Chapitre 2.
Représentation et simulation mentales

La plupart des évaluations ergonomiques placent le dispositif cible en situation d'utilisation. Cette thèse s'inscrit dans cette démarche et propose une approche qui consiste à présenter à l'utilisateur-testeur un dispositif (un objet) en situation d'interaction, puis à recueillir son jugement. Des connaissances en psychologie cognitive sur la perception de l'objet, de l'espace et de l'activité permettent aussi d'envisager la transposition de cette approche d'évaluation vers des environnements virtuels.

Les processus cognitifs basiques qui sont mobilisés lors d'évaluations d'objets sont présentés dans ce chapitre. La première section décrit le principe général de représentation mentale d'un objet, qui est basé notamment sur des comparaisons avec des objets analogues et des souvenirs. C'est à partir de cette représentation que l'objet est évalué. Les deux sections suivantes présentent respectivement deux autres déterminants cognitifs de l'évaluation : la représentation de l'espace dans lequel se situe l'objet et la représentation de l'interaction d'un tiers avec l'objet.

1. Déterminants de la représentation mentale d'un objet

1.1. Principes de catégorisation de l'objet et activation de concepts liés

Lorsqu'un utilisateur interagit avec un dispositif tel qu'un four, l'utilisateur code l'objet et l'environnement en mémoire, et active automatiquement différents concepts liés à l'objet

qui permettent de le catégoriser (Cross, Cohen, Hamilton, Ramsey, Wolford, & Grafton, 2012 ; Iachini, 2008 ; Tijus & Cordier, 2003). Les concepts sont des unités de référence d'une représentation. Ils correspondent à des données stockées en mémoire qui sont de natures diverses telles que des idées, formes, objets, événements, émotions, etc. L'objet cible est ensuite relié et *catégorisé* avec certains concepts activés, avec lesquels il partage respectivement une ou plusieurs caractéristiques de nature sémantique, fonctionnelle, morphologique, émotionnelle, etc. Cette catégorisation consiste à découper le monde afin de mieux le définir. Un objet possède généralement plusieurs caractéristiques, chacune de ces caractéristiques relie l'objet à une ou plusieurs catégories. Par exemple chacune des descriptions suivantes peut faire l'objet d'une catégorie à laquelle un four cible peut appartenir. Un four…

- … est un dispositif de cuisson, comme un barbecue ou une plaque à induction,
- … est un four, au même titre que les fours encastrés, fours à pain, fours à gaz, fours électriques, fours à micro-ondes,
- …. est un appareil électroménager avec interface tactile par exemple,
- … est un élément constitutif d'une cuisine, comme le placard,
- … est une source de brûlure.

Un objet peut être considéré par un utilisateur comme étant au centre d'un réseau de catégories auxquelles il appartient. L'objet appartient à une catégorie parce qu'il en possède une propriété discriminante, mais il est possible également d'inférer à l'objet des propriétés non perçues, du fait de son appartenance à la catégorie (Chaigneau, Barsalou, & Zamani, 2009). Par exemple lorsqu'on voit un four fermé dans une cuisine, on peut inférer la présence d'une grille à l'intérieur, *comme dans tous les fours*. Le réseau de catégories, et l'inférence de propriétés à partir de ces catégories, participent à la construction d'une représentation mentale de l'objet. La représentation mentale n'est pas une simple image créée mentalement, elle permet de définir l'objet dans son rapport au monde de l'utilisateur. L'utilisateur se construit une représentation à partir notamment de son expérience, de ses souvenirs. Le contexte, et

notamment le contexte d'utilisation, impacte lui-aussi la construction de ses représentations. Le rôle de ce contexte est présenté dans la partie suivante.

1.2. Impacts du contexte et de l'activité sur la représentation de l'objet

La catégorisation d'un objet est réalisée nécessairement dans le champ des connaissances de l'utilisateur. La catégorisation est opérée vis-à-vis de concepts connus tels que des objets, mais aussi plus largement vis-à-vis des connaissances relatives à des événements, émotions, procédures, etc. Ce processus d'activation de concept autour d'un objet cible a été étudié en psychologie, par exemple avec des méthodes dites *d'amorçage*. Dans ce type d'étude, selon Heyman, Rensbergen, Storms, Hutchison, et De Deyne (2015), la réalisation d'une tâche concernant une cible (par exemple une table) est facilitée lorsqu'elle est précédée d'un concept sémantiquement lié (une chaise) plutôt que par un concept non lié (un poisson).

Le récit de *la madeleine de Proust* illustre l'activation des concepts autour de la représentation mentale d'un objet. Dans ce texte, la madeleine est d'abord décrite par des propriétés intrinsèques : un gâteau, avec une forme ondulée. Puis elle est décrite en analogie avec un concept très différent mais partageant quelques propriétés visuelles, *la valve d'une coquille Saint-Jacques*. Enfin, elle est décrite comme un émouvant souvenir d'enfance inféré par le goût (Marcel Proust, 1913).

La madeleine de Proust illustre également une autre propriété de la représentation mentale : la possibilité d'évoluer au cours d'une activité ou à mesure des expériences.

Selon Tijus et Cordier (2003), une représentation se modifie et s'affine lorsque par exemple l'utilisateur se déplace autour de l'objet. Autrement dit, lorsque l'utilisateur change de *perspective physique,* c'est-à-dire d'angle de vue ou de focale (distance, échelle) sur un

objet ou un environnement, il visualise de nouvelles informations qui étaient cachées jusqu'alors. Durant une activité, la représentation est enrichie par une variation des points de vue, mais également par l'expérience sensorimotrice. L'expérience sensorimotrice de l'interaction est une information caractéristique de l'objet servant à sa représentation au même titre que les informations visuelles, auditives, tactiles, etc. (Gallese & Lakoff, 2005, voir également Craighero, Fadiga, Rizzolatti, & Umiltà, 1999). L'interaction avec un objet enrichit sa représentation avec des informations de natures variées (visuelles, sensorimotrices, etc.). Cet enrichissement peut être appréhendé selon différentes dimensions qui caractérisent l'objet. Par exemple, la représentation par l'utilisateur de son nouveau presse-oranges électrique évolue en fonction (1) de l'attente initiale, c'est-à-dire obtenir rapidement un jus (utilité théorique) ; (2) de la facilité à l'installer, à presser une orange (utilisabilité) ; (3) du résultat obtenu, et ce qui a été mis en œuvre pour l'obtenir (utilité pratique).

La représentation mentale d'un dispositif peut alors être considérée d'une part comme un état ou une « photo » à un moment donné, et d'autre part comme un processus qui fait évoluer cette « photo » à mesure du flux d'informations reçu pendant l'observation ou l'utilisation. En d'autres termes, la représentation mentale d'un objet est impactée par l'activation de concepts liés et par l'interaction avec cet objet.

Certains types de concepts concernent justement le déroulement typique d'une interaction. Chemlal et Cordier (2006) ont décrit l'activation d'une *organisation schématique* qui correspond aux *« théories que les sujets construisent sur le monde »*. Une organisation schématique peut être décrite comme une situation typique dans laquelle un utilisateur réalise des tâches à l'aide d'objets et de procédures bien définis. Zacks et Tversky (2001) et Zacks, Tversky et Iyer (2001) utilisent notamment le terme *schéma d'un événement*. Un schéma d'événement est composé d'une succession d'actions permettant d'atteindre un but défini. Selon ces auteurs, le schéma typique d'un événement influence autant la réalisation des

actions par un acteur que la perception des actions par un observateur. Un tel schéma détermine la manière dont les gens planifient des actions futures ou évaluent des actions passées. Par exemple, l'organisation schématique de la cuisson du rôti au four suppose une succession d'actions précises. Ce type de préparation implique notamment de synchroniser la cuisson avec le reste du repas, de positionner la grille à une certaine hauteur, de faire préchauffer le four à la bonne température, de programmer un minuteur, de retourner et arroser le rôti, etc. Avant de débuter l'événement « cuisson du rôti », l'utilisateur planifie en général ses actions pour respecter ce schéma. Après l'événement, l'utilisateur peut expliquer une éventuelle cuisson inconvenable en analysant les écarts entre les actions réalisées et les actions dictées par le schéma.

Dans cet exemple, la notion d'organisation schématique replace l'objet (le four) dans un contexte d'usage typique. Aussi, une propriété *inhabituelle* d'un objet peut impacter le déroulement prévu par l'organisation schématique. Si cet impact a des conséquences favorables (ou défavorables) sur le résultat final, la propriété inhabituelle pourrait être perçue positivement (ou négativement) dans ce contexte.

Selon différents auteurs (e.g. Chaigneau et al., 2009 ; Chemlal & Cordier, 2006 ; Kiefer & Pulvermüller 2012), les concepts sont rarement catégorisés uniquement selon une « *essence* » ou des caractéristiques propres. Ils sont définis plus largement au regard du contexte tout d'abord, puis ils sont intégrés dans le système de connaissance, d'expérience et de croyances. Autrement dit, la connaissance relative à un objet dépend non seulement de ses propriétés intrinsèques, mais aussi des liens qu'il entretient avec les autres composantes de l'environnement, et en particulier des interactions dans lesquelles il est impliqué (e.g. Kiefer & Pulvermüller, 2012 ; Chaigneau et al., 2009). Par exemple, l'utilisation d'un four augmente la température de la cuisine, dans ce cas, l'utilisation de l'objet impacte l'environnement. En été lorsqu'il fait très chaud dans la cuisine, l'ajout de chaleur par le four peut être indésirable.

Ici, l'environnement ou le contexte impacte l'utilisation du four. Le lien entre le contexte et la représentation de l'objet a été mis en évidence notamment dans une étude de Denis et Le Ny (1986) qui reposait sur une épreuve de compréhension. Dans une première phase les participants écoutaient un récit. Ce récit évoquait un objet cible (« *église* ») cité dans un des deux contextes *(« Chaque dimanche matin devant l'église un mendiant se tenait debout… » vs. « En s'approchant du village, le premier bâtiment en vue était l'église… »).* Dans une seconde phase, le participant devait observer l'image d'une partie de la cible (*un porche d'église* ou *un clocher, cf.* Figure 14), et il devait indiquer si cet objet était cité dans le texte. Les participants répondaient plus rapidement lorsque la photo était compatible avec le contexte décrit dans le récit (mendiant-porche vs. village-clocher).

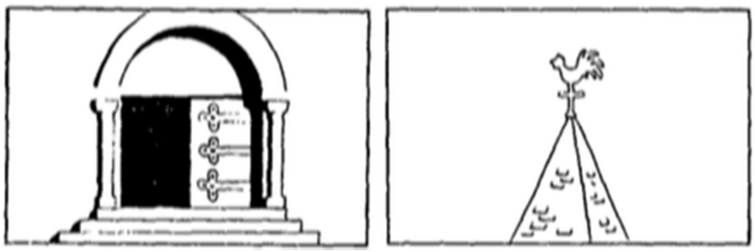


Figure 14 : Exemples d'images présentées en phase 2 dans l'expérimentation de Denis et Le Ny (1986)

L'étude de Denis et Le Ny (1986) met en évidence le rapport entre l'objet et le contexte. La présentation d'un contexte typique active la représentation des éléments qui le composent. Les éléments qui composent un contexte sont eux-mêmes constitués d'éléments caractéristiques. Par exemple, le panorama est composé d'un village, la vue d'un village est caractérisée par l'émergence d'un clocher, le clocher est composé d'un toit pointu, surmonté d'une croix, cette croix est coiffée d'une girouette, cette girouette a une forme de coq. La représentation d'une cible implique des éléments *contenants* tels que le contexte ou l'espace, et des éléments *contenus*, tels que des caractéristiques, des éléments structurants.

De la même manière, la représentation de l'action telle qu'elle est décrite par Zacks et Tversky (2001) est également composée d'éléments structurants (contenants) tels que l'événement, et d'éléments composants (contenus) tels que les gestes ou les changements de position corporelle. Autrement dit, dans un contexte d'utilisation d'un objet cible, l'utilisateur se représente cet objet notamment sur deux dimensions. La première correspond à des propriétés physiques de l'objet et du contexte, la seconde à des propriétés de l'activité réalisée avec l'objet dans ce contexte. La représentation d'un objet ou d'une situation selon ces deux dimensions (ou plus) peut être appréhendée pour évaluer un objet en tenant compte par exemple des schémas mis en œuvre par les utilisateurs. La partie suivante décrit le processus évaluatif à l'œuvre au sein même de la représentation mentale.

1.3. Représentation mentale et évaluation

La représentation mentale d'un objet est déterminée notamment par l'activation de concepts issus des souvenirs, de l'expérience, du contexte et de l'activité. L'objet est associé des concepts avec lesquels il forme une catégorie. L'appartenance à une catégorie de référence génère des inférences de caractéristiques non perçues sur l'objet (Barsalou, Simmons, Barbey, & Wilson 2003 ; Chaigneau et al., 2009). Cependant les exemplaires d'une catégorie n'ont pas nécessairement des propriétés identiques sur une dimension donnée. Selon Chemlal et Cordier (2006) *« Si deux représentations sont caractérisées par la même valeur sur la même dimension, elles ont un attribut commun. Cet attribut est distinctif si les deux représentations ont des valeurs différentes sur la même dimension.* » Autrement dit dans une situation d'évaluation, l'objet cible peut être comparé et qualifié au regard des autres exemplaires utilisés ou observés lors d'expériences antérieures. Cette qualification s'effectue selon des critères ou dimensions préalablement définis.

Dans un contexte d'utilisation, la qualification de l'objet implique aussi une comparaison entre d'une part ce que l'on attend ou ce que l'on prédit (e.g. caractéristiques, performances, interaction, résultat), et d'autre part ce que l'on perçoit en situation d'utilisation. Plus précisément, Chaigneau, Barsalou, et Sloman (2004) ont montré que la perception de la fonction d'un objet n'était pas expliquée uniquement par une affordance mais également par un but de l'utilisateur. La planification de l'atteinte de ce but permettrait à l'utilisateur d'être plus sensible aux affordances des objets dont les caractéristiques seraient favorables à la réalisation de la tâche. Pour reprendre un exemple précédent, un rocher situé sur le bord d'un chemin offre la possibilité de s'asseoir. Si un randonneur a besoin de se reposer, il détectera plus facilement cette affordance qu'un randonneur qui débute son parcours. Plus généralement, les caractéristiques offertes par un objet sont d'autant mieux détectées que ces caractéristiques sont utiles dans une situation donnée.

Pour conclure, la représentation mentale d'un objet implique plusieurs niveaux, avec en amont les éléments dont il est constitutif tel que le contexte, et en aval les éléments dont il est constitué tels qu'une fonctionnalité ou une interface. Cette représentation implique également différentes dimensions, telles que la morphologie ou la fonction dans un schéma d'actions. En outre, cette représentation est impliquée dans un processus de catégorisation qui permet de caractériser le dispositif. Le processus de catégorisation entraine un processus de comparaison sur la base par exemple de ce qu'on connaît (d'autres fours), ce qu'on prédit ou attend (ce four va présenter telle interaction, tel résultat, telles performances), et ce qu'on perçoit dans la situation (caractéristiques, interaction, résultat). La représentation mentale serait alors porteuse d'une évaluation subjective a priori, c'est-à-dire que l'objet est déjà pré-évalué à partir des catégories qui lui ont été assignées. Dans une situation de test, cette évaluation subjective pourrait être interrogée de manière à cibler le jugement de l'utilisateur sur différentes qualités du dispositif. Dans une démarche ergonomique, ces qualités peuvent être

relatives à des dimensions liées à une utilisation effective, telles que l'utilité ou l'utilisabilité. La représentation mentale de l'objet cible étant dépendante du contexte, la section suivante présente les processus de codage des informations spatiales qui participent à la définition d'un contexte d'activité particulier.

2. Représentation de l'espace d'activité via l'adoption d'un référentiel spatial

2.1. Définition des principaux référentiels

La différence entre des évaluations avec et sans interaction (quel que soit le support) peut s'exprimer en termes d'exposition de l'utilisateur vis–à-vis de l'action sur l'objet et sur l'espace : soit il agit sur/avec l'objet et l'environnement, soit il observe. Des études ont montré que la tâche et le contexte ont un effet important sur le processus fondamental de l'adoption d'un référentiel spatial (e.g. Holmes & Sholl, 2005 ; Horst, Van Lier, & Steenbergen, 2011).

Un référentiel spatial est un repère imaginaire, comme une grille en 2 ou 3 dimensions, qui permet de déterminer les caractéristiques des espaces et des objets (e.g. localisation, taille, forme, mouvement) en fonction de points de référence. Holmes et Sholl (2005), Sholl (2001), et Sholl, Acacio, Makar, et Leon (2000), ont décrit plusieurs types de référentiels, dont deux en particulier. Le premier référentiel est dit égocentré, il utilise des points du corps comme référence pour situer des objets. Le référentiel égocentré serait privilégié lors de la présentation d'un nouvel environnement (Holmes & Sholl, 2005) ou lors d'une action visant un objet à portée de main (Horst et al. 2011). Le second référentiel est dit exocentré, il permet

la représentation d'un espace large à partir de repères fixes. Le référentiel exocentré serait privilégié notamment pour décrire des espaces larges et connus (Holmes & Sholl, 2005).

Dans une étude menée en 2005, Holmes et Sholl ont étudié l'effet d'un codage utilisant un référentiel ego- ou exocentré sur la représentation de l'espace en cas de désorientation. A l'aide d'un joystick et les yeux bandés, les participants devaient situer 6 lieux connus du campus, ou 6 objets préalablement présentés dans la pièce. Les participants étaient placés sur un fauteuil puis leurs yeux étaient bandés. Ensuite, ils étaient désorientés (plusieurs tours sur eux-mêmes) ou non, et replacés soit en position initiale, soit tournés de 90 degrés. Enfin, ils devaient réaliser des tâches de localisation, toujours les yeux bandés. L'analyse des résultats a montré qu'une localisation des objets est plus résistante à la désorientation pour les participants utilisant un référentiel exocentré que pour ceux utilisant un référentiel égocentré. En outre, cette étude a permis d'observer que le référentiel exocentré pouvait également être adopté pour coder un espace nouveau de taille restreinte. Enfin, selon les auteurs, ce référentiel peut être mis à jour par un recodage des informations perçues afin de les intégrer à la connaissance de l'environnement. Vis-à-vis du référentiel égocentré, le référentiel exocentré permet une représentation de l'environnement plus complète, plus élargie, et plus stable, mais de ce fait son actualisation au cours de l'activité pourrait induire un coût cognitif plus important. Par conséquent, en fonction de l'activité réalisée, l'adoption d'un référentiel est déterminée notamment par la quantité de ressource restante et disponible pour traiter les informations spatiales (e.g. Wickens, 2002).

2.2. Impact de l'activité sur l'adoption d'un référentiel

L'adoption d'un type de référentiel dépendrait de l'activité, de l'objet et de l'environnement. Dans l'exemple précédent, l'adoption d'un référentiel exocentré permettait de

préserver l'ordonnancement spatial des cibles en condition de désorientation. Mais lors d'une étude sur le référentiel spatial en contexte virtuel, Mou, Biocca, Owen, Tang, Xiao et Lim (2004) ont observé de meilleures performances avec l'adoption initiale d'un référentiel égocentré plutôt qu'un référentiel exocentré. Dans cette étude, les participants étaient équipés d'un système de réalité augmentée. A l'aide de ce système, ils devaient apprendre l'emplacement d'objets virtuels superposés à la vision de l'environnement réel. Puis, les yeux bandés, les participants devaient imaginer faire face à un des objets, et pointer un second objet cible. Dans une première phase les participants étaient dans la même position que lorsqu'ils ont appris la position des objets. Dans une seconde phase, ils étaient tournés de 90°. Les résultats montraient un temps de latence pour le pointage plus élevé dans la seconde phase que dans la première. Cette augmentation du temps de latence est expliquée par un recodage de l'agencement des objets : cet agencement serait initialement codé dans un référentiel exocentré, puis la tâche inciterait à un recodage égocentré. Dans deux autres expérimentations, les participants devaient dans un premier temps réaliser des tâches de pointage (apprentissage). Puis ils devaient effectuer une rotation selon soit une condition « fixation virtuelle », soit une condition « fixation simulée ». En condition « fixation virtuelle », les objets se déplaçaient virtuellement avec leur corps (comme fixés à un repère corporel). En condition « fixation simulée », les participants devaient imaginer que les objets se déplaçaient avec leur corps. Dans ces deux cas, aucune différence de latence de pointage n'a été observée entre la position initiale (apprentissage) et la position finale. Les auteurs ont suggéré qu'il n'y a pas eu de recodage de l'agencement des objets, le référentiel adopté était égocentré dans les deux positions (initiale et finale). Les auteurs ont conclu que le changement de référentiel implique un recodage cognitivement coûteux. En outre, il est aussi possible d'induire un référentiel spatial dans la consigne ou dans la phase d'entrainement.

La mémorisation d'une configuration spatiale peut être réalisée spontanément sur la base d'un référentiel exocentré. Cette tâche ne demande aucun engagement corporel. En revanche une tâche de pointage engage le corps et repose sur un référentiel égocentré. L'expérimentation de Mou et al. (2004) a également montré que le passage d'une tâche à une autre conduirait dans certains cas à devoir changer de référentiel, c'est-à-dire à recoder les informations spatiales, afin d'optimiser la réalisation de la nouvelle tâche. Cependant, dans la réalisation d'une même tâche, certains facteurs situationnels peuvent changer. La partie suivante décrit l'impact de la situation sur l'adoption d'un référentiel.

2.3. Impact de la situation sur l'adoption d'un référentiel

L'adoption d'un référentiel peut-être liée aux besoins d'une situation. Par exemple, Schober (1995) a étudié une situation où une personne (le directeur) demandait à une autre personne (le destinataire ou l'exécutant) de réaliser des séries de tâches spatiales. Ces tâches consistaient à localiser des objets de formes et couleurs différentes sur un plateau. L'auteur s'intéressait particulièrement aux changements de référentiel spatial dans les formulations du directeur. Selon le positionnement des partenaires, le référentiel spatial utilisé par le directeur correspondait à un des quatre patterns principaux : *Locuteur-centré, Destinataire-centré, Commun ou Neutre*. Le référentiel *Locuteur-centré* faisait référence au corps du locuteur, avec une formulation égocentrée désignant les objets vis-à-vis du locuteur lui-même. Le référentiel *Destinataire-centré* faisait référence au corps du destinataire, avec une formulation allocentrée désignant les objets vis-à-vis du locuteur. Le référentiel Commun correspondait à une formulation égocentrée faisant référence aux deux participants conjointement lorsqu'ils étaient côte à côte. Le référentiel Neutre correspondait à un référentiel exocentré qui faisait référence à des éléments de l'espace ou du plateau. L'analyse des résultats indique que lors

des premiers essais le directeur favorise le référentiel Commun s'il existe, sinon il choisit celui du Destinataire ou un référentiel Neutre. Le référentiel choisi par le destinataire est le même que celui adopté par le directeur. Après plusieurs essais et plusieurs changements de configurations (angle entre les participants, inversion des rôles), le directeur adopte de préférence un référentiel Neutre. Selon l'auteur, une formulation égocentrée est facile à produire pour le directeur car elle traduit directement un codage spatial égocentré, mais le destinataire doit alors la recoder ou la réinterpréter en fonction du référentiel accessible avec son propre point de vue. Au contraire, si un locuteur adopte le référentiel spatial de son destinataire, ce dernier n'a pas à recoder ou réinterpréter les informations fournies. Le locuteur utilise alors le référentiel du destinataire. En conséquence, le coût cognitif du traitement pour le destinataire est moindre (et inversement pour le locuteur). Enfin, la formulation neutre repose directement sur un référentiel exocentré commun aux deux participants. Elle permet au directeur de ne pas faire l'effort de recoder l'espace selon le point de vue du destinataire, et inversement elle n'incite pas le destinataire à recoder l'espace selon le point de vue du directeur. L'auteur conclut que la réduction de l'effort mental total des deux participants nécessaire à leur collaboration favorise l'adoption d'une formulation neutre par le locuteur. En outre, l'adoption d'un référentiel est déterminée par la tâche, mais également par le contexte dans lequel cette tâche est réalisée.

Selon certains auteurs, le référentiel égocentré est souvent utilisé dans une situation d'action (Horst et al., 2011 ; Sholl, 2001) pour une raison de compatibilité entre les mouvements du corps et la perception de l'environnement (Carlson, Hoffman, & Newcombe, 2010). Par exemple, la manipulation d'une tasse de café nécessite de coordonner finement des informations spatiales avec une planification motrice qui implique un codage égocentré. Une situation d'action (effective ou possible) a un effet sur le référentiel spatial adopté, et par conséquence sur la modalité de codage des informations spatiales. La présence d'une autre

personne active peut également avoir un impact sur ce processus. Plus précisément, un observateur ou un co-acteur ne va pas nécessairement coder l'espace selon un référentiel égocentré porté par son propre corps. Il peut également coder l'espace selon le corps de l'autre, ou selon un référentiel exocentré. Dans cette situation, comme l'a mentionné Schober (1995), une personne peut adopter le référentiel spatial d'un acteur, elle prend sa perspective.

Lorsqu'une personne prend la perspective d'un tiers, elle peut lui emprunter une manière de coder l'espace. La section suivante décrit d'autres emprunts possibles avec la prise de perspective, notamment la représentation de l'action réalisée par un acteur.

3. Représentation de l'activité d'un tiers via la prise de perspective

3.1. La prise de perspective

La prise de perspective est généralement considérée comme *« la tendance à spontanément adopter le point de vue psychologique des autres »* (Davis, 1983 ; Chevallier, Baumard, Grèzes, & Pouga, 2010). Cette définition renvoie à un processus qui peut opérer par exemple dans des situations d'observation d'une personne qui agit (e.g. Chevallier et al., 2010 ; Davis, 1983) ou dans des situations de dialogue (e.g. Deyzac, Logie, & Denis, 2006 ; Roger, Knutsen, Bonnardel, & Le Bigot 2013). La prise de perspective d'un acteur joue un rôle en particulier dans la compréhension de ses actions par un observateur (Lozano, Hard, & Tversky, 2008), et plus généralement sur la compréhension du monde par ce dernier, comme lorsqu'il agit lui-même. Cette observation rejoint la description de Chaigneau et al. (2009) selon laquelle l'action est un déterminant de la représentation mentale d'un objet.

Des chercheurs en neuropsychologie (e.g. Bruin, van Elk, & Newen, 2012) ont décrit des structures cérébrales impliquées dans la prise de perspective, telles que les neurones miroirs et le cortex pré-moteur. Le processus a été décrit également à partir d'études sur des patients présentant différents types de déficiences. Par exemple, dans une étude de Becchio, Del Giudice, Dal Monte, Latini-Corazzini, et Pia (2011) des patients hémiplégiques devaient décrire des rangées d'objets selon leur propre perspective ou selon la perspective d'un tiers. Les descriptions réalisées par les patients selon leur propre perspective étaient moins complètes que celles réalisées selon la perspective d'un tiers. Les auteurs suggèrent que la prise de perspective induit une reconfiguration de la représentation des objets et de l'espace, ces derniers étant codés selon une référence au corps de la personne observée.

Lors d'une étude menée en 2006, Hard, Lozano, et Tversky ont observé l'effet de la prise de perspective d'un acteur dans la reproduction d'une tâche spatiale. Les participants devaient visionner un assemblage d'objets effectué par un acteur (vu de face dans un film), en décrire les différentes étapes, puis reproduire l'assemblage. Certains participants utilisaient la perspective de l'acteur pour décrire les actions, tandis que d'autres utilisaient leur propre perspective. Par exemple si l'acteur posait une pièce à sa droite, les premiers disaient « il pose la pièce à droite » tandis que les seconds disaient « il pose la pièce à gauche». Les participants produisaient moins d'erreurs d'assemblage lorsqu'ils avaient décrit les étapes d'assemblage en utilisant la perspective de l'acteur plutôt que leur propre perspective. Les auteurs expliquent cet effet notamment par une meilleure mémorisation de la tâche lorsqu'elle est observée avec la perspective de l'acteur. Cet exemple permet d'illustrer le gain potentiellement apporté par un changement de perspective pour se représenter mentalement un objet à assembler. La partie suivante met en évidence certains mécanismes et déterminants de la prise de perspective

3.2. Déterminants de la prise de perspective

La prise de perspective d'un tiers est une opération cognitive qui peut être facilitée par certains déterminants. Par exemple Hard et al. (2006) ont décrit la verbalisation comme déterminant, c'est-à-dire qu'un observateur adopte plus facilement la perspective d'un acteur s'il verbalise des actions observées que s'il ne les verbalise pas. Selon Lozano, Hard, et Tversky (2007), c'est l'action observée en elle-même qui est un déterminant de la prise de perspective. Ces auteurs ont manipulé l'effet de l'action (ou non action) d'un tiers sur la prise de perspective par un observateur à travers une série d'expérimentations. Les participants devaient réaliser une tâche de localisation spatiale sur une photographie. La photographie présentait un personnage (homme ou femme) vu de face, assis à une table sur laquelle étaient présentés deux objets. Soit le personnage effectuait un mouvement d'action sur un objet, soit il n'effectuait pas de mouvement (cf. Figure 15).



Figure 15 : Photographie issue du matériel expérimental de Lozano et al. (2007). Sur la photo « a » l'acteur amorce une action sur le livre, tandis qu'il est inactif sur la photo « b ».

Le participant devait localiser oralement un objet cible sur la photo (par exemple le livre). L'expérimentateur relevait la stratégie de localisation, qui pouvait être décrite selon la perspective du participant, ou selon la perspective du personnage. L'analyse des résultats a montré que les participants prennent plus souvent la perspective du personnage lorsque celui-ci est actif que lorsqu'il est inactif. Ces résultats indiquent qu'un observateur est incité à prendre la perspective d'un tiers lorsque ce dernier est actif.

Autrement dit, un observateur prend plus facilement la perspective d'un tiers si ce dernier est engagé dans une action. La prise de perspective est également facilitée si l'observateur a une expérience de l'action observée (Lozano et al., 2008). Ce processus permettrait d'évaluer une situation, et en particulier d'évaluer les intentions de l'acteur (Davis, 1983). Selon certains auteurs (e.g. Lebon, Rouffet, Guillot, & Collet, 2008 ; Lozano et al., 2008 ; Sinigaglia, & Rizzolatti, 2011), la représentation mentale de la scène se matérialise en termes d'activations des zones cérébrales mais aussi des muscles liés à l'action observée. Ces activations seraient la trace d'une simulation mentale de l'action observée. Cette simulation serait impliquée dans l'apprentissage et dans la compréhension des émotions et des états mentaux (Desmurget, 2006 ; Lebon et al., 2008). La prise de perspective est généralement décrite comme un processus de simulation des actions d'un tiers dont elle dépend. Autrement dit la simulation des actions d'un acteur est facilitée par l'adoption de sa perspective, qui elle-même est facilitée par l'action de l'acteur. La partie suivante met l'accent la représentation mentale de l'action observée.

3.3. Construction de la représentation mentale d'une action observée

La simulation mentale d'une action observée participe à la représentation mentale de cette action. Cependant, selon Desmurget (2006), l'observateur ne simule pas formellement les différentes étapes des gestes qui composent l'action observée. Sinon l'apprentissage d'un sport par exemple serait immédiat or ce n'est pas le cas. D'ailleurs, selon l'auteur, l'observateur simule l'action avant qu'elle soit exécutée par l'acteur, et telle qu'il l'aurait exécutée à la place de l'acteur.

Cette analyse peut être appuyée par une étude de Lozano et al. (2008). Ces auteurs ont observé l'effet de l'expérience d'une situation sportive observée sur la perspective adoptée

par les participants. Sur une image, un sportif était présenté de face, devant un ballon de basket et un ballon de football. Il touchait un des deux ballons soit avec le pied (habituel au football, mais pas au basket) soit avec la main (habituel au basket mais pas au foot). Les participants pratiquaient habituellement l'un des deux sports. Les participants devaient indiquer la position d'un ballon par rapport à l'autre ballon. Selon les auteurs, les participants décrivaient plus souvent la position des ballons avec la perspective de l'acteur si la situation correspondait à une situation habituelle dans leur pratique sportive. L'expérience d'une activité observée active chez l'observateur des représentations d'actions possibles. Selon les auteurs, lorsque l'acteur agit conformément à ces représentations, l'observateur peut se représenter la scène selon la perspective de l'acteur. Autrement dit, l'expérience d'une activité observée facilite une représentation de l'environnement et des actions selon la perspective de l'acteur.

Pour illustrer autrement cette analyse, lorsqu'un joueur de tennis expérimenté observe un match de tennis, son expérience favorise une simulation mentale et une anticipation des actions observées. Lorsque la simulation et l'observation des actions concordent, l'observateur est en mesure de tenir la perspective d'un joueur observé et d'évaluer la qualité de son jeu. Au contraire, pour un observateur novice, la simulation de la perspective de l'acteur est plus difficile à tenir, étant donné que chaque phase de l'action met en contradiction la simulation et l'observation. Chaque phase de l'action correspond à un découpage de l'activité globale impliqué dans le codage de cette activité.

3.4. Processus de codage de l'activité

La proposition de Desmurget (2006), selon laquelle l'observateur considère prioritairement la séquence d'actions globalement plutôt que les différents gestes qui la

composent, est compatible avec l'approche de Hard, Recchia et Tversky (2011) qui décrivent un codage de l'activité observée en termes de *buts* et de *sous-buts*. Dans cette étude, les auteurs ont observé l'attention portée sur différentes phases d'une activité par des participants. Des films montrant des séquences d'activités domestiques (e.g. faire son lit) était découpés en diaporamas composés d'une photo par seconde de film (un diaporama de 60 photos correspondait à une activité filmée durant 1 minute). Les participants pouvaient faire défiler librement les photos, avec une consigne de mémorisation de l'activité présentée. L'analyse des résultats a montré des temps d'observation plus longs à la fin et au début des grandes phases de l'activité (« buts »). Ces grandes phases correspondaient généralement à un changement corporel important de l'acteur (e.g. se relever, s'asseoir, se retourner). L'analyse a également montré des découpages intermédiaires (« sous-buts ») relatifs à des étapes intermédiaires marquées par des changements corporels moins importants (e.g. tendre un bras, tourner la tête). Par exemple dans une activité de montage d'un meuble en kit, les grandes phases pouvaient être marquées par un déplacement ou un retournement de l'assemblage visant à fixer un nouvel élément. Une telle action implique de grands mouvements du corps. Tandis que les découpages intermédiaires pouvaient être marqués par l'initiation d'actions de vissage de cet élément. Placer une vis implique des mouvements du corps *relativement* plus petits que déplacer l'assemblage. Enfin, les actions les mieux rappelées correspondaient aux grandes phases de l'activité telles que *fixer un élément* plutôt que les phases intermédiaire telles que *placer une vis*. Cet exemple illustre la manière dont l'action est codée en mémoire. Comme pour la représentation d'un objet, qui est construite à partir notamment d'activations de références comparatives (dont l'action fait partie), la représentation de l'action observée est réalisée également à partir de références basées sur l'expérience de l'observateur. Ces références peuvent être, par exemple, une procédure prescrite formellement, telle qu'une recette ou un mode d'emploi, ou une *organisation schématique* moins formelle, telle que

décrite par Chemlal et Cordier (2006). Pour rappel, l'organisation schématique correspond à un enchainement d'événements attendus dans une situation donnée. L'organisation schématique est issue de l'expérience et stockée en mémoire à long terme. L'effet de l'expérience sur la capacité à prendre la perspective d'un acteur pourrait reposer sur la connaissance fine d'organisations schématiques.

4. Perspectives sur la représentation des objets et des activités

Un utilisateur n'appréhende pas directement le monde qu'il perçoit, mais il le segmente et catégorise les éléments qui le composent. Un objet est représenté mentalement à partir d'un assemblage de différents attributs qui le renvoient à différentes catégories. L'interaction avec un objet et le contexte d'utilisation sont des déterminants importants de la représentation mentale de l'objet par l'utilisateur (Gallese & Lakoff, 2005 ; Kiefer & Pulvermüller, 2012). Cette représentation mentale est le support à partir duquel un utilisateur évalue différents types de qualités ou de caractéristiques, telles que notamment la qualité de son utilisation.

En outre l'utilisation d'un objet, dans un contexte donné, est cadrée par des schémas d'usages, ou organisations schématiques. Ces schémas sont utiles notamment pour détecter des événements inhabituels dans une activité. Un événement peut impacter positivement ou négativement l'évaluation d'un objet par son l'utilisateur. Des auteurs (e.g. Lozano et al., 2008) ont mis en évidence qu'un observateur est en mesure de coder la scène d'interaction de manière similaire à l'acteur qu'il observe, en empruntant sa perspective. Plus précisément, l'observateur est en mesure de simuler mentalement les actions et le point de vue de l'acteur sur l'environnement, et ainsi construire une représentation mentale similaire sur un objet ou une situation. Par conséquence, avec la perspective de l'acteur, la représentation de la scène reposerait sur plus d'informations situationnelles, et, au contraire, avec une perspective

d'observateur, la représentation de la scène reposerait sur plus d'informations heuristiques. La possibilité pour l'observateur de simuler l'activité de l'acteur est propice aux évaluations basées sur l'observation proposées dans le chapitre précédent.

Le chapitre suivant met en perspective les approches ergonomique et psychologique décrites respectivement dans les Chapitres 2 et 3, et expose les critères qui ont été manipulés pour tester l'évaluation par observation.

Chapitre 3.
Envisager des évaluations basées sur l'observation

1. Décrire un objet et son utilisation.

1.1. Approche ergonomique de la caractérisation de l'objet par l'utilisateur

Un grand nombre d'activités humaines intègre des objets afin par exemple de gagner en précision, soulager des efforts ou offrir à l'utilisateur de nouvelles capacités. Dans le Chapitre 1, le gain apporté par l'objet à l'activité a été décrit en termes d'utilité, qui est une qualité centrale en ergonomie. Certains auteurs (e.g. Nielsen, 1993) distinguent une utilité dite *théorique*, d'une utilité dite *pratique*. L'utilité théorique d'un objet renvoie aux services qu'il est supposé offrir. L'utilité pratique renvoie à l'avantage réellement offert par l'objet. Cette dernière est de ce fait déterminée en partie par l'utilisabilité qui impacte la qualité de l'interaction avec l'objet. En outre, l'acceptabilité est un indicateur de l'intention d'usage, ce qui est une qualité importante d'un objet cible pour anticiper sa bonne intégration dans l'organisation de l'activité. Enfin l'utilisation de certains objets expose l'utilisateur à des risques de dommages physiques. Dans une approche ergonomique, différentes dimensions, telles que l'utilité, l'utilisabilité, l'acceptabilité et le risque, sont utilisées pour caractériser un objet ou un dispositif vis-à-vis de l'utilisation ou plus globalement de l'activité.

Les apports de l'ergonomie dans la conception et l'évaluation sont documentés pour chacune des phases de développement et de vie d'un dispositif ciblé par différents auteurs

(e.g. Valentin et al., 2010 ; Brangier & Barcenilla, 2003). Les recherches dans différents domaines, tels que la psychologie ou le design, ont des implications sur les outils et les pratiques de l'ergonomie. Par exemple des recherches ont permis d'élaborer des principes ergonomiques de conception (e.g. Nielsen, 1994), de définir d'autres dimensions telles que les affects (attitudes, émotions, etc. e.g. Barcenilla & Bastien, 2009 ; Norman, 2004 ; Venkatesh et al., 2003), de décrire de nouvelles approches telles que l'ergonomie prospective (e.g. Brangier & Robert, 2014 ; Nelson, Buisine, Aoussat, & Gazo, 2014).

Une approche utilisée dans cette thèse consiste à présenter un objet en situation d'interaction à un utilisateur qui doit évaluer cet objet (e.g. Brooke, 1996). Ce sont les caractéristiques de l'objet liées à l'utilisation qui sont évaluées sur des dimensions telles que l'utilisabilité, l'acceptabilité, l'utilité et le risque.

Dans différents secteurs industriels tels que l'immobilier, l'automobile ou le mobilier, les concepteurs façonnent aussi des objets à l'aide de technologies numériques, afin notamment de les représenter virtuellement et de les évaluer eux-mêmes (en dehors d'une situation d'évaluation formelle). Ces concepts virtuels peuvent être repris pour être testés auprès des utilisateurs. Cependant les méthodes d'évaluation virtuelle sont assez peu documentées. L'application d'une telle méthode implique de s'assurer que l'utilisateur soit en mesure d'évaluer de manière analogue un objet dont il observe l'interaction avec un personnage virtuel, et un objet avec lequel il interagit réellement. Les processus cognitifs de représentation mentale des objets et des activités, qui ont été décrits dans le chapitre précédent, apportent quelques éléments de réponse favorables au principe d'évaluation par observation.

1.2. Approche psychologique de la caractérisation de l'objet par l'observateur

Dans un environnement réel, un utilisateur se représente mentalement l'objet en l'observant et en l'utilisant. Dans un environnement virtuel, l'utilisateur se représente l'objet principalement à partir de l'observation. L'usage d'un périphérique de commande (e.g. gant interactif, joystick, etc.) permet parfois de médiatiser une interaction entre l'utilisateur et l'environnement virtuel. L'étude des évaluations virtuelles peut s'appuyer sur un champ de connaissances concernant les processus cognitifs impliqués dans la représentation d'un objet, de la situation et de l'activité. Ces processus sont décrits dans le Chapitre 2. La représentation de l'objet est construite à partir de connaissances et d'expériences sur le monde d'une part, et à partir de perceptions liées à ses caractéristiques, à son utilisation et au contexte d'autre part. Par un processus de prise de perspective, un observateur peut simuler mentalement le point de vue d'un acteur pour partager une représentation similaire de l'espace (e.g. Schober, 1995). L'observateur peut également simuler mentalement les actions de l'acteur afin de les comprendre (e.g. Lozano et al., 2008). Ces mécanismes cognitifs permettent d'envisager des situations dans lesquelles un utilisateur potentiel évalue des dispositifs en observant les interactions d'un tiers ou d'un avatar.

En outre ces processus ont été décrits à l'aide d'expérimentations basées sur des situations réelles (e.g. Schober, 1995), et aussi à l'aide de photographies (Lozano et al., 2008 ; Tversky & Hard, 2009) et de situations virtuelles (Talbot, Legge, Bulitko, & Spetch, 2009 ; Mou et al., 2004). Les méthodes utilisées dans ces études indiquent que la représentation d'objets, d'environnements ou d'interactions peut reposer sur l'observation de photographies ou d'animations virtuelles.

2. Valider une situation d'évaluation par observation

2.1. Les déterminants cognitifs de l'évaluation par utilisation transposés à l'évaluation par observation

Les processus de représentation par un observateur des objets manipulés par un acteur, sont conciliables avec certaines méthodes utilisées en ergonomie pour envisager des évaluations par les utilisateurs basées sur l'observation d'une interaction entre l'objet cible et un acteur.

D'une part, des recherches en psychologie cognitive indiquent qu'un observateur peut prendre la perspective d'un acteur qu'il observe, pour simuler les actions et les représentations de cet acteur vis-à-vis d'objets cibles ou d'une situation. D'autre part, en ergonomie, une méthode d'évaluation consiste à placer un utilisateur en situation d'interaction avec des objets qu'il doit ensuite évaluer. Cette méthode peut s'appuyer sur les connaissances sur la prise de perspective pour concevoir des situations d'évaluation basées sur l'observation d'une interaction. C'est le type de situation qu'il est possible de mettre en œuvre avec des environnements virtuels.

L'évaluation basée sur l'observation (d'une interaction) est opérationnalisable de différentes manières. L'observateur peut observer un acteur directement, ou par l'intermédiaire d'un dispositif audiovisuel. L'observateur peut également observer un avatar qui interagit avec des objets dans un environnement virtuel.

Pour valider ces situations, les expérimentations présentées dans les chapitres suivants sont basées sur une situation habituelle dans laquelle des utilisateurs interagissent avec des objets puis les évaluent. Cette situation a été déclinée pour observer l'effet de plusieurs

facteurs sur chacune des dimensions d'évaluation utilisées. Les facteurs manipulés et leurs effets attendus sont présentés dans la partie suivante.

2.2. Hypothèses générales

La possibilité pour un utilisateur d'évaluer des objets en observant leur utilisation par un tiers a été testée à travers une série d'expérimentations présentées dans les chapitres suivants. L'évaluation des objets portait sur des dimensions courantes en ergonomie, à savoir l'utilisabilité, l'utilité, le risque et l'acceptabilité. La situation d'observation a été étudiée en manipulant les effets sur l'évaluation de différents facteurs impliqués dans la représentation mentale d'un objet cible. Ces facteurs étaient le rôle des participants, le contexte d'utilisation, le type d'objet et, pour les évaluations virtuelles, le cadrage vidéo. Ces facteurs et leurs effets hypothétiques sur l'évaluation sont décrits ci-dessous.

Le premier facteur était le rôle du participant, qui était soit acteur soit observateur. L'étude du rôle du participant est un prérequis central pour comprendre la possibilité de transposer des évaluations basées sur l'utilisation, à des évaluations basées sur l'observation. Le rôle a un impact potentiel sur la représentation de l'interaction qui est opérée dans une condition et observée dans l'autre. Cet impact devrait être observé notamment sur l'évaluation de l'utilisabilité. En se référant au biais acteur/observateur décrit par Jones et Nisbett (1972), un acteur qualifie ses comportements en s'appuyant sur des causes situationnelles (e.g. les objets sont compliqués à utiliser) tandis qu'un observateur décrit des causes dispositionnelles (e.g. l'acteur est maladroit). Autrement dit, dans une situation donnée, les difficultés d'utilisation attribuées à l'objet sont plus souvent décrites par l'acteur que par l'observateur. Par conséquence, un objet est évalué plus favorablement par un observateur que par un acteur,

en particulier pour des dimensions reposant fortement sur l'interaction, telles que l'utilisabilité.

Le deuxième facteur était le contexte. Le contexte a un poids important dans la représentation d'un objet (e.g. Cadet & Kouabénan, 2005). Une situation expérimentale peut être configurée avec différents contextes dont il est important de déterminer l'impact sur l'évaluation de différentes dimensions d'un objet. Par exemple, un vêtement de pluie s'avère utile par mauvais temps, mais inutile par beau temps ; la dangerosité d'un couteau de cuisine peut être perçue comme plus importante si des enfants sont à proximité. Selon Tijus et Cordier (2003), le contexte impacte le poids de certaines caractéristiques sur la représentation d'un objet. L'ajout de facteurs de risques dans un environnement (e.g. une rallonge au sol, un produit chimique dans une cuisine) est susceptible de sensibiliser l'utilisateur à la détection de risques relatifs à l'objet. De plus, certains contextes rendent l'utilisation d'un objet plus complexe. Par exemple, l'utilisation d'une serrure de porte est parfois difficile en contexte de faible luminosité, et la qualité de l'interaction avec la serrure pourrait être évaluée négativement par l'utilisateur. L'effet de la dégradation du contexte (ajout d'éléments gênants) a été manipulé sur l'évaluation du risque et de l'utilisabilité, avec comme effet attendu une évaluation dégradée lorsque le contexte est dégradé.

Le troisième facteur était le type d'objets. Il est probable qu'une méthode ou un outil d'évaluation soit plus adapté à certains objets qu'à d'autres. Par exemple, l'évaluation de l'utilité d'une statue et d'un téléphone pourrait reposer sur des critères très différents. En outre, les différents objets, ou plus largement différents types d'objets, activent des représentations différentes. Des objets sont représentés mentalement dans des catégories d'autant plus proches qu'ils partagent un grand nombre d'attributs, et inversement. Si deux catégories distinctes d'objets sont identifiées, elles sont discriminables sur une ou plusieurs dimensions d'évaluation. Par exemple, des objets *structurant* l'espace tels que des meubles, et

des objets *instruments* tels que des appareils électroménagers, n'ont pas le même rôle et les mêmes problématiques d'utilisation. Les objets *structurants* sont plus fondamentaux dans la conception de l'espace, ils sont évalués plus positivement que les *instruments* sur l'utilité. En outre, dans une activité de cuisine, les objets *structurants* sont moins manipulés et ont une probabilité plus faible d'exposer l'utilisateur à des problèmes d'utilisation que les *instruments*.

Le dernier facteur était le cadrage vidéo. La prise de perspective de l'acteur est facilitée lorsque l'observateur partage l'angle de vue de l'acteur (Schober, 1995). Autrement dit, la prise de perspective de l'acteur par l'observateur serait facilitée avec une vue à la 1ère personne, c'est-à-dire avec un film qui présente directement l'angle de vue de l'acteur. Par conséquent, la représentation de la scène reposerait sur plus d'informations situationnelles avec une vue à la 1ère personne plutôt qu'à la 3ème personne. Au contraire, une représentation de la scène reposerait sur plus d'informations heuristiques à la 3ème personne qu'à la 1ère personne. Par conséquent, les évaluations basées sur des vidéos à la 1ère personne présentent un meilleur accord inter-évaluateurs que les vidéos à la 3ème personne.

Afin de vérifier les hypothèses présentées ci-dessus, trois études ont été réalisées. Les facteurs manipulés variaient d'une étude à une autre mais la méthode était similaire : des objets étaient présentés en situation d'interaction à des utilisateurs qui les évaluaient ensuite à l'aide d'un questionnaire. L'effet des facteurs était observé sur l'évaluation des objets dans les dimensions *utilisabilité, utilité, risque* et *acceptabilité*. L'évaluation des dimensions était réalisée à l'aide d'outils existants, sauf pour le risque.

La première étude portait sur l'effet du rôle (Acteur vs. Observateur) sur l'évaluation de quatre fauteuils de bureau. La deuxième étude portait sur les effets du rôle (Acteur vs. Observateur), du contexte (Neutre vs. Dégradé) et du type d'objet, sur l'évaluation de 16 objets de cuisine. La troisième étude reposait uniquement sur l'observation pour évaluer 18

objets de cuisine. Les facteurs manipulés étaient le cadrage vidéo (1ère vs. 3ème personne), le contexte (Neutre vs. Dégradé) et le type d'objet (Structurants vs. Instrument).

La méthode utilisée dans les 3 études a été pré-testée lors d'une expérimentation préliminaire présentée en Annexe 4. Cette expérimentation était l'occasion d'une part de construire un premier questionnaire d'évaluation du risque, et d'autre part d'appréhender la représentation d'objet et la simulation d'activité dans des environnements réels et virtuels, indépendamment de la présence d'un acteur. Dans cette étude, les participants devaient notamment verbaliser des descriptions ou des simulations d'utilisation, face à un environnement réel et face à un environnement virtuel. L'analyse n'a pas révélé d'effet significatif de l'environnement, toutefois les participants ont eu tendance à produire plus de verbalisations sur un environnement virtuel que sur un environnement réel (Annexe 4).La représentation d'un objet ou d'une activité n'était pas moins détaillée avec un environnement virtuel qu'avec un environnement réel. Ce résultat préliminaire était favorable à l'utilisation d'environnements virtuels pour évaluer des objets.

Chapitre 4.
Etude 1 : Evaluer avec un rôle d'acteur ou d'observateur

L'évaluation ergonomique d'un objet ou d'un dispositif en contexte réel consiste à présenter l'objet en situation d'interaction à un utilisateur-évaluateur (Brangier & Barcenilla, 2003). L'évaluation virtuelle consiste à évaluer un objet présenté dans un environnement numérique. La présentation est paramétrable afin d'améliorer la perception des caractéristiques et des fonctionnalités de cet objet en situation d'utilisation.

Le rôle de l'utilisateur-évaluateur varie selon l'environnement d'évaluation : en réel il peut être acteur et interagir directement avec l'objet, tandis qu'en virtuel il est principalement observateur de l'interaction entre l'objet et un avatar. Dans ce dernier cas, l'observateur n'expérimente pas corporellement l'interaction mais il peut la simuler en prenant la perspective de l'acteur ou de l'avatar (Lozano et al., 2007 ; Lozano et al., 2008).

L'objectif principal de l'étude présentée dans ce chapitre était de valider la possibilité pour l'observateur d'une interaction de discriminer des objets cibles sur des dimensions relatives à l'interaction, au même titre que l'acteur d'une interaction réelle. Les évaluations réalisées par les acteurs interagissant avec les objets cibles ont été comparées aux évaluations faites par les observateurs de cette interaction. Les rôles d'acteur et d'observateur manipulés correspondent au rôle tenu respectivement dans un environnement réel et virtuel.

Un autre objectif de l'étude était de construire un questionnaire pour appréhender le risque sur divers objets tels que des meubles ou des fauteuils, qui ne sont pas considérés comme dangereux contrairement à des couteaux par exemple.

1. Objectif

Le rôle d'acteur est souvent utilisé en ergonomie dans des approches basées sur l'interaction. Les utilisateurs sont amenés par exemple à utiliser et évaluer des dispositifs (e.g. Brooke, 1996 ; Lewis, 1995). Le rôle d'observateur est également utilisé dans les pratiques de l'ergonomie, c'est d'ailleurs souvent le rôle de l'ergonome lui-même. Certaines méthodes d'évaluation impliquent également des observations par des pairs (e.g. des collègues) ou a posteriori par l'acteur lui-même (e.g. Mouchet, Vermersch, & Bouthier, 2011 ; Poizat, Haradji, & Seifert, 2011) .

L'évaluation par un utilisateur avec un rôle d'acteur ou un rôle d'observateur implique des mécanismes cognitifs différents pour construire une représentation mentale de la scène. Les points de vue de l'acteur et de l'observateur sont résumés ci-dessous.

Le point de vue de l'acteur

Le point de vue de l'acteur peut être utilisé pour évaluer des technologies (Brangier & Barcenilla, 2003 ; Davis & Venkatesh, 1996) telles qu'une interface domotique par exemple. L'acteur évalue un produit sur la base d'une utilisation qu'il simule réellement. La simulation peut reposer sur un scénario construit par exemple pour tester des fonctionnalités spécifiques ou des problématiques relevées lors d'une observation ou d'une expertise préalable (Bach & Scapin, 2005).

Lorsqu'un acteur interagit avec un objet, il commence par simuler mentalement les différentes phases de son action (Hard et al., 2011 ; Lozano et al., 2007 ; Lozano et al., 2008). Il interagit et reçoit ensuite des retours d'informations haptiques, kinesthésiques, visuelles ou auditives qu'il compare aux prédictions de la simulation. Lors d'une manipulation, l'acteur favorise un traitement des informations à l'aide d'une perspective et d'un référentiel égocentrés (Horst et al., 2011 ; Sholl, 2001).

Le point de vue de l'observateur

Le point de vue d'un observateur est quant à lui utilisé pour évaluer une situation de travail qu'il pratique ou qu'il connait. L'observation peut être réalisée à partir d'un enregistrement audio-visuel ou de photos de l'observateur lui-même ou d'un tiers (e.g. auto-confrontation croisée, Mouchet et al., 2011 ; Poizat et al., 2011).

Selon Proust (2000), lorsqu'un observateur visualise l'activité d'un acteur, l'observateur simule mentalement les actions de l'acteur avant que ce dernier ne les réalise. L'observateur estime les intentions de l'acteur en comparant l'action simulée et l'action observée (Lozano et al., 2008). Plus généralement, et dans le cadre de cette étude, les actions observées étaient supposées renseigner l'observateur sur les caractéristiques de la situation d'interaction (Lozano et al., 2008) et des objets utilisés.

La représentation des objets, réels ou virtuels, était traduite par l'évaluation sur différentes dimensions liées à leur utilisation, telles que l'utilisabilité, le risque, l'utilité et l'acceptabilité. L'impact perceptif de l'environnement réel ou virtuel a été étudié dans une étude préliminaire présentée en Annexe 4. Un objectif de l'étude préliminaire était de vérifier si la représentation des caractéristiques et des possibilités d'interaction d'un objet cible était possible avec l'observation d'un environnement virtuel, au même titre que l'observation d'un environnement réel. Un autre objectif était de vérifier l'effet de la tâche (simulation verbale d'utilisation vs. description) sur l'évaluation du risque des objets cibles. Les résultats ont mis en évidence la possibilité d'utiliser un environnement virtuel pour évaluer un dispositif. Cependant aucune interaction entre un utilisateur et un objet n'était présentée. Or, lorsqu'un utilisateur interagit avec des objets, il peut se représenter plus précisément des attributs spécifiques à leur utilisation. Autrement dit l'utilisation effective serait favorable aux évaluations conduites en environnement réel. Enfin, l'absence de discrimination des 4 objets

évalués sur l'échelle de risque pointait la nécessité de valider les outils de mesures, et de réaliser une sélection méthodique des objets à évaluer.

Le choix de plusieurs objets était possible afin d'une part de comparer les objets entre eux (Brooke, 1996), et d'autre part de multiplier les mesures pour observer les effets des variables. Le choix d'objets différents devait augmenter les chances que les utilisateurs les discriminent sur les dimensions utilisées. Cette discrimination des objets dans les évaluations par les utilisateurs devait être un indicateur de sensibilité des échelles. Quatre objets d'un même type ont été sélectionnés à partir d'une expertise afin de s'assurer de leurs différences sur plusieurs dimensions d'évaluation. Cette expertise constitue la première phase de l'étude.

2. PHASE 1 : Sélection des objets cibles à l'aide d'une expertise

Une expertise ergonomique peut-être réalisée pour analyser méthodiquement un dispositif afin d'expliquer ou de prédire les problématiques auxquelles un utilisateur pourrait être soumis. Le diagnostic issu de l'expertise peut être confirmé ou enrichi avec un test utilisateur (e.g. Bach & Scapin, 2005 ; Schmettow et al., 2014). L'objectif de l'expertise réalisée dans cette étude était double : d'une part, offrir une évaluation de référence ou un point de comparaison vis-à-vis des évaluations d'utilisateurs, d'autre part sélectionner les objets cibles pour observer l'effet du rôle de l'évaluateur sur l'évaluation d'objets en phase 2. Cette sélection s'est faite à partir de l'écart observé dans les classements de 10 fauteuils de bureau selon 4 dimensions d'évaluations : utilisabilité, utilité, risque et acceptabilité. Le panel d'experts était constitué de trois ergonomes familiers de l'approche centrée-utilisateur et les situations de travail de bureau pour lesquelles les objets cibles étaient conçues.

2.1. Méthode

Participants (experts)

Trois ergonomes (hommes, de respectivement 25, 36, et 44 ans) ont participé à l'expertise. Le premier était récemment diplômé dans l'ergonomie informatique. Le deuxième travaillait depuis 10 ans sur les usages des objets de la vie quotidienne. Le troisième était récemment diplômé dans l'analyse de l'activité en situation de travail. Etant donné la diversité des profils, l'intérêt final de l'expertise résidait dans la recherche d'un consensus pour classer les fauteuils sur les dimensions cibles.

Matériel

Fauteuils

Dix exemplaires de *fauteuils de bureau* ont été fournis par le FCBA. Ces fauteuils faisaient partie des objets mis en tests de conformité au sein du FCBA, ils ont été utilisés avec l'accord des constructeurs. Afin d'être évalués sur une base similaire, ces fauteuils réunissaient au minimum les caractéristiques suivantes. Les fauteuils devaient être de couleur sombre (gris ou noir), propres et en bon état. Ils devaient être équipés au minimum d'accotoirs (accoudoirs) et de roulettes. Les fauteuils devaient disposer de réglages d'inclinaison du dossier, de hauteur de l'assise et de hauteur des accotoirs. Chaque fauteuil a été désigné par une lettre allant de *a* à *j*. Des visuels ont été imprimés pour chaque fauteuil selon 4 angles de vue (Annexe 5).

Espaces de test

Trois espaces indépendants étaient chacun composé d'une table et d'une surface libre au sol d'au moins 6 m^2. Ces 3 espaces donnaient sur un hall commun d'environ 30 m^2 où les fauteuils étaient alignés par ordre alphabétique. Les ergonomes pouvaient y prendre et remettre les fauteuils testés. Ce hall a été utilisé aussi pour réaliser le classement commun.

Guide d'utilisation des fauteuils de bureau

Un guide général présentait les fonctions habituelles et les recommandations d'utilisation des fauteuils de bureau. L'objectif était d'assurer aux experts une base de connaissance commune sur les objets évalués. Ce guide présentait les caractéristiques courantes des fauteuils et l'implication des différents réglages pour une bonne installation au poste de travail (Annexe 6). Ces informations étaient issues des organismes officiels suivants : INSERM, INRS, FCBA (Norme Française : NF X 35-121, Juin 1987), ASPAM (2003) (Norme Québécoise : L'ergonomie au bureau CSAZ-412.p.186).

Guide heuristique

Le guide heuristique (format papier A4) avait pour objectif de caractériser l'utilisabilité des objets. Il a été mis au point sur la base des heuristiques de Nielsen (1994). L'adaptation des heuristiques a été effectuée au regard de l'outil *"Referring Heuristic Evaluation Checklist from Xerox Corporation (Based on Weiss and Nielsen sources)"*. L'utilisabilité des fauteuils était ainsi appréhendée selon 8 critères, tels que « *Contrôle de l'utilisateur et liberté* » *ou* « *Prévention contre les erreurs* » (Annexe 7).

Chaque critère rassemblait entre 4 et 6 items. Chaque item décrivait une caractéristique pour laquelle un évaluateur devait indiquer si elle correspondait à l'objet ciblé "rarement", "souvent", ou si elle était "non applicable". Un tableau rassemblait les scores de chaque critère afin d'avoir une vision globale de l'évaluation du fauteuil.

Questionnaires utilisateurs

Afin d'évaluer les objets cibles, l'outil était constitué de questionnaires pour l'utilisabilité, l'utilité et le risque. Les items étaient adaptés en français à une situation domestique, avec une échelle d'accord de type Likert sur le même modèle que le SUS et le CSUQ originaux. Les questionnaires étaient soumis au format *papier-crayon*.

- CSUQ

Le CSUQ, décrit dans le Chapitre 1, a été utilisé pour appréhender la sous-dimension *utilité perçue* (8 items). Cependant le questionnaire complet (19 items) a été proposé afin de préserver son intégrité, et d'avoir un aperçu des deux autres sous-dimensions, *qualité de l'interface* et *de l'information* sur des cibles non-informatiques.

Les items étaient adaptés en français pour évaluer des fauteuils (Annexe 8). Un test de cohérence interne des items a été effectué pour chaque dimension et avec chaque objet. L'alpha de Cronbach était compris respectivement entre α = .92 et α = .95 pour l'utilité perçue, entre α = .84 et α = .91 pour la qualité de l'information, et entre α = . 87 et α = .91 pour la qualité de l'interface. Le CSUQ complet était compris entre α = .94 et α = .97.

- SUS

Le SUS, présenté dans le Chapitre 1, évalue *l'utilisabilité*. Les 10 items ont été adaptés en français pour évaluer des fauteuils de bureau. Un test de cohérence interne des items adaptés (cf. Annexe 8) a été effectué sur les évaluations de chaque objet. L'alpha de Cronbach était compris entre α = .88 et α = .91 (cf. Annexe 8).

- Questionnaire de Risque

Le questionnaire sur le *risque perçu* a été conçu pour les besoins de l'étude. Il était inspiré des items de l'étude préliminaire (Annexe 4) qui n'avait pas permis de différencier les objets sur les risques liés à la conception et à l'utilisation. Les nouveaux items évaluaient des risques liés (1) à un comportement inadapté, (2) à un usage non prévu, (3) à une caractéristique propre, (4) à une utilisation normale. Pour chaque item le participant devait indiquer son accord sur une échelle allant de 1 à 5 (Tableau 2).

Un test de cohérence interne a été effectué sur les évaluations de chaque objet. L'alpha de Cronbach était compris respectivement entre α = .66 et α = .75 (cf. Annexe 8).

Tableau 2 : Questionnaire utilisateur d'évaluation du risque

		Pas du tout d'accord				Tout à fait d'accord
A	Il faut avoir un comportement adapté pour utiliser ce fauteuil en toute sécurité	1	2	3	4	5
B	Ce fauteuil peut être dangereux si on l'utilise pour un usage non prévu	1	2	3	4	5
C	A l'observation, ce fauteuil semble présenter un risque	1	2	3	4	5
D	Lors de l'utilisation de ce fauteuil, j'ai perçu un risque	1	2	3	4	5

Echelles de classement

Quatre échelles étaient proposées pour classer les 10 fauteuils initiaux sur les 4 dimensions : Risque, Utilisabilité, Utilité, Acceptabilité (Annexe 9). Par exemple, les 10 fauteuils étaient classés du plus utilisable au moins utilisable sur l'échelle d'utilisabilité. Réaliser un tel classement implique de comparer les objets entre eux, contrairement aux questionnaires qui consistent à évaluer les objets successivement, indépendamment les uns des autres (en théorie).

Procédures et déroulement de l'expertise

L'expertise s'est déroulée sur deux jours. Les expertises individuelles ont eu lieu le premier jour. Les classements communs ont eu lieu le second jour. Les sous-parties suivantes détaillent les procédures appliquées à chaque étape. Pour le classement collectif la description de la procédure est accompagnée d'une description du déroulement de l'activité collaborative mise en œuvre.

Expertises individuelles : Evaluation successive des fauteuils

Après une présentation de l'étude et des outils d'évaluation, chaque expert était installé dans un espace individuel. Les dossiers d'évaluation vierges et des stylos étaient disposés sur chaque bureau. Les experts avaient pour consigne de prendre le temps nécessaire à l'évaluation successive de chaque fauteuil. Chaque expert était libre de sa manipulation sur le fauteuil pour répondre précisément aux questionnaires. Un ordre d'inspection des fauteuils lui était attribué (sur les trois ordres préétablis), avec la consigne de passer au fauteuil suivant si un fauteuil désigné était déjà en cours de test, puis d'y revenir ensuite.

Expertises individuelles : Classement des fauteuils

Lorsque les fauteuils ont été évalués, chaque expert effectuait les classements des fauteuils dans 4 dimensions (utilité, utilisabilité, risque, acceptabilité). Il avait à disposition un visuel (format A5) de chaque fauteuil présenté sous 4 angles de vue afin de l'aider à effectuer les classements. Il avait libre accès aux fauteuils et à ses questionnaires préalablement remplis, avec la consigne de ne pas traduire strictement les scores des évaluations antérieures en classements.

Expertise collective : Classement commun

Tout d'abord les résultats des expertises individuelles ont été présentés aux experts et sont restés à leur disposition tout le temps de la tâche de classement. Ensuite les experts ont réalisé le classement des fauteuils dans chaque dimension. Ils étaient libres de débattre et de manipuler les fauteuils.

Déroulement

Les divergences des évaluations individuelles ont été résolues avec la réalisation d'un classement commun pour différencier les fauteuils. Les experts avaient les fauteuils à leur disposition afin d'effectuer collectivement des observations et des essais. Pour compléter

chaque échelle de classement, les experts pouvaient essayer chaque fauteuil, et les évaluer sur la base de l'utilisation et de l'observation. Ils se sont parfois photographiés mutuellement dans l'utilisation de certains fauteuils, afin d'alimenter les réflexions sur des questions de posture et d'accès aux commandes.

Les experts ont classé les fauteuils en les manipulant directement, en constituant d'abord des groupes (e.g. bons, moyens, mauvais), puis en les ordonnant au sein des groupes. Les échelles de classements ainsi établies collectivement ont ensuite servi de base à la sélection des fauteuils expérimentaux.

Mesures

L'expertise a été réalisée à l'aide de 3 participants. Aucun test statistique n'était envisagé. En revanche les données devaient être comparées visuellement. Pour faciliter la lecture, les échelles des questionnaires présentés ci-dessous ont été recodées de 1 (évaluation négative) à 10 (évaluation positive).

Guide heuristique

Pour chaque item, les modalités de réponse « souvent » et « rarement » étaient codées respectivement 1 et 0. Pour chaque sous-dimension du guide, une moyenne était calculée à partir des items qu'elle comportait. Enfin la somme de chacune de ces moyennes donnait un score total d'utilisabilité allant de 0 à 10.

Dimension Utilisabilité du questionnaire utilisateur

A partir des échelles d'accord des 10 items du SUS, les items négatifs sont re-polarisés positivement, puis l'application d'une formule donne le score d'utilisabilité allant de 0 à 100 (Pour le détail du calcul, cf. *Chapitre 1, le Système Usability Scale*). Un score élevé correspond à une évaluation positive de l'utilisabilité.

Dimension Utilité du questionnaire utilisateur

Le score d'utilité allant de 1 à 7 a été calculé en faisant la moyenne des items 1 à 8 du CSUQ. Un score élevé correspond à une évaluation positive de l'utilité.

Dimension Risque du questionnaire utilisateur

Le score de risque (1 à 5) a été calculé en inversant les échelles de chaque item puis en calculant leur moyenne. Ainsi, conformément aux autres questionnaires, un score élevé correspondait à une évaluation positive (la perception d'un faible risque).

Les échelles de classement

Pour chaque dimension (utilité, risque, utilisabilité et acceptabilité), une des 10 positions de l'échelle était attribuée à chaque fauteuil. Par exemple sur la dimension Utilité, les fauteuils étaient classés du plus utile (n°1) au moins utile (n°10).

2.2. Résultats de l'expertise

Résultats des évaluations individuelles

Une inspection graphique a été réalisée pour l'analyse des résultats (cf. Figure 16). L'analyse suggère que les fauteuils ont été différenciés sur l'utilisabilité, le risque et l'utilité. En outre l'évaluation de l'utilisabilité a discriminé les fauteuils de manière proche pour les 3 outils : CSUQ complet, SUS, Guide heuristique. Cette similarité soulignait la possibilité d'évaluer l'utilisabilité avec un nombre restreint d'items, comme c'est le cas avec le SUS.

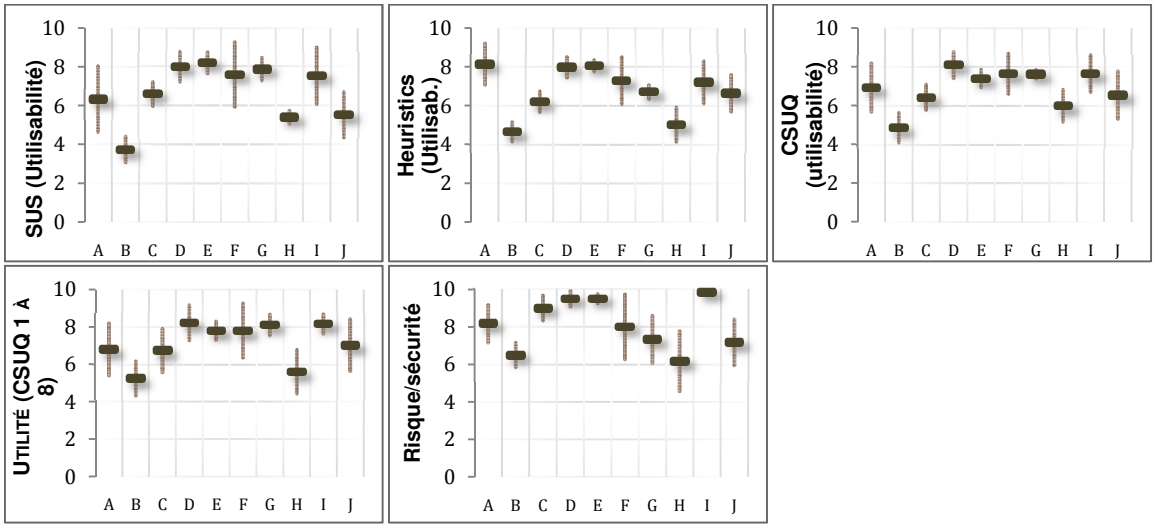


Figure 16 : Scores moyens (de 0 à 10) (et écarts-types) des fauteuils pour chacun des 3 questionnaires d'utilisabilité (en haut), et pour les questionnaires d'utilité et de risque (en bas). Les fauteuils sont identifiés par les lettres de "a" à "j". Plus le score est élevé, plus l'évaluation est positive.

Résultats des classements individuels et collectifs

L'analyse des résultats issus des classements communs a été réalisée à partir des graphiques présentés en Figure 17.

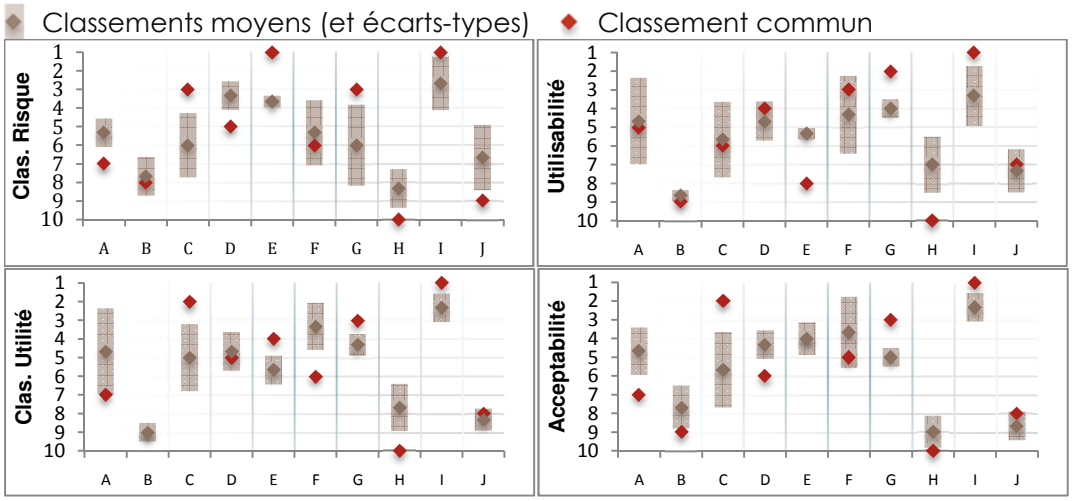


Figure 17 : Classements moyens (écarts-types) et communs de chaque fauteuil dans chaque dimension : Utilisabilité, Risque, Utilisabilité et Acceptabilité (Plus le point est haut, plus le classement est favorable)

Dans l'ensemble, les classements communs étaient souvent proches des classements individuels moyens. En outre le classement Utilisabilité différenciait les objets de façon analogue au SUS (cf. Figure 16). Par exemple dans les deux systèmes d'évaluations, les

fauteuils "b, h et j" étaient les plus faibles, les "d, f, g et i" bénéficiaient des meilleures évaluations. En revanche, le consensus a déclassé le fauteuil "e" qui était pourtant bien positionné dans tous les classements individuels. Dans l'ensemble les classements individuels et le classement commun étaient cohérents entre eux, cependant l'évaluation a été affinée sensiblement avec la recherche d'un consensus.

Pour l'ensemble des fauteuils, les classements sur les dimensions Utilisabilité, Utilité et Acceptabilité étaient assez proches. Cette observation est compatible avec le modèle de Nielsen (1993), selon lequel l'acceptabilité est en partie déterminée par l'utilité pratique, elle-même déterminée en partie par l'utilisabilité. Cependant deux exceptions à ce modèle concernent le fauteuil "a" qui est mieux classé sur utilisabilité que sur les autres dimensions, et le "e" qui est moins bien classé sur l'utilisabilité que sur les autres dimensions.

2.3. Choix des fauteuils expérimentaux et discussion

L'objectif de la phase 1 était de sélectionner pour la phase 2 des fauteuils présentant des écarts singuliers entre eux. Les écarts entre d'une part les fauteuils "h et i", et d'autre part les fauteuils "a et e" (cf. Figure 17 et Figure 18) ont semblé originaux.

Pour le choix des fauteuils "i" et "h", sur chaque dimension, le fauteuil "i", était classé premier tandis que le "h" était classé dernier, ce qui présentait un pattern contrasté entre ces deux fauteuils.

Pour le choix des fauteuils "a" et "e", ces fauteuils étaient classés respectivement dans la moitié basse et la moitié haute des classements utilité, risque et acceptabilité. Cependant leurs classements relatifs étaient inversés pour l'utilisabilité. Cette inversion constituait un pattern original étant donné que le classement sur l'utilisabilité ne suivait pas le classement des autres dimensions (utilité, risque, acceptabilité)

Classement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RISQUE PERCU	i	e	c	g	d	f	a	b	j	h
UTILISABILITE	i	g	f	d	a	c	j	e	b	h
UTILITE PERCUE	i	c	g	e	d	f	a	j	b	h
ACCEPTABILITE	i	c	g	e	f	d	a	j	b	h

Figure 18 : Classement commun des fauteuils selon 4 dimensions. Les 4 fauteuils sélectionnés sont mis en valeur sur les 4 dimensions, avec une couleur propre à chacun.



Figure 19 : Visuels (partiels) des 4 fauteuils sélectionnés.
Pour chaque fauteuil, seules 2 photos sont présentées contre 4 sur le visuel original.

Certains écarts observés au sein des évaluations individuelles et au sein des classements individuels, traduisent une part importante de subjectivité dans l'évaluation malgré un outillage conséquent. Selon Nielsen (1992), un spécialiste en utilisabilité est en mesure de détecter près de 40% des problèmes d'utilisabilité sur un dispositif évalué. Il faut 15 spécialistes pour détecter 100% des problèmes. Ce constat pointe une hétérogénéité entre les experts. Les écarts observés dans l'étude, bien que contenus, soulignent l'importance de combiner plusieurs expertises. En outre la recherche d'un consensus entre les experts est l'occasion d'une nouvelle réflexion sur les objets évalués. Par exemple dans cette étude, certains objets ont été reclassés de manière importante. Cependant, Schmettow et al. (2014) ont montré qu'une expertise ne couvre pas toutes les problématiques d'utilisation. La

combiner avec une autre méthode, telle qu'un test utilisateur, conduit à une description plus complète d'un dispositif cible. Les 4 objets sélectionnés par les experts en phase 1 ont été évalués par des utilisateurs en phase 2 présentée ci-dessous. Les divergences entre experts et utilisateurs sont discutées à la fin du chapitre.

3. PHASE 2 : Test utilisateur

En amont de la conception il est possible d'évaluer un objet en observant une interaction présentée virtuellement. Contrairement à une évaluation dans un environnement réel, l'utilisateur ne peut avoir aucun contact avec l'objet. Cependant des auteurs (e.g. Hard et al., 2011 ; Proust, 2000 ; Lozano et al., 2007) ont montré que l'observateur d'une action est en mesure de se représenter la scène d'activité selon la perspective d'un acteur. Par conséquent un utilisateur serait en mesure d'évaluer une scène à partir de l'observation de l'action au même titre que la réalisation de l'action.

La première phase de l'étude a abouti à la sélection de 4 fauteuils différenciés sur les dimensions utilisabilité, utilité, risque et acceptabilité. Lors de la seconde phase ces fauteuils ont été présentés en situation d'interaction à des utilisateurs-évaluateurs. Ces derniers tenaient un rôle soit d'acteurs soit d'observateurs de l'interaction. L'effet de cette différence de rôle sur l'évaluation de ces fauteuils était attendu.

Les deux modalités de la variable rôle (Acteur vs. Observateur) ont été opérationnalisées de la façon suivante.

Pour le rôle d'Acteur, "le participant agit" sur ou avec l'objet cible. Le participant utilise les 4 fauteuils selon un même scénario.

Pour le rôle d'Observateur, "le participant observe" un autre participant de la condition Acteur qui utilise les fauteuils cibles. Afin de préserver les comportements des acteurs,

l'observation via un enregistrement audiovisuel a été choisie plutôt qu'une observation directe. Après l'élimination de certaines vidéos présentant des incidents (e.g. langage grossier, jugement oral sur les fauteuils), seules les vidéos de 10 acteurs ont été utilisées pour le visionnage par les observateurs. Pour chaque observateur et chaque objet évalué, une vidéo d'un acteur a été tirée au sort.

Un participant évaluait chaque fauteuil après l'avoir utilisé ou après avoir visionné son utilisation. Lorsque tous les fauteuils étaient évalués le participant devait classer les fauteuils sur les dimensions utilisabilité, risque, utilité, et acceptabilité.

Hypothèses

La première hypothèse concernait la différenciation des objets. Les objets ont été préalablement sélectionnés sur la base d'une forte discrimination entre eux dans chaque dimension (phase 1). La première hypothèse était que les utilisateurs-évaluateurs discriminent les objets entre eux dans chaque dimension.

La seconde hypothèse concernait l'effet du rôle sur l'évaluation des objets. L'utilisateur entretient un rapport direct à l'objet qu'il utilise, il bénéficie d'une perception visuelle mais aussi physique. Au contraire l'observateur n'a qu'une perception visuelle de l'objet. Cette différence de perception pourrait être à l'origine d'un biais acteur/observateur décrit par Jones et Nisbett (1972). Selon ces auteurs, un acteur explique une difficulté d'utilisation en s'appuyant sur des causes situationnelles (e.g. les fauteuils sont compliqués à utiliser) tandis qu'un observateur s'appuie sur des causes dispositionnelles (e.g. l'acteurs est maladroits). Autrement dit, dans une situation d'utilisation d'objets, les difficultés sont plus souvent attribuées à l'objet par l'acteur que par l'observateur. Par conséquent la seconde hypothèse était que l'utilisabilité, le risque et l'utilité d'un objet sont évalués plus favorablement par un observateur que par un acteur.

3.1. Méthode

Participants

Quarante-et-un adultes en activité de travail (22 femmes et 19 hommes) ont participé à l'expérimentation en tant qu'utilisateurs. L'âge moyen des participants était de 40.5 ans (*ET* = 11.5), et la taille moyenne était de 172 cm (*ET* = 8.5). Les participants volontaires ont été recrutés au sein du personnel du FCBA, en dehors du service de mise en conformité des fauteuils. La passation, non rémunérée, était réalisée sur le temps de travail.

Matériel

Fauteuils

Quatre fauteuils (cf. Figure 19) présentant des caractéristiques communes ont été sélectionnés à l'aide d'une expertise (phase 1). Ces objets ont été placés en situation d'interaction puis évalués par chaque participant. Pour chaque fauteuil, un visuel au format A5 (15*21 cm) sous 4 angles de vue a été réalisé.

Espace de test

L'espace de test était aménagé dans une salle d'environ 20m^2 présenté sur le plan de la Figure 20. Un paravent séparait l'espace pour stocker les fauteuils testés à l'abri des regards. La scène d'utilisation était constituée de 3 postes prévus pour réaliser des activités différentes (cf. Figure 20 et Figure 21). (1) *Un poste informatique*, est composé d'une table "basse" de 70 cm de hauteur et d'un ordinateur de bureau fonctionnel ; (2) *Un poste de dessin,* est composé d'une table ovale "haute" de 80 cm de hauteur, d'un carnet de feuilles, d'un double décimètre, d'un stylo à bille, et d'une lampe avec abat-jour ; (3) *Un poste de lecture*, est composé d'une petite commode de 70 cm de hauteur sur laquelle est posé un livre.

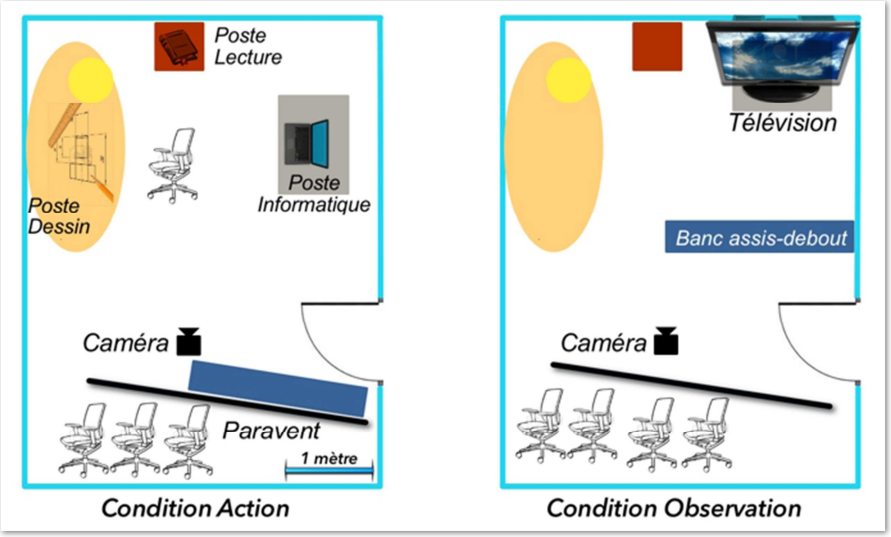


Figure 20 : Plan des espaces de test. En condition action les 3 postes incitaient à réaliser des réglages du fauteuil pour être installé confortablement. En condition Observation le banc assis-debout permettait d'être bien en face du téléviseur. Dans les deux conditions les questionnaires étaient complétés sur le poste à dessin et le fauteuil d'essai.



Figure 21 : Visuel de l'espace de test issu d'une vidéo de pré-test.
Ce visuel correspond à l'espace de test en condition action.
Le fauteuil visible sur la photo est celui utilisé par les participants durant la phase d'entrainement.

Les scénarios étaient joués par les participants Acteurs qui étaient filmés à l'aide d'un appareil photo numérique (Fujifilm X10) fixé sur un pied (hauteur 1.5 m). Les participants Observateurs ont visionné ces enregistrements sur un téléviseur 116 cm (Samsung UE46EH5000). Les participants Observateurs étaient également filmés afin de contrôler l'effet éventuel du dispositif de capture audiovisuelle.

Scénario

Le scénario consistait à s'installer (1) au poste informatique pour écrire son prénom à l'ordinateur, (2) au poste à dessin pour tracer un trait à la règle, puis (3) au poste de lecture pour lire un livre avec le dossier incliné (cf. Figure 21). Chaque tâche impliquait au moins deux des fonctions suivantes communes aux fauteuils cibles : réglage hauteur d'assise, réglage hauteur des accotoirs, inclinaison du dossier, roulement.

Guide d'utilisation des fauteuils de bureau

Un guide général présentait les fonctions habituelles et les recommandations d'utilisation des fauteuils de bureau. L'objectif était d'assurer aux participants une base de connaissance commune sur les objets évalués. Ce guide présenté en Annexe 6 rassemblait une partie des informations présentes dans le guide des experts, à savoir les documents issus de l'INSERM et de l'INRS.

Questionnaire utilisateur

Les questionnaires d'utilisabilité (SUS), d'utilité (dimension 1 du CSUQ) et de risque, présentés en phase 1 ont été utilisés en phase 2. Le CSUQ utilisé pour sa sous-dimension utilité a été soumis en entier.

Echelles de classement (version utilisateurs)

Les fauteuils étaient ordonnés sur les échelles de classement selon 4 dimensions : Risque, Utilisabilité, Utilité perçue, Acceptabilité. Chaque dimension était introduite par une question (e.g. pour l'utilisabilité : « Quel est le fauteuil le plus facile à utiliser ?»). Le participant devait ordonner les fauteuils dans l'ordre, de celui qui répondait le mieux, à celui qui répondait le moins bien à la question (cf. Annexe 9).

Plan expérimental et procédure

Chaque participant évaluait tous les fauteuils avec un rôle soit d'Acteur soit d'Observateur. Le facteur rôle était inter-participant.

En condition Acteur le participant réalisait le scénario d'utilisation pour chaque fauteuil. En condition Observateur le participant visionnait un film issu de la condition Acteur pour chaque fauteuil. Dans une phase d'entrainement préalable avec un fauteuil d'essai, l'utilisateur se familiarisait avec le scénario, les fonctionnalités de base des fauteuils testés et le questionnaire d'évaluation.

Le participant était invité à s'installer sur un fauteuil d'essai devant le poste de dessin. Après une présentation de l'étude, il était invité à consulter *le guide d'utilisation des fauteuils de bureau* puis il réalisait la phase d'entrainement. Ensuite, successivement pour chaque fauteuil, le participant réalisait ou visualisait (selon son rôle) le scénario d'utilisation. Chaque étape du scénario était indiquée oralement par l'expérimentateur. Puis le participant répondait au questionnaire à l'aide du visuel du fauteuil. Lorsque tous les fauteuils étaient évalués, le participant (acteur ou observateur) complétait les échelles de classements à l'aide des visuels de chaque fauteuil.

Mesures

Les dimensions mesurées à l'aide du questionnaire utilisateur

Les scores d'utilité (1 à 7), d'utilisabilité (0 à 100) et de risque (1 à 5) ont été calculés selon les méthodes décrites en phase 1.

Les échelles de classement

Pour chaque dimension (utilité, risque, utilisabilité et acceptabilité), une des 4 positions de l'échelle était attribuée à chaque fauteuil, de la plus favorable (1) à la moins favorable (4).

3.2. Résultats

Deux analyses ont été réalisées sur les résultats obtenus respectivement avec les questionnaires et les échelles de classement. Les analyses mentionnées sont présentées en Annexe 10.

La première analyse portait sur l'effet de chacun des facteurs sur chacune des dimensions d'évaluation du questionnaire. Les résultats sont reportés sur la Figure 22. Les tests statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général).

La seconde analyse portait sur les échelles de classements dont les résultats sont présentés Figure 23. Elle visait à confirmer la discrimination des objets observés pour chaque dimension du questionnaire. Les tests statistiques non paramétriques ont été effectués à l'aide du logiciel Statistica 10, par une ANOVA de Friedman.

Analyse des évaluations par questionnaires

Les questionnaires visaient à observer la différenciation des fauteuils sur les dimensions Utilisabilité, Risque et Utilité. Les résultats sont reportés sur la Figure 22.

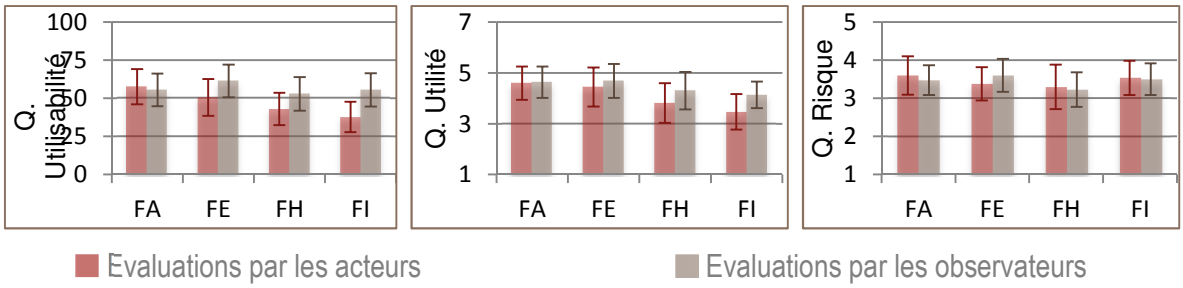


Figure 22 : Moyennes (et écarts-types) des évaluations pour chaque fauteuil, en fonction du rôle (Acteur vs. Observateur) des évaluateurs. Les 3 graphiques présentent respectivement les résultats des questionnaires sur les dimensions utilisabilité, risque et utilité.

Utilisabilité (SUS)

L'analyse des résultats a révélé un effet significatif du rôle et des objets sur l'évaluation de l'utilisabilité (respectivement $F(1, 39) = 4.46$, $p < .05$, *éta² partiel* = .10 ; $F(1, 39) = 2.90$. $p < .05$, *éta² partiel* = 0.07). Concernant l'effet du rôle, les observateurs ont évalué l'utilisabilité des objets plus positivement que les acteurs. L'utilisabilité des fauteuils FA, FE, FH et FI a été perçue différemment, cependant un test de Scheffé n'a pas mis en évidence de différence entre les fauteuils 2 à 2 (Annexe 10). Aucune interaction entre les facteurs n'était significative.

Utilité (dimension 1 du CSUQ)

L'analyse des résultats a révélé un effet significatif des objets sur l'évaluation de l'utilité ($F(1, 39) = 4 .58$, $p < .01$, *éta² partiel* = 0.10). L'utilité des fauteuils FA, FE, FH et FI a été perçue différemment Les fauteuils ont été comparés 2 à 2 à l'aide d'un test de Scheffé qui a mis en évidence une différence significative entre le fauteuil FA et respectivement les fauteuils FH ($p<.05$) et FI ($p<.01$). Aucun effet du rôle n'a été observé sur l'utilité ($F(1, 39) = 1.56$, $p = .22$). Aucune interaction entre les facteurs n'était significative.

Risque

L'analyse des résultats n'a révélé aucun effet significatif du rôle ($F(1, 39) < 1$), ni des objets ($F(1, 39) = 1.65$, $p = .18$) sur l'évaluation du risque. Aucune interaction entre les facteurs n'était significative.

Analyse des échelles de classement

Les échelles de classement visaient à observer la différenciation des fauteuils sur les dimensions Utilisabilité, Sécurité (risque), Utilité et Acceptabilité. Les résultats sont reportés Figure 23.

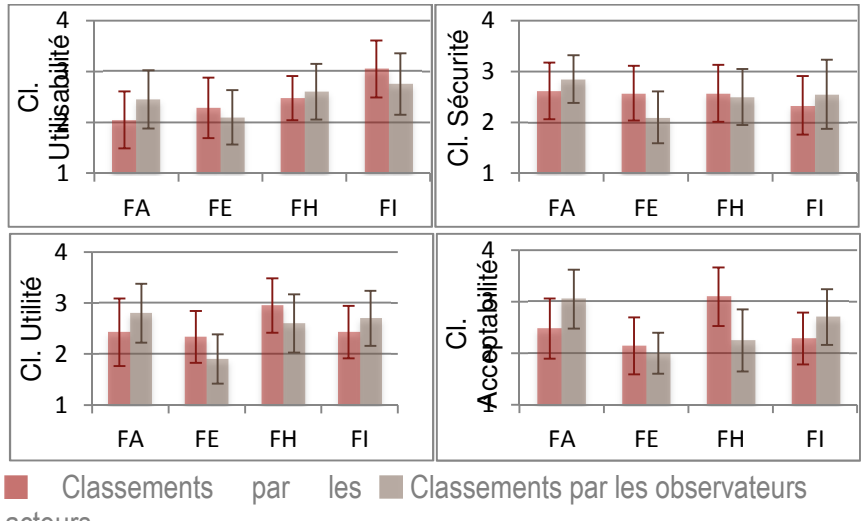


Figure 23 : Moyennes (et écarts-types) des classements de chaque fauteuil (de la position 1 pour le mieux perçu, à 4 pour le moins bien perçu), en fonction du rôle (acteurs vs. Observateur) des évaluateurs. Les 4 graphiques présentent respectivement les résultats sur les dimensions utilisabilité, sécurité (risque), utilité et acceptabilité.

Utilisabilité

L'analyse des classements sur l'Utilisabilité n'a révélé d'effet significatif des fauteuils ni en condition Acteur, ni en condition Observateur (respectivement, *ANOVA du Chi*^{2}(N = 21, dl = 3) = 6.82, p = .08 ; *ANOVA du Chi*^{2}(N = 20, dl = 3) = 2.73, p = .43).

Risque

L'analyse des classements sur le Risque n'a révélé d'effet significatif des fauteuils ni en condition Acteur, ni en condition Observateur (respectivement, *ANOVA du Chi*^{2}(N = 21, dl = 3) = 0.74, p = .86 ; *ANOVA du Chi*^{2}(N = 20, dl = 3) = 3.42, p = .33).

Utilité

L'analyse des classements sur l'Utilité n'a révélé d'effet significatif des fauteuils ni en condition Acteur, ni en condition Observateur (respectivement, *ANOVA du Chi*^{2}(N = 21, dl = 3) = 2.89, p = .41 *ANOVA du Chi*^{2}(N = 20, dl = 3) = 6.00, p = .11).

Acceptabilité

L'analyse des classements sur l'Acceptabilité n'a révélé d'effet significatif des fauteuils ni en condition Acteur, ni en condition Observateur (respectivement, *ANOVA du Chi*^{2}(N = 21, dl = 3) = 6.53, p = .088 ; *ANOVA du Chi*^{2}(N = 20, dl = 3) = 7.86, p = .049).

3.3. Discussion

L'objectif premier de cette étude était d'observer l'effet du rôle des utilisateurs sur l'évaluation des objets dans les dimensions utilisabilité, utilité et risque. Un second objectif consistait à valider une méthode et des outils d'évaluation adaptés à des objets du quotidien.

Tout d'abord, cette étude a révélé une bonne homogénéité dans les différentes dimensions mesurées par les questionnaires, mais aussi une bonne cohérence globale des outils de mesure. Ils constituaient des modèles sur lesquels les études suivantes pouvaient s'appuyer.

Les évaluations de l'utilisabilité ont été plus positives en condition visualisation qu'en condition manipulation. En outre les évaluations sur les dimensions Utilisabilité et Utilité ont été sensibles aux fauteuils. Ce n'est donc pas le type d'objet *fauteuil de bureau* qui a été évalué globalement, autrement dit la méthode et les questionnaires ont produit des évaluations propres à chaque fauteuil. Cependant seule l'utilité a révélé une différence significative entre des fauteuils comparés 2 à 2. Par conséquent, les effets du facteur *fauteuil* sur l'utilisabilité sont à considérer avec prudence. En outre pour chaque dimension, les questionnaires ont donné lieu à des évaluations cohérentes avec les classements réalisés, bien que ces derniers n'aient pas révélé de différences significatives entre les fauteuils.

Sur la dimension Risque les utilisateurs n'ont pas été en mesure de différencier les fauteuils, ni avec les questionnaires, ni avec les échelles de classement, et ce quel que soit le

rôle. Pourtant les fauteuils sélectionnés étaient différenciés par l'expertise. L'incapacité des participants à discriminer le risque peut être due à l'outil, mais aussi au scénario qui n'aurait pas soumis une utilisation des fauteuils donnant à voir du risque, auquel cas les utilisateurs n'auraient pas été sensibles au risque. Autrement dit un utilisateur n'évaluerait pas spontanément l'objet dans toutes les dimensions possibles. Conformément à Chaigneau et al. (2009), la représentation d'un objet est dépendante de l'environnement et de l'utilisation. C'est-à-dire que la confrontation à une situation donnée ou à un comportement donné conduit l'utilisateur à se représenter certains attributs d'un objet. Dans la scène expérimentale, il n'y avait pas d'action ni de configuration environnementale suggérant un risque lié à l'utilisation normale ou détournée des fauteuils. L'évaluation du risque ne reposait pas sur une représentation clairement définie des objets dans cette dimension.

En revanche, la scène permettait d'appréhender la manipulation des commandes, le confort d'assise, le jugement esthétique et l'utilisation dans un contexte classique d'activités de bureau. Les caractéristiques liées à l'Utilisabilité et l'Utilité des fauteuils étaient suffisamment visibles et perçues pour produire un jugement. Par ailleurs, l'effet du rôle sur l'évaluation de l'utilisabilité met en évidence une différence dans la perception des attributs nécessaires à l'évaluation de l'utilisabilité. Cette différence de perception est compatible avec l'hypothèse s'appuyant sur un biais acteur/observateur (Jones & Nisbett, 1972). Cette hypothèse décrivait une évaluation des objets plus positive pour les observateurs que pour les acteurs. En outre la condition observation reposait sur une vidéo de qualité médiocre (image peu définie, légèrement floue, cf. Figure 21). Or dans une étude sur la fidélité de la présentation d'un objet, Sauer, Seibel et Rüttinger (2010) ont mis en évidence un effet de la qualité de la fidélité de la présentation d'un objet sur l'évaluation de l'utilisabilité. Un objet présenté avec une fidélité faible (e.g. un dessin) était évalué plus positivement qu'un objet présenté avec une fidélité élevée (e.g. un objet réel). Les auteurs expliquent cet effet

notamment par une compensation de déficit perceptif, relatif dans ce cas aux attributs de l'utilisabilité. Au contraire, l'absence d'effet du rôle sur la dimension Utilité pourrait être expliquée notamment par une perception similaire des attributs nécessaires à l'évaluation de l'utilité. L'utilité perçue renvoie notamment à la croyance selon laquelle un dispositif aide à réaliser une tâche donnée (Davis, 1989). Cette croyance pourrait être plus basée sur des caractéristiques globales ou perçues visuellement que sur l'expérience d'utilisation. Ceci expliquerait la faible différence entre acteurs et observateurs.

Enfin, les évaluations produites par les utilisateurs (Figure 22) n'ont pas réitéré le classement des experts (Figure 18). Concernant l'Utilisabilité en particulier, cette observation allait dans le sens de l'étude de Helander (2010), qui soutient que l'utilisateur n'est pas en mesure d'évaluer l'ergonomie d'un objet. Cependant Schmettow et al. (2014) ont montré au contraire que les évaluations des experts et des utilisateurs pouvaient être complémentaires. Dans leur étude, les comparaisons se faisaient sur la base du nombre de problèmes détectés, or certains problèmes n'avaient été détectés que par les tests utilisateurs tandis que d'autres problèmes n'avaient été détectés que par les expertises. Par ailleurs, la différence d'évaluation des fauteuils entre utilisateurs et experts peut être expliquée également par une différence de méthode. Notamment, les experts n'étaient pas contraints à un scénario et ont pu effectuer des tests adaptés pour produire un jugement, en particulier sur le risque.

4. Perspectives

L'exposition au risque est supposée relativement contrôlée dans un environnement de travail normal. Dans le scénario de bureau utilisé ici, il n'était pas simple d'intégrer du risque sans induire une focalisation sur cette dimension (tout pourrait paraitre dangereux). De plus, le contraste entre les objets cibles sur la dimension risque n'était peut-être pas suffisant. Une

nouvelle méthode pourrait être testée sur une base comparative, avec par exemple des objets de référence très sécurisés vs. très dangereux, auquel cas l'objet cible pourrait être situé entre ces deux extrêmes par l'utilisateur.

En outre, les différences observées sur l'ensemble des dimensions entre les experts et les utilisateurs étaient difficiles à analyser. Ces différences d'évaluation pouvaient être dues notamment à des différences d'outils, de méthode ou de compétence particulière. A priori l'utilisateur est moins bien informé que les ergonomes sur la gestion du risque. Cependant, dans le milieu des entreprises, les dirigeants et les salariés sont sensibilisés aux risques avec de mesures telles que la formation de Sauveteur Secouriste du Travail (SST) ou la constitution du « document unique de sécurité » (cf. INRS, 2015). Des mesures équivalentes pourraient être imaginées pour appréhender le risque (ou une autre dimension) de l'habitat ou des équipements.

Concernant les outils d'évaluation utilisés, sur chaque dimension les experts et les utilisateurs ont discriminé les objets différemment. Par exemple l'utilisabilité du fauteuil « I » a été bien perçue par les experts, mais mal perçue par les utilisateurs. Les questionnaires sont des outils discriminants, mais ils n'apportent pas une visibilité précise sur les points de différence entre les objets. Par exemple les experts avaient 10 fauteuils à évaluer, un guide plus détaillé de *bonne utilisation des fauteuils*, ainsi qu'une évaluation heuristique préalable. Ces conditions auraient pu impacter leurs représentations des fauteuils. Autrement dit, vis-à-vis des utilisateurs, les experts étaient en condition pour avoir une représentation différente, voire plus détaillée, des fauteuils. La compréhension fine des différences entre les experts et les utilisateurs aurait nécessité une analyse qualitative, pour comparer par exemple les critères de jugement.

Enfin, concernant les cibles, pour réaliser les classements, chaque objet était perçu en fonction de 9 autres objets pour les experts, contre seulement 3 autres objets pour les

utilisateurs. Les conditions d'évaluations étaient différentes. En outre, si un biais était induit par un des objets évalués, ce biais aurait d'autant plus d'impacts sur la globalité d'une étude que le nombre d'objets est faible. Autrement dit le nombre de 4 objets à évaluer n'était peut-être pas suffisants pour s'approcher du classement des experts ou pour observer des effets solides de variables. Les études suivantes (cf. Chapitre 5) devaient impliquer plus d'objets à évaluer avec une durée de passation contenue. Ces contraintes impliquaient notamment de prévoir plusieurs scénarios d'utilisation et de construire un questionnaire plus court. Enfin l'évaluation d'objets plus variés pouvait produire des effets plus contrastés, et compenser un éventuel biais produit par le type d'objet sur une dimension donnée.

Chapitre 5.
Effets du rôle, du cadrage vidéo et du contexte d'utilisation sur l'évaluation

L'évaluation virtuelle consiste à présenter à un utilisateur-évaluateur l'utilisation d'un dispositif par un avatar. Cette situation implique (1) que l'utilisateur évalue le dispositif en tenant un rôle d'observateur, (2) de déterminer un cadrage vidéo approprié, (3) de déterminer un contexte approprié aux observations visées.

Plus précisément, une situation virtuelle implique tout d'abord pour l'utilisateur de ne pas pouvoir interagir avec le dispositif évalué, au moins physiquement. En revanche, il est en mesure d'observer l'interaction entre l'avatar et le dispositif. Autrement dit dans une situation réelle l'utilisateur est acteur tandis qu'en virtuel il est observateur. En outre une interaction virtuelle peut être présentée avec un cadrage vidéo soit à la 1ère soit à la 3ème personne. Ces cadrages correspondant aux perspectives respectivement d'un acteur virtuel (l'avatar) ou d'un observateur virtuel. Enfin une interaction peut être réalisée ou présentée dans un environnement plus ou moins contextualisé. Or, différents auteurs (e.g. Holmes & Sholl, 2005 ; Horst et al., 2011 ; Chemlal & Cordier, 2006 ; Kjeldskov, & Skov 2007 ; Barcenilla, & Bastien, 2009) ont souligné l'importance de considérer le contexte dans la représentation de dispositifs impliqués dans une interaction. Pour appréhender plus en détail les évaluations virtuelles (réalisées à partir d'environnements virtuels), les études présentées dans ce chapitre ont permis la manipulation du rôle de l'utilisateur, du cadrage vidéo et de la contextualisation sur l'évaluation.

Les résultats reportés dans l'étude préliminaire et dans le chapitre précédent permettent d'être optimiste respectivement sur deux principes d'une évaluation virtuelle : (1) la présentation du dispositif évalué peut être médiatisée à l'aide d'une projection sur un écran, et (2) l'évaluation de l'interaction peut être réalisée à partir d'une simulation mentale basée sur l'observation. Un des résultats reportés dans le chapitre précédent était un effet du rôle sur l'évaluation de l'utilisabilité de fauteuils de bureau. Les observateurs ont évalué plus positivement l'utilisabilité des objets que les acteurs. Un autre résultat, qui est en réalité une absence de résultat, concernait l'évaluation du risque, qui n'a permis de discriminer ni les objets ni les rôles. Deux explications ont été avancées. Le première serait une évaluation du risque relative au type d'objet, auquel cas les objets d'un même type ne sont pas différenciés sur le risque. La seconde serait l'absence de référence à un quelconque risque dans la scène, auquel cas les utilisateurs ne seraient pas sensibles à cette dimension. L'évaluation ergonomique consiste souvent à placer l'utilisateur dans une situation d'interaction avec le dispositif cible (Barnier & Barcenilla, 2003). Si une telle situation d'utilisation est favorable à la perception de qualités liées à utilisation, une situation présentant des risques pourrait favoriser la perception de qualités liées aux risques.

Lorsqu'un utilisateur interagit avec un dispositif, il est supposé notamment coder l'objet et l'environnement en mémoire, activer des représentations autour de l'objet, telles que son expérience, ses intentions et ses attentes (voir par exemple, Tijus & Cordier, 2003). Ces informations sont mobilisées afin de construire une représentation mentale de l'objet et de la situation. C'est à partir de cette représentation que l'utilisateur peut juger différentes qualités du dispositif dans les dimensions visées par une démarche ergonomique, telles que l'utilité ou l'utilisabilité (Tricot, 2003). Avec les technologies actuelles, il est possible de concevoir des situations d'évaluation, où un dispositif ciblé est placé dans un contexte réaliste sans

interaction avec l'objet ou l'environnement. C'est le cas par exemple avec un film ou une modélisation virtuelle.

Une différence majeure entre une évaluation avec interaction ou sans interaction (quelle que soit la configuration) concerne l'exposition de l'utilisateur vis à vis de l'action sur l'objet : il agit sur et avec l'objet ou l'environnement, ou il observe. Horst et al. (2011) ont montré par exemple que le codage en mémoire d'un environnement dépend de la tâche réalisée. En revanche l'observateur peut compenser l'absence d'interaction en simulant mentalement la perspective et l'action de l'acteur (Hard et al., 2006 ; Lozano et al., 2008).

Objectifs généraux

Le premier objectif de ce chapitre est de mettre en évidence que certaines qualités de l'ergonomie d'un objet évalué in situ se retrouvent dans des situations d'observation d'interaction. Le deuxième objectif est d'explorer les facteurs qui influencent l'évaluation ergonomique tels que la « dégradation » du contexte d'utilisation (ajout de facteurs gênants) ou le type d'objets à évaluer. Le troisième objectif est d'explorer l'effet du cadrage vidéo d'une interaction virtuelle. Ce cadrage peut être soit à la troisième personne, c'est-à-dire selon le point de vue d'un observateur, soit à la première personne, c'est-à-dire selon le point de vue de l'acteur. D'après Schober (1995), la prise de perspective de l'acteur est favorisée lorsque l'observateur partage son point de vue, ce qui est le cas d'une vidéo cadrée à la première personne. Par conséquent le cadrage pourrait impacter l'évaluation d'un objet. Conformément aux descriptions de l'Etude 1 sur l'effet du rôle sur l'évaluation de l'utilisabilité, et sur la théorie du biais acteur/observateur (Jones & Nisbett, 1972), l'évaluation d'un objet réalisée par un observateur est plus positive que celle réalisée par un acteur.

Les deux études présentées dans ce chapitre s'appuient sur la précédente méthode, mais avec un paramétrage différent. Tout d'abord l'appareillage expérimental a été spécialement

conçu pour ce type d'étude, à savoir des tests utilisateurs. Il était constitué d'un espace de vie (une cuisine ouverte sur un séjour) et d'un équipement scénique afin de maîtriser l'éclairage, la capture et la retransmission audio-visuelle. En outre, les évaluations portaient sur des objets divers et plus nombreux, dont certains ont présenté des difficultés d'utilisation lors d'une série de pré-tests du dispositif expérimental avec 4 participants. Enfin, dans ces deux études le contexte a été manipulé en dégradant l'environnement d'utilisation à l'aide de facteurs de risque validés par une experte de Calyxis : lumière faible, désordre, produits chimiques, mauvaise utilisation des dispositifs électrique, bruit.

1. ETUDE 2 : Impacts du rôle et du contexte sur l'évaluation d'objets de niveaux d'interaction différents

1.1. Objectifs et hypothèses

L'évaluation repose sur une représentation mentale de l'objet cible (Chapitre 2). Cette représentation est construite notamment à partir de l'expérience, de la perception sensorielle, du contexte, et elle peut évoluer lors de l'utilisation ou de l'évolution du contexte. En outre, en fonction du stade de développement du concept ciblé, l'évaluation peut reposer soit sur une interaction directe, soit sur l'observation d'une interaction virtuelle. Enfin, dans un environnement domestique, tous les objets n'ont pas le même statut vis-à-vis de l'interaction. Par exemple des objets *instruments*, impliqués activement dans une interaction et une transformation (e.g. rôtir, laver) peuvent être distingués d'objets *structurant l'espace,* tels que les meubles, dont les fonctionnalités sont souvent réduites (e.g. ouvrir/fermer), mais dont l'impact sur l'espace et sur l'activité est fort.

Le premier objectif de l'étude était de montrer que certaines qualités de l'évaluation ergonomique in situ peuvent être appréhendées dans des situations d'observation d'interaction. Le second objectif était d'explorer les facteurs susceptibles d'influencer l'évaluation ergonomique, en particulier la « dégradation » du contexte d'utilisation (ajout de facteurs gênants) ou le type d'objets à évaluer. Ces facteurs sont supposés avoir des effets sur la perception de différents attributs des objets (voir par exemple Lebon et al., 2008).

Hypothèses

Cette étude devait mettre en évidence les effets du rôle (Agir vs. Observer), du contexte (Neutre vs. Dégradé) et du type d'objet (Structurant vs. Instrument) sur les caractéristiques perçues des objets, à travers 4 dimensions d'évaluation de ces objets : l'utilisabilité, l'utilité, le risque et l'acceptabilité.

Hypothèse sur l'évaluation de l'utilisabilité

Conformément à l'étude précédente, l'évaluation de l'utilisabilité dépend du rôle des évaluateurs (avec ou sans interaction) : les observateurs évaluent l'utilisabilité plus favorablement que les acteurs.

Par ailleurs, l'utilisation de l'objet implique, outre l'observation, d'autres modalités sensorielles (e.g. toucher, kinesthésie). Autrement dit l'évaluation par les acteurs repose sur plus d'informations perceptives (data-driven) que l'évaluation par les observateurs, pour qui les informations heuristiques ont plus de poids. D'où l'hypothèse que les évaluations produites par les acteurs sont plus homogènes que celles produites par les observateurs.

Selon Nielsen (1993), une conception « minimale » pose moins de contraintes d'utilisation qu'une conception plus complexe. Par conséquent les objets *structurants*, de conception plutôt minimale, tels que certains meubles, sont évalués plus utilisables que les

objets *instruments,* plus complexes, tels que certains appareils électroménagers disposant de fonctionnalités ou de paramètres variés.

Un contexte dégradé est source de contraintes (e.g. perception, concentration) dans l'utilisation des objets. Par conséquent, l'utilisabilité d'un objet est évaluée plus favorablement dans un contexte neutre que dans un contexte dégradé.

Hypothèse sur l'évaluation de l'utilité

L'étude précédente n'a pas permis d'observer d'effet significatif du rôle sur l'évaluation de l'utilité. L'utilité s'évalue en termes de résultat recherché, par exemple l'objet donne-t-il les moyens de faire ce qu'on veut faire (Tricot, 2003). L'utilité implique une finalité *générique* de l'objet en fonction d'une situation (e.g. si on veut griller du pain, n'importe quel grille-pain pourrait s'avérer utile). L'évaluation de l'utilité est ici peu sensible à l'effet du rôle occupé par l'évaluateur (acteur ou observateur).

Par ailleurs les objets *structurants* étaient essentiellement de type « mobilier ». Ils sont plus fondamentaux dans la conception d'une cuisine que les appareils électroménagers qui constituent dans l'étude les objets *instruments*. Autrement dit, les objets de type *structurant* sont globalement plus utiles que les objets de type *instrument*.

Hypothèse sur l'évaluation du risque

Au même titre que l'utilisation d'un objet est évaluée idéalement en situation d'utilisation (e.g. Brooke, 1996), le risque relatif à un objet est évalué idéalement dans une situation favorable à l'expression du risque. Le risque relatif à un objet est donc évalué plus négativement dans un contexte dégradé que dans un contexte neutre.

Hypothèse sur l'évaluation de l'acceptabilité

Selon Nielsen (1993), l'acceptabilité est la dimension ultime pour caractériser un objet. Si l'utilité, l'utilisabilité et le risque d'un objet sont évalués négativement l'acceptabilité est évaluée négativement, et inversement. En outre selon le biais acteur/observateur (Jones & Nisbett, 1972 ; voir aussi Etude 1), l'acceptabilité est évaluée plus positivement par les observateurs que par les acteurs.

Hypothèses sur les objets

Une inspection préalable des objets cibles a permis d'identifier des objets présentant des risques apparents désignés dans les supports de prévention de Calyxis. Une évaluation défavorable du risque était attendue pour le placard en hauteur (chute d'objet, déséquilibre de l'utilisateur, choc avec la tête) et les appareils chauffants (risque de brûlure, risque d'incendie) tels que la plaque de cuisson, le grille-pain, le micro-ondes-gril, la cafetière et le Crêpe-Party.

Les problèmes d'utilisation détectés sur certains objets lors des pré-tests, devaient conduire à une évaluation défavorable de l'utilisabilité pour ces objets (Tableau 3).

1.2. Méthode

Participants

L'échantillon était constitué de 32 femmes et 10 hommes âgés de 21 à 87 ans (M = 41 ans, ET = 14.5), répartis en 21 binômes. Les participants ont été recrutés sur un panel de volontaires de Calyxis. Chaque participant était rémunéré à hauteur de 40€. Deux binômes (4 femmes) ont été éliminés, le premier suite à une erreur de consigne, le second à cause de l'âge trop élevé d'une participante vis-à-vis de l'échantillon.

Appareillage et Matériel

Objets cibles

Dans l'environnement de test utilisé pour l'étude, 16 objets répertoriés dans le Tableau 3 ont été sélectionnés selon les deux conditions de la variable type d'objet (Instrument vs. Structurant). Les 8 objets *instruments* impliquaient d'interagir avec des commandes d'activation et de réglage. Les 8 objets *structurants* ne nécessitaient aucune activation ni aucun réglage pour être utilisé couramment. Pour chaque objet un visuel (format A5) composé de 2 photos a été imprimé.

Tableau 3 : Liste des objets instruments et des objets structurants.
* indique les objets ayant présenté une difficulté d'utilisation durant les pré-tests : la plaque de cuisson (interface confuse, temps de réaction long : 1 seconde) ; le lave-vaisselle (Interface confuse, délai de mise en route long : 2 minutes) ; le robot (le guidage pour assembler les éléments est confus) ; l'aspirateur (mise en place complexe du sac).

Objets instruments	Objets structurants
Plaque de cuisson*	Evier
Micro-ondes-grill	Réfrigérateur
Grille-pain	Plan de travail haut
Robot-multifonctions*	Tiroir casserolier
Crêpe-party	Placard en hauteur
Cafetière à dosettes	Table de repas
Lave-vaisselle*	Coin cuisine
Aspirateur*	Sol

Configuration des espaces de test

Dans l'espace d'utilisation présenté Figure 24, un premier participant était placé en situation d'action. Il interagissait avec les objets cibles dans une cuisine fonctionnelle en réalisant notamment des préparations alimentaires. Ces interactions ont été captées de manière discrète à l'aide de 2 caméras tourelles, 2 caméras grand-angle et 3 micros. Cet espace a été

conçu dans un living-lab qui offrait une bonne maitrise de l'éclairage, et une retransmission audiovisuelle en direct vers l'espace d'observation.

Dans l'espace d'observation, un second participant était placé en situation d'observation. Il pouvait visionner les interactions du premier. Les flux des 4 caméras de l'espace d'utilisation étaient projetés simultanément sur un écran (6m de large, format full HD) partagé en 4 conformément à la Figure 24.

Une régie mettait à disposition une console vidéo et une console son pour enregistrer et retransmettre en direct tous les flux audiovisuels. Les configurations d'éclairage des situations neutre (plein feux) et dégradée (éclairage 50%) étaient préréglées sur une console lumière.

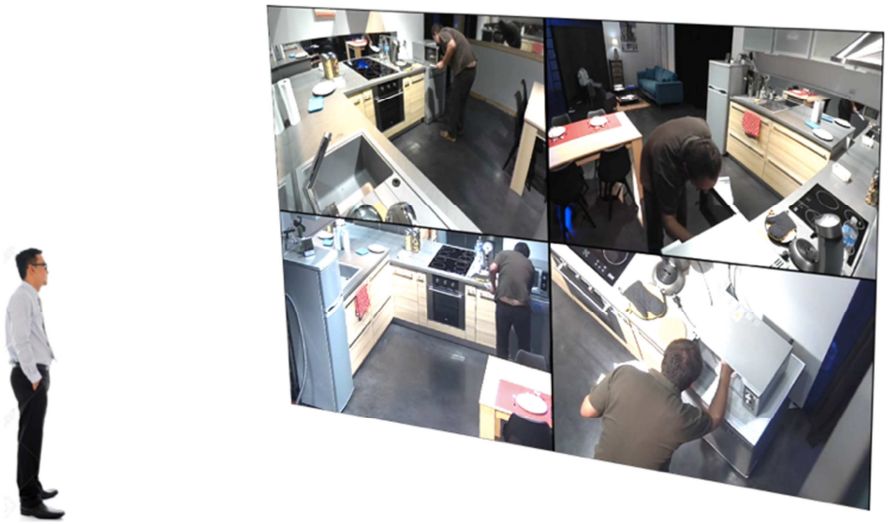


Figure 24 : Visualisation des 4 flux vidéo sur l'écran. Dans cet exemple 4 vues sont offertes sur l'activité d'un participant qui prépare un gratin avec le four à micro-ondes-grill. Les 2 vues larges (grand angle) du haut sont fixes, tandis que les deux vues du bas sont cadrées en fonction de l'activité en cours.

Carnet de Scénarios

Les scénarios à réaliser étaient indiqués aux participants dans un carnet au format A5, à raison d'un scénario par page recto. La retranscription des scénarios comptait en moyenne 67.9 mots (*ET* = 2.9) répartis en 5 paragraphes conformément au Tableau 4.

Huit scénarios (cf. Annexe 11) ont été présentés sur le modèle d'une recette de cuisine pour homogénéiser l'utilisation des objets par les participants. Chaque scénario indiquait l'emplacement des objets et ingrédients à utiliser et les manipulations à réaliser. Chaque scénario impliquait 2 objets cibles (soit 16 en tout). Le Tableau 4 ci-dessous présente un exemple de scénario.

Tableau 4 : Exemple de scénario d'activité : Préparer des toasts. Dans cet exemple les deux objets cibles sont le grille-pain et le plan de travail.

- Un grille-pain, du pain, une planche à découper, un couteau et du fromage frais sont situés sur le plan de travail.
- Branchez et réglez le grille-pain, et faites griller une tranche de pain.
- Lorsque la tranche de pain est grillée à souhait, placez-la sur la planche à découper.
- Puis découpez-la en 4 petits toasts à l'aide du couteau.
- Enfin, tartinez chaque toast avec le fromage frais.

Les questionnaires

Afin d'évaluer 16 objets en un temps acceptable, l'outil a été construit à l'aide de questionnaires courts pour mesurer l'utilisabilité, l'utilité, le risque et l'acceptabilité. Les items étaient adaptés en français à une situation domestique, avec une échelle d'accord de type Likert sur le même modèle que pour l'Etude 1. Les questionnaires étaient soumis sur une base Microsoft Access 2007, avec laquelle les participants répondaient directement.

- *Evaluation de l'utilisabilité (SUS)*

L'utilisabilité a été évaluée à l'aide du SUS (voir Chapitre 4). Lors d'un pré-test du questionnaire, le mot « intégré » de l'item 5 a fait l'objet d'une demande de précision par un participant. Une aide à la compréhension a été ajoutée entre parenthèses. L'item final était le suivant : *« Je trouve que les différentes fonctions de cet objet sont bien intégrées (positions logiques et pratiques) ».*

Un test de cohérence interne des items a été effectué sur les évaluations de chaque objet, l'alpha de Cronbach était compris entre α = .78 et α = .95 pour 11 objets. Deux objets avaient

un alpha α <.50, et trois objets présentaient une variabilité trop faible pour être analysés. Le détail est présenté en Annexe 12.

- *Evaluation de l'utilité (UTI)*

L'utilité a été évaluée à l'aide des 4 items issus de la dimension *Perceived Usefulness (PU)* du TAM3 (Venkatesh & Bala, 2008). Les items ont été traduits en français et adaptés à des objets domestiques présentés lors d'un test utilisateur (Tableau 5). Dans l'item original *PU1*, la notion de « performance » est ambiguë pour un contexte domestique, elle a donc été remplacée par une notion de « contrainte », la valence étant alors négative. Egalement pour PU2, la notion de « productivité » se rapporte à un enjeu professionnel étranger à l'environnement domestique, elle a été remplacée par la notion de « qualité ».

Tableau 5 : Items adaptés du TAM3 pour évaluer l'utilité (*Perceived Usefulness*).

PU1	Je pense que l'utilisation quotidienne de cet objet est trop contraignante (entretien, rangement, etc.).
PU2	Je pense que la qualité produite à l'aide de cet objet est excellente.
PU3	Je pense que cet objet est bien adapté pour réaliser efficacement les activités prévues.
PU4	Je pense que cet objet est très utile chez la plupart des personnes.

Un test de cohérence interne des items a été effectué sur les évaluations de chaque objet. Pour 11 objets l'alpha de Cronbach était compris entre α = .60 et α = .89. Deux objets avaient un alpha α < .30, et 3 objets présentaient une variabilité trop faible pour être testés (Annexe 12).

- *Evaluation du risque (RSK)*

Le risque a été évalué à partir des items construits lors d'une étude précédente qui concernait une situation professionnelle. Les items originaux n'avaient pas permis de discriminer les objets évalués (fauteuils de bureau). Sur le nouveau questionnaire présenté dans le Tableau 6, les items ont été reformulés et un item a été ajouté afin de prendre en

compte le risque vis à vis d'un tiers (e.g. un enfant situé à proximité). Enfin 2 items sur 5 ont été inversés.

Tableau 6 : Items d'évaluation du risque.

R1	Je pense que l'utilisation de cet objet peut être souvent à l'origine de blessures.
R2	Je pense que la complexité de cet objet peut être à l'origine d'une erreur d'utilisation dangereuse.
R3	Je pense que cet objet peut facilement être utilisé de façon inappropriée et dangereuse.
R4	Je pense que cet objet ne présente pas de risque pour l'utilisateur ou son entourage.
R5	Je pense que la conception de cet objet permet un usage sécurisé.

Un test de cohérence interne des items a été effectué sur les évaluations de chaque objet. L'alpha de Cronbach était compris entre α = .60 et α = .89. Trois objets présentaient une variabilité trop faible pour être analysés (Annexe 12).

- *Evaluation de l'acceptabilité (ACC)*

L'acceptabilité est généralement associée à une « intention d'usage » (Bastien & Tricot, 2008). Cette dimension est présente dans le TAM3 (*Behavioral Intention)*, mais la formulation des items suggèrent un accès régulier à l'objet, or ce n'est pas le cas lorsqu'un utilisateur évalue un concept pas ou peu fonctionnel. En revanche, les items formulés par Février (2011) sont mieux adaptés et ont été repris. Seul le premier item de Février (2011) a été modifié pour introduire une intention « comparative » (choisir d'utiliser cet objet plutôt qu'un autre).

Un test de cohérence interne des items a été effectué sur les évaluations de chaque objet. L'alpha de Cronbach était compris entre α = .78 et α = .93. Trois objets présentaient une variabilité trop faible pour être analysés (cf. Annexe 12). Les items sont reportés au Tableau 7.

Tableau 7 : Items d'évaluation de l'acceptabilité.

ACC1	Si j'avais le choix entre plusieurs objets de ce type, je choisirais d'utiliser celui-ci
ACC2	Si j'avais cet objet, je l'utiliserais tous les jours
ACC3	Je pourrais recommander cet objet à un ami

Plan expérimental et procédure

Opérationnalisation des variables

Le rôle et le contexte étaient des facteurs intra-participants. Le facteur Rôle consistait à alterner le rôle des participants vis-vis de l'utilisation des objets ciblés : pour chaque participant, certains objets étaient évalués après une action, tandis que d'autres objets étaient évalués après une observation. Quant au contexte d'utilisation, il variait selon deux modalités : neutre ou dégradé. La modalité contexte neutre était dépourvue d'éléments susceptibles de gêner l'utilisateur. Au contraire, le contexte dégradé était pourvu d'une combinaison de facteurs de risque : bruit ambiant (dessin animé), lumière diminuée de 50%, désordre (jouets au sol, vaisselle dans l'évier, appareils ménagers encombrant le plan de travail), produit détartrant posé sur le plan de travail, prises multiples surchargées, rallonge au sol.

Contrôle des effets liés au matériel

Les effets du rôle et du contexte pouvaient être impactés par le type d'objet évalué. Afin de contrôler cet impact, les 16 objets évalués ont été répartis en deux groupes (*instrument* et *structurant*) selon un facteur *type d'objet* (voir la partie Appareillage et matériel).

La variable objet était inter-participants : chaque objet était exposé à un participant dans une seule condition expérimentale (par exemple *observation* en contexte *neutre*) et n'appartenait qu'à un type d'objet (*structurant* ou *instrument*).

Enfin les 8 scénarios mettaient chacun en situation deux objets cibles dans l'environnement réaliste (cuisine) et contrôlé.

En résumé, chacun des 38 participants a été exposé à chacune des conditions expérimentales, selon un plan croisé des facteurs type d'objet, environnement et rôle.

Autrement-dit un participant a évalué des objets structurants et des objets instruments dans chacun des environnements, neutre et dégradé, et ce aussi bien avec les 2 rôles, acteur et observateur.

Procédure

Deux participants participaient simultanément à chaque passation. Huit séquences d'utilisations d'objets (plus deux d'entrainement) étaient réalisées alternativement par un des deux participants. A chaque séquence, un participant occupait le rôle d'Acteur et agissait dans la cuisine selon un scénario. L'autre occupait un rôle d'Observateur et observait l'activité du premier sur un écran. L'attribution des rôles était tirée au sort lors de la première séquence d'entrainement, puis les rôles étaient alternés à chaque nouvelle séquence.

Au début de chaque séquence, le scénario à réaliser était transmis simultanément aux participants oralement et sur le carnet de scénarios à leur disposition. Lorsque le participant Acteur avait réalisé la séquence, les 2 participants évaluaient chacun 2 objets cibles à l'aide du questionnaire et d'un visuel de chaque objet. Puis ils inversaient les rôles et une nouvelle séquence débutait. Lorsque les 8 scénarios avaient été réalisés et les 16 objets évalués, les participants complétaient un questionnaire d'informations personnelles.

Mesures dépendantes : calcul des indices (scores) relatifs aux 4 dimensions

Utilisabilité

Le score d'utilisabilité du SUS (0 à 100) a été calculé de la même manière que dans l'Etude 1 (Chapitre 4).

Utilité

Le score d'utilité (1 à 7) a été obtenu en inversant l'item négatif puis en calculant la moyenne des valeurs des 4 items.

Risque

Le score de risque (1 à 7) a été obtenu en inversant les 2 items positifs puis en calculant la moyenne des valeurs des 5 items. Le score de risque a une valence négative, contrairement à l'Etude 1.

Acceptabilité

Le score d'acceptabilité (1 à 7) est obtenu en calculant la moyenne des valeurs des 3 items.

1.3. Résultats

Analyse des données

Les données ont été traitées en 3 phases. Les objets étant de natures différentes et variées, une première phase d'analyse devait confirmer la discrimination à l'aide des 4 indicateurs (dimensions) utilisés.

Une inspection préliminaire sur la discrimination attendue entre les objets dans chacune des dimensions a été réalisée à partir de la Figure 25. Les graphiques Risque et Utilisabilité ont également été analysés au regard des hypothèses sur les objets afin de confirmer une certaine cohérence dans le sens des évaluations produites.

Une seconde phase d'analyse visait à confirmer les discriminations observées lors de l'inspection du graphique 1 dans la première phase. Cette analyse supplémentaire a été réalisée à l'aide du logiciel Statistica 10, avec une ANOVA à mesures répétées.

La troisième phase d'analyse avait pour objectif d'analyser l'effet de chacun des facteurs sur chacune des dimensions d'évaluation. Cette analyse devait confirmer les

hypothèses initiales concernant les effets du rôle, de l'environnement et du type d'objet sur chaque dimension. Pour chaque dimension, les données ont été organisées de manière à obtenir une valeur pour chaque condition expérimentale et ce pour chaque participant (les objets sont moyennés), puis pour chaque objet (les participants sont moyennés).

Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général). Les résultats présentés en Annexe 13 sont en partie reportés dans le Tableau 8.

Phase 1 : Inspection visuelle pour la discrimination des objets

L'inspection des 4 graphiques (Figure 25) montre une concentration des évaluations sur la moitié de chaque échelle. Pour chaque type d'objet, certains objets se démarquent d'une tendance moyenne. Parmi les objets qui se démarquent dans le risque, 4 objets évalués considérés comme les plus risqués étaient 4 appareils chauffants (plaque de cuisson, micro-ondes-gril, crêpe-party et grille-pain). Seule la cafetière n'était pas représentée, c'est aussi le seul appareil qui ne présente pas de risque de brûlure contre une résistance de chauffe. Enfin, concernant le placard en hauteur, c'est l'objet structurant qui a le score moyen de risque le plus élevé.

Une hypothèse sur les objets prédisait une évaluation de l'utilisabilité du lave-vaisselle, de la plaque de cuisson et du robot inférieure aux autres objets. Les résultats ont confirmé cette hypothèse, cependant seuls la plaque de cuisson et le robot se démarquaient fortement.

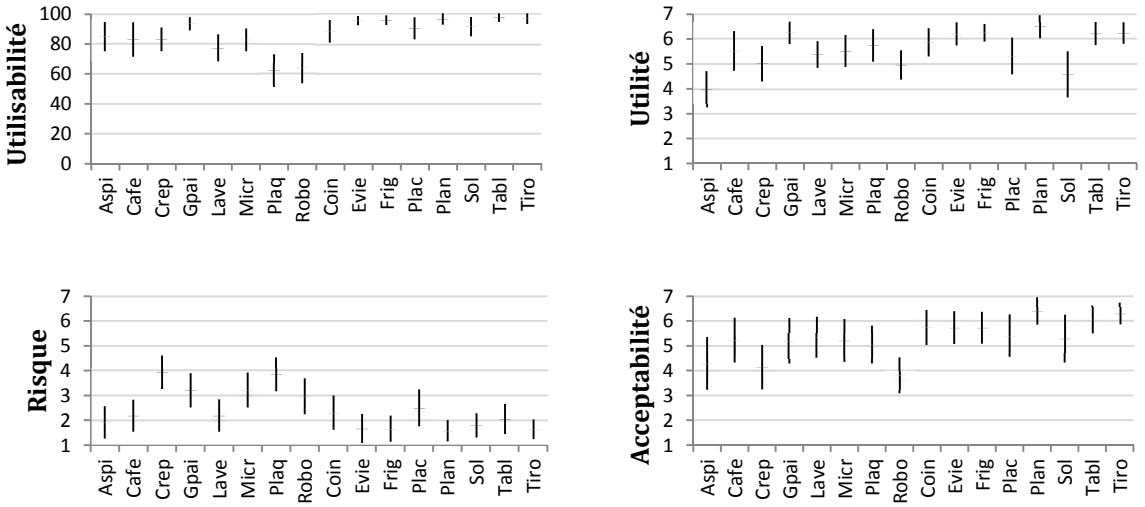


Figure 25 : Scores moyens (et écarts-types) des évaluations de chaque objet, dans chaque dimension (utilisabilité, utilité, risque, acceptabilité). Dans chaque graphique, les 8 premiers objets sont de type « instrument», et les 8 derniers sont de type « structurant ».

Phase 2 : Analyse statistique pour la discrimination des objets

Un test de Mauchly a été utilisé pour tester l'hypothèse de sphéricité de la matrice de covariance sur chacune des 4 dimensions (utilisabilité, utilité, risque, acceptabilité). Si l'hypothèse de sphéricité était vérifiée, alors les degrés de liberté des ANOVAs étaient en conséquence ajustés avec une correction de Greenhouse-Geisser (GG). L'analyse a révélé un effet significatif des objets sur l'évaluation de l'utilisabilité ($F(6, 239) = 30.49$; $p < .001$), de l'utilité ($F(8, 286) = 17.41$; $p < .001$), du risque ($F(9, 329) = 23.16$; $p < .001$), et de l'acceptabilité ($F(9, 317) = 11.94$; $p < .001$). Les comparaisons entre objets deux à deux réalisées à l'aide d'un test de Scheffé sont présentées en Annexe 13.

Ces analyses confirment les observations de la phase 1 : dans chaque dimension, l'analyse des scores d'évaluation met en évidence des différences entre ces objets. Autrement dit, les utilisateurs étaient en mesure de différencier les objets sur des caractéristiques ciblées par l'ergonomie, comme ils auraient pu le faire pour des caractéristiques de surface telles que la couleur, la forme, etc.

Phase 3 : Effet des facteurs, Analyses par dimension

Les analyses sur les résultats en fonction des facteurs manipulés (rôle, contexte, type d'objet) sont présentées dimension par dimension. Chaque analyse a été réalisée *par participant* (F1) et *par objet* (F2). Les moyennes, les écarts-types et les effets de l'analyse F1 sont reportés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Scores moyens (et écarts-types) des objets, en fonction du contexte (neutre ou dégradé), de la tâche (action ou observation) et du type d'objet (structurant ou instrument).
Pour les analyses F1 : * p <.05 ; ** p <.01 ; *** p <.001 (ns : non significatif).
Pour les analyses F2 : ° p <.05 ; °° p <.01 ; °°° p <.001.

Dim°	Contexte			Tâche			Type		
	Neutre	Dégradé	p	Action	Observ.	p	Structurant	Instrument	p
SUS	86.1 (7.20)	86.8 (9.80)	ns	85.8 (8.16)	86.8 (8.94)	ns	94.1 (5.90)	78.8 (12.10)	**°
UTI	5.66 (0.62)	5.52 (0.85)	ns	5.59 (0.77)	5.60 (0.64)	ns	5.89 (0.58)	5.29 (0.77)	**
RSK	2.35 (0.79)	2.49 (0.77)	ns	2.44 (0.78)	2.42 (0.79)	ns	1.90 (0.67)	2.93 (0.88)	**°
ACC	5.35 (0.95)	5.27 (0.97)	ns	5.22 (0.90)	5.34 (1.01)	ns	5.83 (0.85)	4.78 (1.10)	**°

Utilisabilité (SUS)

Les analyses des résultats *par participant* (F1) et *par objet* (F2) ont révélé un effet significatif du type d'objet sur l'évaluation de l'utilisabilité ($F1(1, 37) = 73.75$, $p < .001$, $éta^2$ *partiel* $= 0.67$; $F2(1, 14) = 14.46$, $p < .01$). Les objets structurants ont été jugés plus utilisables que les objets instruments. L'analyse n'a pas révélé d'effet du rôle ($F1(1, 37) = 0.69$; $F2(1, 14) = 0.11$) ni du contexte ($F1(1, 37) = 0.29$; $F2(1, 14) = 0.53$) sur l'évaluation de l'utilisabilité. Aucune interaction entre les facteurs n'était significative.

Utilité (UTI)

L'analyse F1 a révélé un effet significatif du type d'objet sur l'évaluation de l'utilité ($F1(1, 37) = 26.90$, $p < .001$, *éta² partiel* = 0.42). Les objets structurants étaient jugés plus utiles que les objets instruments. Cependant, cet effet n'est pas significatif dans l'analyse *F2* ($F2(1, 14) = 3.05$, $p = .10$, *éta² partiel* = 0.18). L'analyse n'a pas révélé d'effet du rôle ($F1(1, 37) = 0.69$; $F2(1, 14) = 0.27$) ni du contexte ($F1(1, 37) = 0.29$; $F2(1, 14) = 1.18$) sur l'évaluation de l'utilité. Aucune interaction entre les facteurs n'était significative avec l'analyse F1 ($F1(1,37) = 2.93$, $p = .10$). Cependant l'analyse F2 a montré une interaction des facteurs rôle et contexte sur l'évaluation de l'utilité ($F2(1, 14) = 6.42$, $p < .05$, *éta² partiel* = 0.31). Le contexte a un effet sur l'évaluation de l'utilité par les acteurs alors qu'il n'en a pas pour les observateurs. Pour les acteurs, l'évaluation de l'utilité est plus favorable en contexte neutre qu'en contexte dégradé (cf. Figure 26).

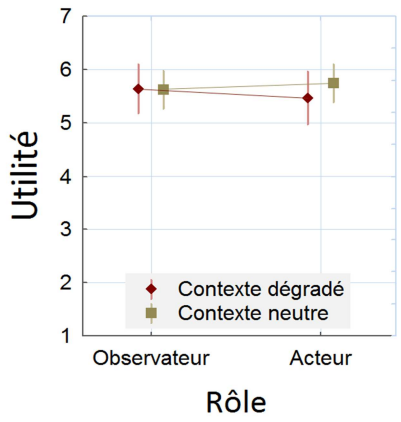


Figure 26 : Représentation graphique de l'interaction des facteurs rôle et contexte sur l'évaluation de l'utilité. Cette interaction est significative avec une analyse par objets (F2)

Risque (RSK)

L'analyse a révélé un effet significatif du type d'objet sur l'évaluation du risque ($F1(1, 37) = 116.50$, $p < .001$, *éta² partiel* = 0.76 ; $F2(1, 14) = 10.70$, $p < .01$, *éta² partiel* = 0.43). Les objets structurants étaient jugés moins risqués que les objets instruments. L'analyse n'a

pas révélé d'effet du rôle (*F1*(1, 37) = 0.03 ; *F2*(1, 14) = 0.01) ni du contexte (*F1*(1, 37) = 2.28 ; F2(1, 14) = 03.60) sur l'évaluation du risque. Aucune interaction entre les facteurs n'était significative.

Acceptabilité (ACC)

L'analyse a révélé un effet significatif du type d'objet sur l'évaluation de l'acceptabilité (*F1*(1, 37) = 51.20, $p < .001$, *éta² partiel* = 0.58 ; *F2*(1, 14) = 15.19, $p < .01$, *éta² partiel* = 0.52). Les objets structurants étaient jugés plus acceptables que les objets instruments. L'analyse n'a pas révélé d'effet du rôle (*F1*(1, 37) = 1.17, $p = .26$; *F2*(1, 14) = 1.05, $p = .32$) ni du contexte (*F1*(1, 37) = 0.33, $p = .57$; *F2*(1, 14) = 0.09, $p = .77$) sur l'évaluation de l'acceptabilité. Aucune interaction entre les facteurs n'était significative.

1.4. Discussion

Pour résumer, les objets sont discriminés dans chacune des dimensions. Par ailleurs, les objets structurants ont été évalués plus positivement que les objets instruments, et ce dans chacune des dimensions. L'analyse n'a pas mis en évidence d'effet significatif des autres variables rôle (acteur/observateur) ou contexte (neutre/dégradé) sur les différentes dimensions d'évaluation des objets.

Les deux résultats importants de cette étude concernent les outils de mesures et la discrimination des types d'objets. La méthode dans son ensemble, et plus particulièrement les outils de mesures (questionnaires d'utilisabilité, d'utilité, d'acceptabilité et de risque) ont permis de différencier les objets lorsque le participant était aussi bien acteur qu'observateur. Différentes facettes d'un objet sont appréhendées par l'utilisateur avec différentes dimensions d'évaluation. Les deux classes d'objets choisies (structurant et instrument) ont aussi donné

lieu à des évaluations différentes dans chacune des dimensions. Autrement dit les mesures discriminent des caractéristiques fondamentales propres à chaque type d'objet (e.g. mobilier, électroménager, etc.).

Cependant les objets structurants ont tendance à présenter un effet plafond et une faible différenciation entre eux. Deux explications peuvent être avancées : (1) des différences perçues existent entre les objets, mais la méthode ou les outils de mesure ne sont pas adaptés à ce type d'objet ; (2) l'évaluation d'un objet structurant l'espace est fortement influencée par l'évaluation de l'espace dans son ensemble.

Enfin l'environnement et le rôle des évaluateurs n'ont pas permis de mettre en évidence d'effet significatif pour les différentes dimensions d'évaluation. L'absence de différence est particulièrement marquée entre acteurs et observateurs, pour lesquels les scores moyens étaient presque analogues. La simulation d'utilisation susceptible d'être opérée par l'observateur (prise de perspective de l'acteur) (Hard et al., 2006 ; Lozano et al., 2008) pourrait suffire à compenser le déficit de perception lié à l'absence de manipulation. Mais l'évaluation ergonomique par observation présente certaines limites car elle demande des situations finalisées et réalistes d'usage. Par exemple, d'autres études pourraient étudier l'impact de la prise de perspective. Dans quelle mesure une visualisation à la première personne diffère-t-elle d'une visualisation à la troisième personne sur les différentes dimensions ergonomiques ? Dans quelle mesure une simulation virtuelle peut-elle se substituer à l'observation d'une situation réelle ?

2. ETUDE 3 : Impacts du cadrage vidéo et du contexte sur l'évaluation d'objets virtuels

2.1. Objectifs et hypothèses

Le paramétrage d'une évaluation virtuelle implique de placer l'utilisateur en situation d'observation. Dans l'Etude 1, les participants ayant un rôle d'observateur ont évalué l'utilisabilité des objets plus favorablement que ceux ayant un rôle d'acteur. Cependant, cet effet du rôle n'a pas pu être mis en évidence dans l'Etude 2 qui s'appuyait sur l'évaluation d'un plus grand nombre d'objets et sur des dispositifs de captation et de visualisation audiovisuelle de qualité supérieure. L'étude 3 reposait sur le principe qu'un environnement virtuel est une situation d'évaluation valide, mais qui doit être paramétrée pour que l'utilisateur se représente mentalement la situation d'interaction avec précision. Cette interaction peut être simulée mentalement par l'observateur lorsqu'il prend la perspective de l'acteur (Hard et al., 2006 ; Lozano et al., 2008). Plus précisément, grâce à ce processus, l'observateur peut se représenter les actions, l'environnement et les objets de façon similaire à l'acteur observé (ou à l'avatar, supposément). Dans une présentation virtuelle, un cardage à la *1ère personne* (1ère P) montrant la vue de l'acteur (ou de l'avatar) est également possible. Une telle vue impose la perspective de l'acteur (ou de l'avatar), elle pourrait également favoriser la simulation mentale par l'observateur de l'action réalisée par l'acteur. Le cadrage à la 1ère P présente aussi les objets utilisés dans un espace *péripersonnel*, c'est-à-dire à portée de main. La présentation d'objets dans un espace *péripersonnel* favorise un engagement moteur et un référencement égocentré de l'espace, au même titre qu'un acteur (Horst et al., 2011 ; Gallese & Lakoff, 2005).

L'étude 3 reprend une partie du matériel et de la méthode de l'Etude 2. Cependant la situation d'observation audiovisuelle uniquement a autorisé des passations collectives et plus rapides. Le nombre de participants a été doublé et 2 objets à évaluer ont été ajoutés. En outre cette situation expérimentale était favorable pour réitérer la manipulation du contexte telle que dans l'Etude 2.

Hypothèses

Cette étude devait mettre en évidence les effets du cadrage (1ère vs. 3ème personne), du contexte (neutre ou dégradé) et du type d'objet (structurant ou instrument) sur les caractéristiques perçues des objets, à travers les 4 dimensions d'évaluation de ces objets : l'utilisabilité, l'utilité, le risque et l'acceptabilité.

Hypothèses sur l'évaluation de l'utilisabilité

La vue à la première personne favorise la prise de perspective de l'acteur d'une part en offrant le point de vue de l'acteur et d'autre part en présentant les objets utilisés dans l'espace péri-personnel. Autrement dit, un observateur est mieux disposé à se représenter l'interaction et l'environnement selon la perspective de l'acteur lorsque l'interaction est présentée à la 1ère plutôt qu'à la 3ème personne. En conséquence, les observateurs à la 1ère personne (1ère P) partagent plus la représentation de l'acteur pour se représenter la scène, tandis que les observateurs à la 3ème personne (3ème P) s'appuient plus sur leurs diverses subjectivités (plus d'heuristiques). Il en résulte que l'évaluation d'un objet présente moins d'écarts inter-évaluateurs s'il est observé dans un film cadré à la 1ère P plutôt qu'à la 3ème P.

Comme pour l'Etude 2, l'utilisabilité d'un objet est évaluée plus favorablement dans un contexte neutre que dans un contexte dégradé.

Hypothèses sur l'évaluation de l'utilité

Comme pour l'utilisabilité, un objet est évalué avec un meilleur consensus entre évaluateurs, si ceux-ci ont visualisé l'utilisation à la 1ère P plutôt qu'à la 3ème P.

Conformément à l'Etude 2, les objets de type structurant (e.g. mobilier) sont globalement plus utiles que les objets de type instrument (e.g. électroménager).

Hypothèses sur l'évaluation du risque (Idem Etude 2)

Conformément à l'Etude 2, le risque relatif à un objet est évalué plus négativement dans un contexte dégradé que dans un contexte neutre.

Hypothèses sur l'évaluation de l'acceptabilité (Idem Etude 2)

Conformément à l'Etude 2, l'acceptabilité est évaluée plus positivement par les observateurs que par les acteurs.

Hypothèses sur les objets (idem Etude 2)

Conformément à l'Etude 2, les problèmes d'utilisation détectés sur certains objets lors des pré-tests de l'Etude 2, devaient conduire à une évaluation défavorable de l'utilisabilité pour ces objets (Tableau 3).

2.2. Méthode

Participants

L'échantillon était constitué de 63 femmes et 25 hommes âgés de 19 à 47 ans (M = 24,2 *ans,* ET = 5,5). Les participants étaient recrutés sur des réseaux sociaux utilisés par les étudiants de l'université de Poitiers. Chaque participant était rétribué à hauteur de 20 €.

Appareillage et Matériel

Objets

Les 16 objets de l'Etude 2 (cf. Tableau 3) et leurs visuels ont été repris, auxquels 2 ont été ajoutés : un robinet-mitigeur pour l'objet instrument, et un tiroir à épices pour l'objet structurant (photos en Annexe 11) - soit au total 18 objets : 9 instruments et 9 structurants.

Des films d'utilisation réaliste

Les scénarios d'utilisation (idem Etude 2) étaient présentés à l'aide d'un film pour chaque condition expérimentale (Figure 27). Ces films ont été tournés dans l'espace de test de l'Etude 2. Un acteur professionnel a joué à l'identique les scénarios en contextes neutre et dégradé. Pour chaque condition expérimentale 3 films (7 à 9 minutes) présentaient chacun 6 objets en situation d'utilisation. Dans chaque film, des séquences de titrage sur fond bleu foncé (sans film en arrière-plan) annonçaient les tâches présentées et les durées de cuisson.

Le jeu de l'acteur avait été filmé à l'aide de 4 caméras placées dans l'espace d'utilisation et d'une caméra embarquée (GO Pro HERO4) fixée sur sa tête. Les vidéos ainsi obtenues ont été montées pour obtenir des séquences identiques à la 3ème et à la 1ère personne. Dans les deux vues, les gestes de l'acteur étaient toujours visibles. Les facteurs Contexte et Type d'objet étaient opérationnalisés de manière identique à l'Etude 2.

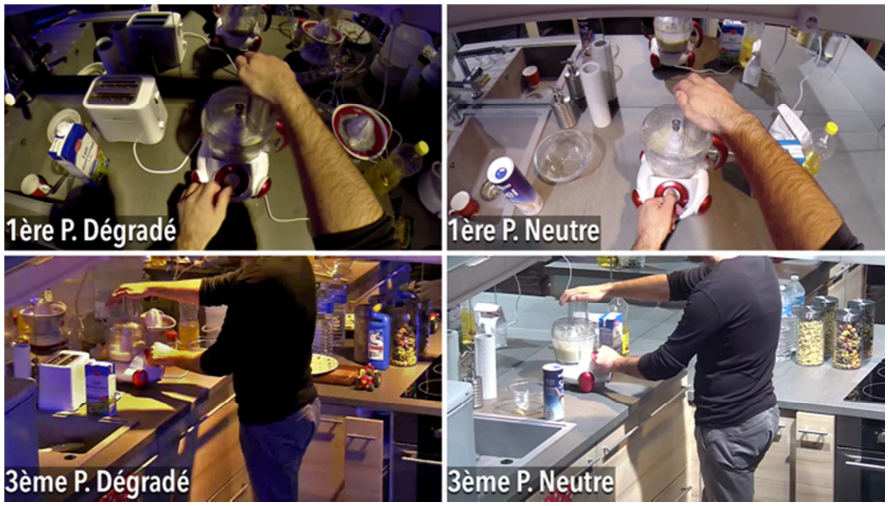


Figure 27 : Visuel des vidéos expérimentales dans les 4 conditions.
En haut, les vues à la 1ère P en environnement dégradé (à gauche) et neutre (à droite).
En bas, les vues à la 3ème P en environnement dégradé (à gauche) et neutre (à droite).

Un espace d'observation et d'évaluation

Les films étaient visionnés dans une salle de projection équipée d'un écran de 3 m de large (format full HD). Chaque participant disposait d'une chaise face à l'écran avec une table et un ordinateur pour répondre aux questionnaires.

Les questionnaires

Les questionnaires étaient les mêmes que pour l'Etude 2

Plan expérimental et procédures

Opérationnalisation des variables

Les scénarios d'utilisation étaient présentés à l'identique selon chacune des 4 conditions expérimentales issues du croisement des facteurs *cadrage* et *contexte :*

(1) 1ère P-neutre ; (2) 1ère P-dégradé ; (3) 3ème P-neutre ; (4) 3ème P-dégradé.

Contrôle des effets liés au matériel (idem Etude 2)

Plan expérimental

La variable type d'objet était intra-participants : chaque participant voyait tous les objets, donc les deux types d'objets. Le cadrage et le contexte étaient des facteurs inter-participants. Chaque participant n'était exposé qu'à une seule des 4 conditions expérimentales.

Procédure

Un à 6 participants participaient simultanément à chaque passation. Après une séquence et une évaluation d'entrainement sur 3 objets, les 3 films étaient présentés successivement. Après chaque film, les participants évaluaient 6 objets cibles à l'aide d'un questionnaire informatique et d'un visuel de chaque objet. L'ordre d'évaluation des objets était tiré au sort. Lorsque tous les objets avaient été évalués, les participants devaient compléter le questionnaire d'usage et d'informations personnelles.

Mesures dépendantes : calcul des indices (scores) relatifs aux 4 dimensions

Les mesures dépendantes étaient identiques à l'Etude 2. Au total, 88 participants et 18 objets ont permis d'obtenir 1 584 scores sur chaque dimension (utilisabilité, utilité, risque et acceptabilité), soit 792 scores par modalité de chaque variable, et 198 scores par condition expérimentale.

Ces données ont été analysées de manière à valider la capacité de la méthode d'évaluation à discriminer les objets, et à vérifier l'effet des trois variables principales (contexte, rôle, type d'objet).

2.3. Résultats

Analyse des données

Les données ont été traitées en 3 phases, comme pour l'Etude 2.

Une inspection préliminaire a été réalisée à partir des graphiques de la Figure 28. Cette inspection visait la discrimination attendue entre les objets pour l'ensemble des dimensions. Les graphiques Risque et Utilisabilité ont été analysés spécifiquement au regard des hypothèses.

Une deuxième phase d'analyse visait à confirmer les discriminations relevées dans la première phase. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Statistique, avec une ANOVA à mesures répétées (modèle linéaire général).

La troisième phase d'analyse avait pour objectif d'analyser l'effet de chaque facteur (cadrage, contexte, type d'objet) sur chaque dimension d'évaluation (utilisabilité, utilité, risque, acceptabilité). Les données ont été analysées conformément à la troisième phase d'analyse de l'Etude 2. Une partie des résultats est présentée dans le Tableau 9.

Selon Howell (2008), le test d'homogénéité de la variance n'est pas obligatoire étant donné que les échantillons sont identiques. Cependant un test de Levene été réalisé préalablement pour confirmer les conditions d'application de l'ANOVA. Les résultats de ce test sont présentés en Annexe 14. En outre, l'homogénéité de la variance peut être un indicateur de l'accord inter-évaluateurs. Dans cette perspective, seuls les effets significatifs observés à l'aide du test de Levene sont présentés dans les résultats.

Phase 1 : Discrimination des objets, Inspection visuelle

L'inspection des 4 graphiques (Figure 28) a montré deux résultats analogues à l'Etude 2 (Figure 25). Les évaluations sont généralement concentrées sur la moitié la plus positive de

chaque échelle. Dans chaque dimension, les objets sont en majorité regroupés autour d'un score moyen, tandis que quelques objets se démarquent plus franchement.

Parmi les objets qui se démarquent dans le risque, conformément à l'Etude 2, on retrouve conformément aux hypothèses les 4 appareils chauffants (plaque de cuisson, micro-ondes-gril, crêpe-party et grille-pain) auxquels s'ajoute le robot. Enfin, conformément aux résultats de l'Etude 2, le placard en hauteur est l'objet structurant qui a le score moyen de risque le plus élevé.

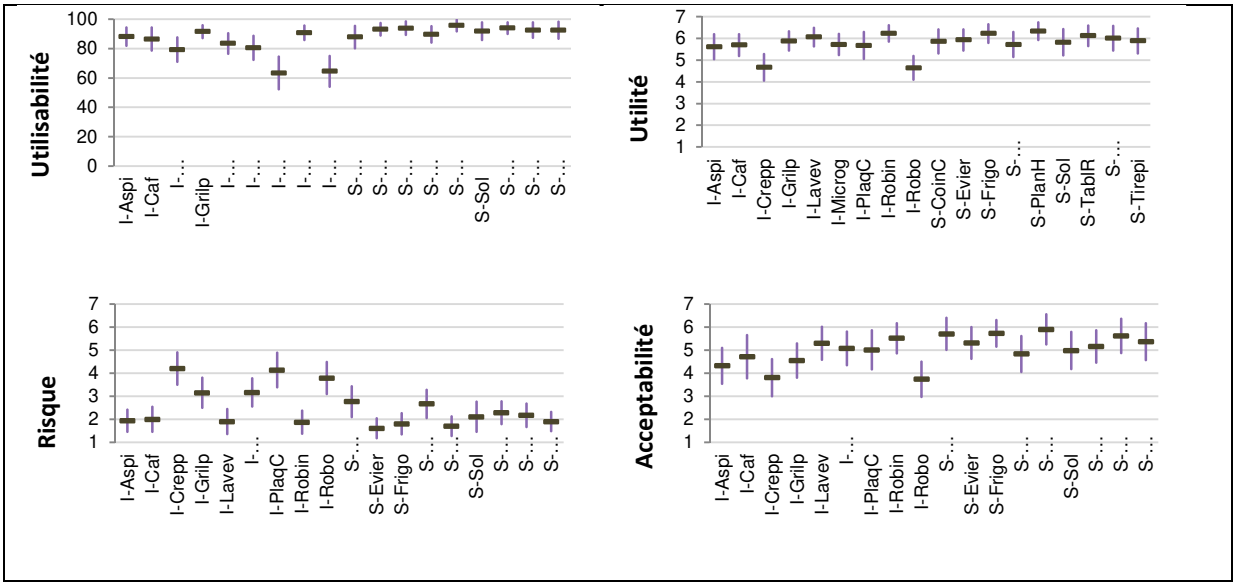


Figure 28 : Scores moyens (et écarts-types) des évaluations de chaque objet, dans chaque dimension (utilisabilité 0 à 100, utilité 1 à 7, risque 1 à 7, acceptabilité 1 à 7). Dans chaque graphique, les 9 premiers objets sont de type « instrument», et les 8 derniers sont de type « structurant ».

Une hypothèse sur les objets prédisait une évaluation de l'utilisabilité du lave-vaisselle, de la plaque de cuisson et du robot inférieure aux autres objets. Les résultats ont confirmé cette hypothèse uniquement pour la plaque de cuisson et le robot.

Phase 2 : Discrimination des objets, Analyse statistique

Un test de Mauchly a été utilisé pour tester l'hypothèse de sphéricité de la matrice de covariance sur chacune des 4 dimensions (utilisabilité, utilité, risque, acceptabilité). Si l'hypothèse de sphéricité était vérifiée, alors les degrés de liberté des ANOVAs étaient en conséquence ajustés avec une correction de Greenhouse-Geisser (GG). L'analyse a révélé un effet significatif des objets sur l'évaluation de l'utilisabilité ($F(9, 788) = 61.00$; $p<.001$), de l'utilité ($F(12, 1053) = 24.46$; $p<.001$), du risque ($F(11, 914) = 70.96$; $p<.001$), et de l'acceptabilité ($F(12, 1068) = 22.45$; $p<.001$). Les comparaisons entre objets deux à deux réalisées à l'aide d'un test de Scheffé sont présentées en Annexe 14.

Ces analyses confirment les observations de la phase 1 : dans chaque dimension, l'analyse des scores d'évaluation met en évidence des différences entre les objets. Autrement dit, comme pour l'Etude 2, les utilisateurs étaient en mesure de différencier les objets sur des caractéristiques ciblées par l'ergonomie.

Phase 3 : Effet des facteurs, Analyses par dimension

Les analyses sont présentées dimension par dimension. Chaque analyse a été réalisée *par participant* (F1) et *par objet* (F2). Les moyennes, les écarts-types et les effets sont reportés dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Scores moyens (et écarts-types) des objets, en fonction du contexte (neutre vs. dégradé), du cadrage (1ère vs. 3ème personne) et du type d'objet (structurant vs. instrument).
Pour les analyses F1 : * p <.05 ; ** p <.01 ; *** p <.001 (ns pour non significatif).
Pour les analyses F2 : ° p <.05 ; °° p <.01 ; °°° p <.001.

Dim°	Contexte			Cadrage			Type		
	Neutre	Dégradé	p	1ère P	3ème P	p	Structurant	Instrument	P
SUS	86.37 (12.71)	86.85 (12.28)	ns	87.82 (12.28)	85.40 (14.11)	°°°	92.33 (10.10)	80.88 (14.80)	*** °
UTI	5.73 (1.04)	5.83 (0.95)	ns	5.88 (0.87)	5.68 (1.12)	°°	5.99 (1.01)	5.57 (0.98)	***
RSK	2.50 (1.10)	2.53 (1.12)	ns	2.42 (1.01)	2.61 (1.21)	°°	2.12 (1.02)	2.91 (1.20)	*** °
ACC	4.97 (1.46)	5.11 (1.48)	°	5.15 (1.29)	4.92 (1.66)	°°°	5.40 (1.40)	4.67 (1.54)	*** °°

Utilisabilité (SUS)

L'analyse des résultats *par participant* (F1) et *par objet* (F2) a révélé un effet significatif du type d'objet sur l'évaluation de l'utilisabilité (respectivement, $F1(1, 84) = 247.19$, $p < .001$, *éta² partiel* = 0.75 ; $F2(1, 16) = 10.21$, $p < .01$, *éta² partiel* = 0.39). Les objets structurants ont été jugés plus utilisables que les objets instruments. L'analyse F1 n'a pas révélé d'effet significatif du cadrage sur l'évaluation de l'utilisabilité ($F1(1, 84) = 2.10$, $p = .15$), mais le test de Levene a révélé une variance hétérogène du facteur cadrage dans les évaluations des objets structurants et des objets instruments (respectivement, $F(1, 86)= 4.38$, $p<.05$; $F(1, 86)= 8.90$, $p<.01$). La variance de l'évaluation de l'utilisabilité était plus faible avec un cadrage à la 1ère plutôt qu'à la 3ème personne, tant pour les objets structurants (respectivement *ET* = 5.27 ; *ET* = 8.31) que pour les objets instruments (respectivement *ET* = 7,76 ; *ET* = 11,40). En revanche, l'analyse F2 a révélé un effet du cadrage sur l'évaluation de l'utilisabilité ($F2(1, 16) = 24.1$; $p<.001$, *éta² partiel* = 0.60). L'évaluation de l'utilisabilité était plus positive avec une vue à la 1ère plutôt qu'à la 3ème personne (respectivement $M = 87.82$, $ET = 8.91$, et $M = 85.40$, $ET = 10.06$). L'analyse n'a pas révélé d'effet significatif du contexte ($F1(1, 84) = 0.08$; $F2(1, 16) = 0.49$) sur l'évaluation de l'utilisabilité. Aucune interaction entre les facteurs n'était significative.

Utilité (UTI)

L'analyse F1 a révélé un effet significatif du type d'objet sur l'évaluation de l'utilité (*F1*(1, 84) = 59.8 ; *p*< *.001., éta² partiel* = 0.42). Les objets structurants étaient jugés plus utiles que les objets instruments. Cet effet est marginal avec l'analyse F2 (*F2*(1, 16) = 4.3, *p*= .054). L'analyse F1 n'a pas révélé d'effet du cadrage sur l'évaluation de l'utilité (*F1*(1, 84) = 2.42, p = .12). En revanche, l'analyse F2 a révélé quant à elle un effet du cadrage sur l'évaluation de l'utilité (*F2*(1, 16) = 13.57; *p*< *.005., éta² partiel* = 0.46). L'évaluation de l'utilité était plus positive avec une vue à la 1ère plutôt qu'à la 3ème personne. L'analyse n'a pas révélé d'effet du contexte sur l'évaluation de l'utilité (*F1*(1, 84) = 0.52 ; *F2*(1, 16) = 2.24, *p* = .15). Aucune interaction entre les facteurs n'était significative avec l'analyse F1 (*F1*(1, 84) = 1,22, *p* = .27). Cependant, l'analyse F2 a montré une interaction des facteurs cadrage et contexte (*F2*(1, 16) = 11.18, *p* <.01, *éta² partiel* = 0.41) (cf. Figure 29). L'évaluation de l'utilité des objets était plus favorable avec une vue à la 1ère plutôt qu'à la 3ème personne, et ce d'autant plus que l'évaluation est réalisée en contexte dégradé plutôt que neutre..

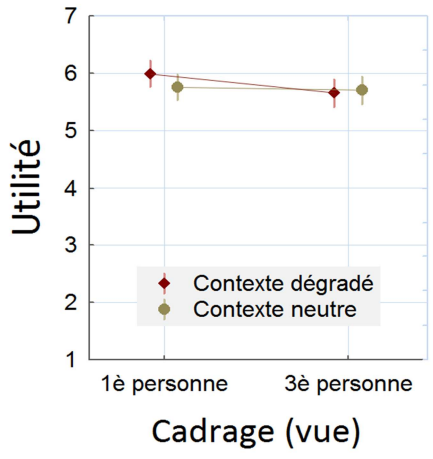


Figure 29 : Représentation graphique de l'interaction des facteurs cadrage et contexte sur l'évaluation de l'utilité. Cette interaction est significative avec une analyse par objet (F2).

Risque (RSK)

L'analyse a révélé un effet significatif du type d'objet sur l'évaluation du risque (*F1*(1, 84) = 169.00 ; *p<.001, éta² partiel* = 0.67 ; *F2*(1, 16) = 4.86 ; *p<.05, éta² partiel* = 0.23). Les objets structurants étaient jugés moins risqués que les objets instruments. L'analyse F1 n'a pas révélé d'effet du cadrage sur l'évaluation du risque (*F1*(1, 84) = 1.60, *p* = .21), mais le test de Levene a révélé une variance hétérogène du facteur cadrage dans les évaluations des objets instruments uniquement (*F*(1, 86)= 5.74, *p<.05*). Pour les objets instruments, la variance de l'évaluation du risque était plus faible avec un cadrage à la 1ère plutôt qu'à la 3ème personne (respectivement *ET* = 0.66 ; *ET* = 0.91). Cependant l'analyse F2 a révélé un effet significatif du cadrage sur l'évaluation du risque (*F2*(1, 16) = 13.03 ; *p<.005, éta² partiel* = 0.45). Les objets vus à la 1ère personne étaient jugés moins risqués que ceux vus à la 3ème personne (respectivement *M* = 2.41, *ET* = 0.84, et *M* = 2.61, *ET* = 0.85). L'analyse n'a pas révélé d'effet du contexte (*F1*(1, 84) = 0.05 ; *F2*(1, 16) = 0.72). Aucune interaction entre les facteurs n'était significative.

Acceptabilité (ACC)

L'analyse a révélé un effet significatif du type d'objet sur l'évaluation de l'acceptabilité (*F1*(1, 84) = 115.70 ; *p<.001, éta² partiel* = 0.58 . *F2*(1, 16) = 9.19; *p<.01, éta² partiel* = 0.37). Les objets structurants étaient jugés plus acceptables que les objets instruments. L'analyse F1 n'a pas révélé d'effet du cadrage sur l'évaluation de l'acceptabilité (*F1*(1, 84) = 1.43), mais le test de Levene a révélé une variance hétérogène du facteur cadrage dans les évaluations des objets instruments uniquement (*F*(1, 86)= 6.16, *p<.05*). Pour les objets instruments, la variance de l'évaluation de l'acceptabilité était plus faible avec un cadrage à la 1ère plutôt qu'à la 3ème personne (respectivement *ET* = 0 .78 ; *ET* = 1.12). Cependant l'analyse F2 a révélé un effet significatif du cadrage sur l'évaluation de l'acceptabilité (*F2*(1, 16) = 17.5

; *p<.001, éta² partiel* = 0.52). Les objets vus à la 1ère personne étaient jugés plus acceptables que ceux vus à la 3ème personne (respectivement *M* = 5.15, *ET* = 0.67, et *M* = 4.92, *ET* = 0.61). L'analyse F1 n'a pas révélé d'effet du contexte sur l'évaluation de l'acceptabilité (F1(1.84,) = 0.56). Cependant l'analyse F2 a révélé un effet significatif du contexte sur l'évaluation de l'acceptabilité (*F2*(1, 16) = 4.68 ; *p<.05, éta² partiel* = 0.23). Les objets vus en contexte dégradé étaient jugés plus acceptables que ceux vus en contexte neutre (respectivement *M* = 5.15, *ET* = 0.69, et *M* = 4.92, *ET* = 0.63). L'analyse a montré une interaction des facteurs type d'objet et cadrage (*F1*(1, 84) = 4.57 , *p* < .05, *éta² partiel* = 0.05 ; *F2*(1, 16) = 7.02 , *p* < .05, *éta² partiel* = 0.31) (Figure 30). Les objets structurants ont été évalués plus positivement que les objets instruments, et ce d'autant plus avec une vue à la 1ère plutôt qu'à la 3ème personne. Cependant, le test de Levene a révélé une variance hétérogène de cette interaction dans les évaluations des objets instruments uniquement (*F*(3, 86)= 2,88, *p<.05*). Par conséquent la significativité de cette interaction doit être considérée avec prudence.

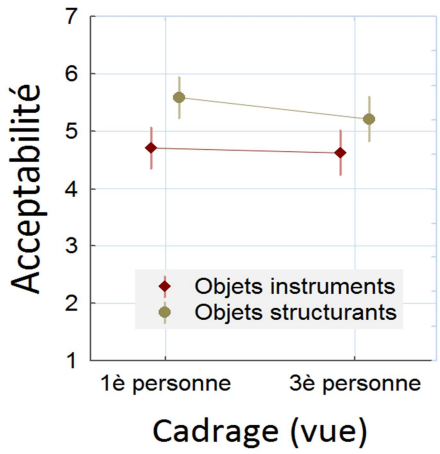


Figure 30 : Représentation graphique de l'interaction des facteurs cadrage et contexte sur l'évaluation de l'acceptabilité. L'interaction est significative avec une analyse F1 et F2.

2.4. Discussion

Les objets sont discriminés dans chacune des dimensions. Les objets structurants ont aussi été évalués plus positivement que les objets instruments, et ce dans chacune des dimensions. Un effet du cadrage a été observé sur l'évaluation dans toutes les dimensions, mais uniquement avec une analyse par objet, cette discussion tient compte de cette limite. L'analyse par participant n'a montré aucun effet du rôle sur aucune dimension. Enfin, concernant l'effet du contexte sur l'évaluation, il n'a été observé que sur la dimension acceptabilité avec une analyse par objet. Aucun autre effet du contexte n'a été mis en évidence.

Les deux résultats importants de cette étude concernent les outils de mesures et la différenciation des types d'objets. Avec la méthode dans son ensemble, et plus particulièrement avec les outils de mesures (questionnaires d'utilisabilité, d'utilité, d'acceptabilité et de risque) les participants différenciaient les objets en visionnant leur utilisation aussi bien avec un cadrage à la 1ère qu'à la 3ème personne. Différentes facettes d'un objet étaient appréhendées par un observateur à l'aide de différentes dimensions d'évaluation. Les deux classes d'objets choisies (structurant et instrument) ont aussi donné lieu à des évaluations différentes dans chacune des dimensions. Ce résultat indique que les participants discriminaient des caractéristiques fondamentales liées aux types d'objets (e.g. mobilier, électroménager, etc.).

Cependant pour les objets structurants, conformément à l'Etude 2, les évaluations ont tendance à présenter un effet plafond et une faible différenciation entre eux. Pour rappel, les 2 explications avancées étaient : (1) des différences perçues doivent exister entre les objets, mais la méthode ou les outils de mesure ne sont pas adaptés à ce type d'objet ; (2) l'évaluation

d'un objet structurant l'espace est fortement influencée par l'évaluation de l'espace dans son ensemble.

L'analyse *par utilisateur* (F1) n'a révélé aucun effet significatif du cadrage (1ère vs. 3ème personne) sur les moyennes dans les différentes dimensions, mais dans certains cas les évaluations sont plus homogènes avec une vue à la 1ère personne qu'avec une vue à la 3ème personne. Ces différences d'homogénéité concernaient l'ensemble des objets pour l'utilisabilité, et les instruments uniquement pour le risque et l'acceptabilité.

En outre l'analyse *par objets* (F2) révélait un effet significatif du cadrage sur l'évaluation dans chaque dimension (utilisabilité, utilité, risque et acceptabilité). Autrement dit, pour chacune des dimensions, l'effet global du cadrage est masqué lorsque le facteur objet n'est pas considéré, alors que le cadrage aurait en réalité un effet sur l'évaluation de certains objets. Dans certains cas la variabilité inter-utilisateur serait plus importante que la variabilité inter-objet. Cette dernière serait alors masquée dans une analyse par utilisateur lorsqu'il faut par exemple comparer différents objets d'un type très restreint tel que des fours ou des aspirateurs. Dans ce cas l'évaluation d'un grand nombre d'objets, avec moins de participants, et une analyse par objets pourrait être pertinente.

Enfin avec l'analyse combinant F1 et F2, aucun effet du contexte n'a été observé sur les dimensions utilisabilité, utilité et risque. Concernant l'évaluation de l'acceptabilité, seule l'analyse F2 a révélé un effet significatif du contexte. Globalement le contexte tel qu'il a été opérationnalisé n'a un effet que marginal. L'effet du contexte sur l'évaluation pourrait être étudié en faisant varier d'autres paramètres tels que l'agencement spatial, des objets non ciblés, la situation sociale, etc.

3. Discussion générale pour les études 2 et 3

Dans l'Etude 1 l'effet du rôle sur l'évaluation de l'utilisabilité était compatible avec l'hypothèse d'un biais acteur-observateur. Cependant cette hypothèse n'a pas été vérifiée dans l'Etude 2, les moyennes des évaluations effectuées par des observateurs n'étaient pas significativement différentes de celles effectuées par les utilisateurs. Par ailleurs, ce résultat corrobore la capacité pour un observateur à simuler la perspective de l'acteur pour se représenter son interaction avec son environnement (e.g. Chevallier et al., 2010 ; Lozano et al., 2008).

La validation de la capacité à évaluer un objet en observant son utilisation a été affinée dans l'étude 3. Dans cette étude, les principaux paramètres manipulés étaient le cadrage, selon une vue à la 1ère et 3ème personne, et la contextualisation avec l'ajout d'éléments contraignants pour l'activité observée. Concernant le cadrage, aucune différence n'a été observée entre les évaluations réalisées à partir des visionnages à la 1ère et à la 3ème personne. En revanche, les évaluations étaient plus homogènes avec un visionnage à la 1ère personne qu'avec un visionnage à la 3ème personne. Concernant le contexte, son implication dans la représentation mentale d'un objet (e.g., Chaigneau et al., 2009 ; Lebon et al., 2008) présageait un effet sur les évaluations. Or aucun effet du contexte n'a été observé sur les évaluations des objets. Les résultats des études 2 et 3 sont discutés ci-dessous.

Dans les études 2 et 3, les facteurs rôle (Acteur vs. Observateur), contexte (Neutre vs. Dégradé) et cadrage (vue à la 1ère P vs. 3ème P) ont été manipulés. Des situations d'évaluation d'objets reposant sur des tests utilisateurs, typiquement utilisés en ergonomie, ont été mises en place pour observer l'effet de ces facteurs sur l'évaluation de 4 dimensions (utilisabilité, utilité, risque, acceptabilité). Quelles que soient les conditions expérimentales, les évaluations produites ont permis de discriminer les objets cibles dans chacune des 4 dimensions. En outre

ces objets cibles étaient de 2 types différents (Structurant vs. Instrument), et ces 2 types d'objets ont également été discriminés dans chaque dimension. La discrimination des objets était déterminante pour transposer les méthodes de ces études à des évaluations appliquées par des concepteurs.

Concernant l'effet des principaux facteurs manipulés, le facteur rôle n'a pas révélé de différence dans les évaluations produites par les acteurs et les observateurs. Autrement dit le principe d'une évaluation basée sur l'observation de l'interaction entre un personnage et un objet n'a pas pu être remise en question.

En outre, lors d'une évaluation par observation, le cadrage peut avoir un impact sur l'accord inter-utilisateur dans l'évaluation de certains objets, en particulier pour l'utilisabilité. Un meilleur accord inter-utilisateur, avec un cadrage à la 1ère P plutôt qu'à la 3ème P, pourrait traduire une représentation basée plutôt sur des caractéristiques perçues que sur des heuristiques, ce qui permet une représentation plus stable d'un utilisateur à un autre. Par conséquent, le cadrage à la 1ère P serait une situation qui permet de mieux appréhender les caractéristiques d'un objet relatives à son évaluation.

Concernant l'effet du contexte dans les deux études, sur les 16 analyses réalisées (analyse par participant F1 et par objet F2, et ce sur 4 dimensions et dans 2 études), seule une analyse par objet dans l'étude 3 a révélé un effet direct du contexte sur l'évaluation de l'acceptabilité. Cet impact du contexte sur l'évaluation est trop marginal pour être interprété.

Par ailleurs, le contexte a été impliqué dans 2 interactions sur l'évaluation de l'utilité, respectivement avec le rôle (Etude 2, Figure 26) et le cadrage (Etude 3, Figure 29). Pour synthétiser ces deux interactions, le contexte impact l'évaluation lorsqu'elle est réalisée avec le point de vue d'un acteur. Ce point de vue était opérationnalisé avec un rôle d'acteur dans

l'Etude 2 et avec un cadrage à la 1ère P dans l'étude 3. Au contraire, le contexte n'a pas d'effet sur l'évaluation lorsqu'elle est réalisée à partir du point de vue excentré d'un observateur (vue à la 3ème P) dans les études 2 et 3. En outre ces interactions entre le contexte et le rôle, ou le cadrage, amène à envisager une analogie entre le rôle d'acteur et le cardage à la 1ère P. Au contraire l'analogie entre le rôle d'observateur et le cadrage à la 3ème P n'est pas envisagée étant donné qu'ils étaient opérationnalisées de façon similaire, une comparaison entre une observation directe et le cadrage 3ème P aurait été nécessaire. Par exemple, des participants, équipés d'une caméra fixée sur la tête, observeraient directement ou réaliseraient, l'utilisation d'objets, puis évalueraient ces objets. Les films ainsi réalisés (vue de l'observateur ou vue de l'acteur) seraient ensuite visionnés par de nouveaux participants qui évalueraient les mêmes objets. Les évaluations des acteurs, des observateurs *directs*, des *visionneurs 3ème personne* et des *visionneurs 1ère personne* seraient ainsi comparées.

Limites

Une première limite de l'étude concerne l'interprétation des analyses F1 et F2. Globalement l'analyse F1 révèle moins d'effets que l'analyse F2. L'analyse F2 repose sur un score par dimension calculé pour chaque objet, dans chaque condition expérimentale à partir des résultats des participants. Par exemple, le score d'un objet est la moyenne des réponses de 22 participants dans l'étude 3. Par conséquent, ce calcul masque la variabilité inter-participant au sein de chaque condition, et rend les effets plus robustes. L'approche F2 soustrait certaines réalités des chiffres, en revanche elle met en évidence un impact *potentiel* des facteurs manipulés sur l'évaluation d'objets en général.

Dans les études 2 et 3, l'hypothèse issue de l'Etude 1, selon laquelle un contexte dégradé permet de voir plus de risque qu'un contexte neutre, n'est pas validée. L'hypothèse selon laquelle un contexte dégradé impacte l'évaluation de l'utilisabilité n'est pas validée non

plus. Cette absence d'effet pourrait être expliquée par une variation trop faible du contexte. C'est-à-dire que les deux modalités neutre et dégradé étaient opérées dans un unique environnement domestique (une cuisine), avec une disposition des meubles identique. L'observation d'un effet du contexte sur l'évaluation d'objet pourrait nécessiter une variation plus contrastée des modalités de cette variable, avec par exemple le changement de certains objets non évalués, un changement de disposition globale, ou une présentation décontextualisée. De tels changements pourraient notamment impacter l'évaluation des objets structurants, qui seraient directement impliqués dans la dégradation du contexte par exemple.

Chapitre 6.
Discussion générale et perspectives

L'objectif principal de la recherche était l'étude de déterminants cognitifs impliqués dans l'évaluation par observation en contextes réels et virtuels. La thèse défendue est qu'un observateur est en mesure d'évaluer un objet placé en situation d'interaction avec un acteur, au même titre que l'acteur lui-même. L'énoncé de cette possibilité repose sur deux principes décrits respectivement dans les champs conjoints de l'ergonomie et de la psychologie. Selon le premier principe présenté dans le Chapitre 1, l'utilisateur qui manipule un objet est en mesure d'évaluer cet objet sur des dimensions liées à l'utilisation. Selon le second principe présenté dans le Chapitre 2, lorsqu'un acteur interagit avec un objet, l'observateur de cette interaction est en mesure de simuler mentalement l'activité de l'acteur et ses représentations autour de l'objet. La conjugaison de ces deux principes conduit à une situation d'évaluation par observation, qui a été testée avec différents paramètres (Chapitres 5 et 6).

Les principaux résultats sont repris et discutés dans ce chapitre pour répondre aux principales questions abordées dans la thèse. La première section aborde la possibilité de se représenter un objet à partir de l'observation de son utilisation. La deuxième section aborde la possibilité pour un utilisateur d'évaluer le risque des objets quotidiens, et d'évaluer des objets virtuels. Des pistes d'application pratique des résultats sont proposées en troisième section.

1 La représentation d'un objet utilisé par un tiers

La recherche et la réflexion théorique réalisées dans la thèse devaient permettre de répondre à la question suivante. Un observateur se représente-t-il les caractéristiques d'un objet liées à son utilisation, de la même manière que l'acteur observé qui interagit avec cet objet ? Les auteurs cités ne répondent que partiellement à cette question. Les résultats des expérimentations réalisées apportent un éclairage supplémentaire sur la représentation par l'observateur d'un objet utilisé par un tiers.

1.1. La prise de perspective et la représentation d'objets

La prise de perspective est décrite comme un processus par lequel un observateur simule les actions et les états mentaux d'un acteur qu'il observe (e.g. Desmurget, 2006). Ce processus est impliqué dans la compréhension des intentions de l'acteur, dans l'évaluation de la situation observée et dans la compréhension du monde (e.g. Lozano et al., 2008). La prise de perspective semble favorable à la possibilité pour l'observateur de se représenter un objet manipulé par un acteur, cependant les auteurs cités ne détaillent pas précisément cette possibilité. En revanche, d'autres auteurs (e.g. Kiefer & Pulvermüller, 2012) ont décrit l'impact important de l'utilisation d'un objet sur sa représentation. Auquel cas, si un observateur est en mesure de simuler l'utilisation d'un objet, il pourrait être en mesure de se représenter précisément cet objet.

La représentation d'un objet par des observateurs et par des acteurs a été appréhendée à l'aide d'évaluations qu'ils ont produites sur plusieurs dimensions. Dans la première étude, présentée dans le Chapitre 4, aucune différence significative n'a été observée entre les acteurs et les observateurs sur les dimensions utilité et risque. Seule l'utilisabilité des objets a été perçue plus positivement par les observateurs que par les acteurs. En revanche, cette

différence n'a pas été répliquée dans l'Etude 2 qui portait sur un plus grand nombre d'objets. Dans l'Etude 2, aucune différence significative n'a été observée entre les évaluations des acteurs et des observateurs, tant pour l'utilisabilité que pour le risque, l'utilité et l'acceptabilité. Par ailleurs la discrimination des objets et des types d'objets, tant pour les acteurs que pour les observateurs, validait le dispositif expérimental. Autrement dit, les méthodes d'évaluation par l'interaction d'une part et par l'observation d'autre part étaient toutes deux pertinentes pour différencier plusieurs objets entre eux.

Les moyens mis en œuvre, notamment dans l'Etude 2, n'ont pas permis de remettre en question l'équivalence de représentation entre acteurs et observateurs. Cependant, cette équivalence ne peut pas être affirmée statistiquement. En outre l'absence de différence significative entre acteurs et observateurs persistait tant avec des objets structurant qu'avec des objets instrument, et tant en contexte neutre que dégradé.

1.2. Limites et perspectives

L'opérationnalisation du rôle

La présentation des objets évalués a été réalisée sur la base de leur utilisation qui était soit opérée par des acteurs, soit visualisée par des observateurs. Les résultats expérimentaux n'ont pas montré de différence significative entre les évaluations des objets réalisées par les acteurs et les observateurs. Cette absence de différence corrobore une équivalence entre les représentations des acteurs et des observateurs, mais l'analyse statistique ne permet pas d'être affirmatif. Une condition contrôle, avec par exemple une simple présentation de l'objet, aurait-elle pu aider à valider le gain apporté par la situation d'utilisation réalisée ou observée sur la représentation de l'objet ?

Dans une telle situation expérimentale, les évaluations produites par les utilisateurs en situation d'action et en situation contrôle pourraient être comparées. La situation d'action est supposée apporter une représentation plus précise de l'objet (data driven). Par conséquent les évaluations produites dans ces deux conditions pourraient alors varier soit en termes de score moyen, soit en termes d'accord inter-utilisateur. Auquel cas le gain apporté par l'utilisation pourrait être démontré. En outre le gain apporté par *l'action* pourrait être comparé au gain apporté par *l'observation* de l'utilisation. Auquel cas si une différence entre les conditions Contrôle vs. Action, était répliquée avec les conditions Contrôle vs. Observation, l'effet de l'utilisation sur la représentation de l'objet pourrait être validé tant pour les acteurs que pour les observateurs. L'équivalence de représentation de l'objet entre un acteur et un observateur serait avancée avec plus d'assurance.

Enfin en cas d'absence de différence significative entre les évaluations en condition *contrôle,* en condition *observation* et en condition *action*, deux explications pourraient être avancées. La première serait que l'utilisation n'a pas ou peu d'impact sur la représentation de l'objet. La seconde serait que la simple présentation d'un objet (ou de certains objets) suffit à se représenter son utilisation, grâce notamment à un principe d'affordance présenté dans la sous-partie suivante.

Une alternative à la prise de perspective de l'acteur

Les objets évalués étaient présentés dans un environnement d'utilisation, et dans le cadre d'un scénario présenté préalablement. Les théories sur l'affordance (Gaver, 1991 ; Gibson, 1977) décrivent un effet de la situation, et en particulier de l'environnement et des objectifs de l'utilisateur, sur une mise en évidence d'un potentiel d'utilisation d'un objet. Dans une revue de littérature, Thill, Caligiore, Borghi, Ziemke, et Baldassarre (2013), décrivent la formulation d'un simple objectif comme suffisante pour d'une part se représenter des affordances dans l'environnement, et d'autre part pour préparer les actions dans le cortex

pré-moteur. Des activations motrices similaires sont décrites également lors de l'observation de l'action d'un acteur (e.g. Lebon et al., 2008 ; Lozano et al., 2008 ; Sinigaglia & Rizzolatti, 2011). Autrement dit, la similitude des évaluations réalisées par les acteurs et les observateurs pourrait être due à une simulation de l'action de la part de l'observateur. Cette simulation compenserait l'absence d'action réelle. Cependant cette simulation d'action pourrait être déclenchée aussi bien par une prise de perspective que par un couple objectif/affordance.

Si la simulation d'utilisation d'un objet cible était déterminée par le couple objectif/affordance, la situation, qui détermine la détection de l'affordance, impacterait indirectement la simulation et l'évaluation. Dans ce cas, si un effet du contexte sur l'évaluation avait été observé dans les études 2 et 3, il aurait pu être en partie expliqué par une variation de l'affordance.

L'opérationnalisation du contexte

Le contexte a été décrit comme un élément déterminant la représentation mentale d'un objet, or dans les études 2 et 3 les contextes neutre et dégradé n'ont pas donné lieu à des évaluations différentes des objets. Deux explications sont avancées concernant cette absence d'effet du contexte.

La première explication consiste à considérer le contexte comme une des caractéristiques de l'environnement d'utilisation, avec notamment la configuration spatiale. Or les contextes neutre et dégradé étaient opérationnalisés dans une unique configuration spatiale. Il est possible que la dégradation du contexte telle qu'elle a été opérationnalisée n'ait pas été suffisante, et que la configuration de l'espace ait eu un impact plus important. Dans ce cas une variation du contexte plus importante peut être questionnée, avec l'ajout de nouveaux facteurs gênant tels qu'une situation sociale (e.g. présence d'autres personnes, participation à une conversation).

La seconde explication consiste à considérer que dans la représentation mentale de l'objet, le gain apporté par le contexte est masqué par le gain de l'activité réalisée ou observée. Auquel cas, l'évaluation d'un objet présenté situation d'utilisation serait peu sensible au contexte, quelque soit le rôle du participant. Par conséquent, l'effet d'une variation du contexte devrait être observée avec une exposition des objets statique et sans acteur. Par exemple, à l'aide de photographies, les objets cibles seraient présentés en contextes neutre et dégradé, respectivement à deux groupes de participants-évaluateurs. Si le résultat indique que le contexte impacte l'évaluation hors utilisation, l'impact du contexte en situation d'utilisation devrait être vérifié. Au contraire si le contexte n'impacte pas l'évaluation, l'intérêt de la contextualisation des utilisations réelles ou virtuelles pourrait être questionné pour évaluer des objets. Autrement dit les objets pourraient être évalués dans des situations d'utilisation réalistes mais peu contextualisées (neutres).

2. L'évaluation en situations réelles et virtuelles

Des améliorations et parfois des changements profonds sont possibles à mesure de l'avancée d'une conception. A chaque étape le concept s'affine, mais les avancées des étapes précédentes ne doivent pas être remises en cause. Pour valider un concept, celui-ci peut être modélisé sous forme d'un prototype par exemple pour simuler l'utilisation finale. Des living-labs comme Calyxis ou FCBA, immergent l'utilisateur dans un environnement réaliste tel que celui utilisé dans l'Etude 2, afin de recueillir des données d'utilisation et de relever le jugement des utilisateurs sur les caractéristiques de dispositifs du quotidien.

Dans cette approche utilisée en ergonomie, les utilisateurs sont en mesure d'évaluer un objet sur la base de l'interaction présentée. Ils sont en mesure également de se référer à leurs propres expériences du quotidien pour évaluer le dispositif. Deux questions étaient cependant

à l'origine de cette recherche. (1) Le risque peut-il être évalué avec cette approche de test utilisateur, conformément à l'utilisabilité par exemple ? (2) Le test utilisateur peut-il être réalisé plus tôt dans la conception, à l'aide notamment d'environnement virtuel ? Certains résultats des études présentées dans les Chapitres 5 et 6 apportent des éléments de réponse.

2.1. L'évaluation du risque par l'utilisateur

Des pratiques d'évaluation du risque par l'utilisateur existent dans le milieu professionnel, notamment avec la rédaction du document unique de sécurité qui implique le personnel. Cependant selon Cadet et Kouabénan (2005), l'évaluation du risque par les utilisateurs est généralement basée sur des heuristiques issues des connaissances ou de l'expérience, mais les utilisateurs prennent aussi en compte également la situation. Dans l'Etude 1, ni les acteurs ni les observateurs n'ont discriminé le risque sur des objets semblables (fauteuils de bureau). Pourtant les experts l'avaient bien discriminés au préalable. Ce résultat corrobore le principe d'une évaluation par les utilisateurs basée sur des heuristiques. C'est-à-dire que les utilisateurs auraient évalué le risque sur la base de connaissances ou préjugés antérieurs relatifs aux fauteuils de bureau (en général), et non pas sur des caractéristiques précises observées en situation. En outre, les différences entre les objets (fauteuils) pouvaient ne pas être assez marquées pour relever des éléments de risques saillants, dans la situation de test mise en place.

Dans les études 2 et 3, le risque a été évalué sur 16 et 18 objets différents présentés dans un même environnement. Les objets ont été discriminés, cependant les objets étant tous différents, il n'est pas possible de réfuter le recours à des heuristiques par les participants. En outre, la dégradation du contexte n'a pas révélé d'ajustements situationnels dans les évaluations. Pourtant, le questionnaire a permis de discriminer significativement le risque des

différents objets. La dégradation du contexte n'était peut-être pas suffisante ou adaptée pour observer des ajustements dans l'évaluation des objets. Un contexte plus fortement dégradé pourrait amener à une évaluation plus négative du risque sur certains objets (voir fin de la section précédente), mais au détriment potentiellement de la sécurité des participants. Une situation virtuelle pourrait être une solution pour présenter une forte dégradation du contexte en préservant les participants.

2.2. L'évaluation à l'aide d'environnements virtuels

Les évaluations de dispositifs à partir d'environnements virtuels ne sont pas nouvelles. C'est le cas par exemple lorsqu'un architecte présente un projet à un client ou un collaborateur pour le valider. Cependant, les évaluations virtuelles ne sont pas toujours formalisées de façon précise, selon des méthodes éprouvées, avec des procédures détaillées, ou un contrôle des biais. En ergonomie, l'évaluation par l'utilisateur après qu'il a utilisé le dispositif cible est une méthode documentée depuis de nombreuses années (e.g. Brangier & Barcenilla, 2003 ; Brooke, 1996). Les résultats obtenus dans les études 2 et 3 sont favorables à une déclinaison virtuelle de cette méthode. Lors de ces études, l'activité d'un acteur était diffusée sur un écran, dans des conditions de visualisation similaires à une projection virtuelle de qualité. Dans ces conditions les évaluations virtuelles semblent tout à fait pertinentes pour évaluer des objets à partir du point de vue de l'utilisateur. Cependant, une évaluation par l'utilisateur réalisée en environnement réel ou virtuel doit être complétée par une autre approche telle que l'expertise qui permet de traiter d'autres aspects comme les déterminants du risque ou de l'utilisabilité sur un dispositif cible. Le recours à plusieurs approches évaluatives apporte une vision plus exhaustive des problématiques relatives à l'utilisation de l'objet et l'usage qui sera fait en situation finale.

En outre, sur chacune des dimensions, les objets étaient évalués plus positivement avec un cadrage à la 1ère plutôt qu'à la 3ème personne. Reposant sur une analyse par objet, cet effet doit être considéré comme marginal. Par ailleurs le test d'homogénéité de la variance et la comparaison des écarts-types semblent indiquer que les évaluations de l'utilisabilité et du risque sont plus homogènes à la 1ère qu'à la 3ème personne. A la 1ère personne les participants pourraient être plus sensibles aux données de l'environnement, tandis qu'à la 3ème personne ils seraient plus sensibles aux heuristiques. Cette différence peut être intéressante en fonction des phases de conception. Par exemple dans une phase d'expression des besoins ou de spécification, le recueil d'informations heuristiques reposerait sur l'expérience et l'environnement propres à chaque utilisateur. Tandis que pour évaluer un concept déjà affiné, les participants doivent se centrer sur l'objet et la situation : les heuristiques relatives au type d'objet sont nécessaires, mais les caractéristiques propres à l'objet cible doivent émerger dans la représentation mentale pour le différencier des objets du même type.

2.3. Limites et perspectives

De nouvelles configurations d'évaluation envisageables

L'opérationnalisation des facteurs rôle et cadrage présentait une certaine analogie. C'est-à-dire que l'acteur visualisait la scène et l'action selon sa propre vue qui correspond au cadrage à la 1ère personne. Quant à l'observateur, il visualisait la scène et l'action selon une vue extérieure qui correspond au cadrage à la 3ère personne.

Dans l'étude 3, chaque participant n'était exposé qu'à un seul cadrage, et globalement les scores attribués aux objets étaient plus dispersés avec un visionnage à la 3ème plutôt qu'à la 1ère personne. Au contraire, dans l'Etude 2 l'alternance des rôles offrait à chaque participant la connaissance des deux points de vue, et les évaluations semblaient homogènes d'un rôle à

l'autre. Le facteur rôle étant intra-participants le test d'homogénéité n'était pas possible. Mais sur chaque dimension les moyennes et les écarts-types étaient presque superposables entre acteurs et observateurs. Autrement dit, lorsqu'il y a une alternance des points de vue, une exposition asymétrique de l'interaction avec l'objet produisait une évaluation proche. A partir de ce résultat, il est possible d'envisager des évaluations virtuelles avec une alternance du cadrage pour offrir à la fois une vue globale de l'espace et une vue de l'acteur. Il est possible également d'envisager une nouvelle configuration basée sur des environnements réels. Par exemple plusieurs participants pourraient observer un utilisateur, puis alterner les rôles sur le principe de l'Etude 2. Une telle configuration diminuerait sensiblement la durée d'une phase de tests en cours de conception. Si l'asymétrie de rôle impacte pas ou peu l'évaluation de l'objet, des situations sociales ne pourraient-elles pas également être envisageables ? Si l'objectif est de préfigurer l'usage de l'objet final in situ, le contexte social de la situation finale peut être pris en compte lors de l'évaluation. Par exemple, une situation domestique est souvent une situation sociale impliquant par exemple différents membres d'une famille et/ou des amis. Par conséquent des scènes réalistes pourraient être reconstituées, dans lesquelles chaque participant jouerait un rôle différent avant d'évaluer des objets cibles. En virtuel, une scène sociale pourrait être présentée plusieurs fois selon de point de vue de chaque protagoniste. Lorsque les technologies d'interaction virtuelle seront matures et simples à mettre en œuvre, chaque protagoniste (avatar) pourrait être dirigé par un participant.

Un point sur le type d'objet à évaluer

Les évaluations produites à partir d'un outil et d'une méthode déterminés pouvaient potentiellement être plus ou moins discriminantes en fonction du type d'objet évalué, notamment parce que les objets d'un même type peuvent présenter moins de différences perceptibles entre eux que des objets de différents types. L'évaluation des objets structurants tendait vers un effet plafond. A moins que la plupart des objets structurants ne fussent

réellement « bons », ces résultats pointent une faiblesse de la méthode à évaluer et discriminer certains types d'objets sur certaines dimensions (e.g. l'utilisabilité des tables). Il est possible notamment que chaque objet ait été évalué sur la base d'un ensemble plus ou moins cohérent, ce serait un effet de contexte d'un autre ordre que celui manipulé. Ce constat soulève également (1) la nécessité de réaliser un pré-test et au besoin de modifier les questionnaires ou les scénarios en vue d'obtenir des évaluations moins extrêmes, et (2) l'intérêt d'évaluer avec une variété d'objets semblables à l'objet cible pour disposer d'une base comparative (cf. Brooke, 1996). Dans ce cas un score élevé (ou bas) pourrait être pondéré par la comparaison avec des objets semblables. Enfin la proposition d'un scénario plus compliqué ou reflétant des usages plus rares pourrait permettre d'approcher les limites de certains objets sur certaines dimensions. Par exemple une chaine hifi de qualité sonore modeste sera tout-à-fait acceptable pour écouter des informations à la radio, en revanche elle sera décevante pour écouter de la musique *haute fidélité*. Inversement une qualité sonore élevée n'est pas utile pour écouter un programme radio FM dont la qualité est limitée.

Considération d'un modèle de référence pour décrire les dimensions d'un objet

L'ensemble des travaux présentés s'appuie principalement sur le modèle de Nielsen (1993) et sur le TAM (Davis, 1989). Ces modèles imbriquent notamment 3 dimensions des objets : l'utilisabilité, l'utilité et l'acceptabilité. Cependant, une conception originale peut revisiter les dimensions qui caractérisent l'objet. Les recherches sur l'ergonomie des objets et le design se penchent sur des dimensions émergentes telles que les affects, les émotions (e.g. Bonnardel, Piolat &, Le Bigot, 2011 ; Norman, 2004) ou la valeur socio-culturelle (Sonderegger & Sauer, 2013). D'autres approches, telles que *les lois de la simplicité* de John Maeda (2006), bousculent également les codes. Cet auteur formule certaines recommandations proches de celles de Nielsen ou de Bastien et Scapin, (e.g. minimalisme, facilité d'apprentissage) mais il se rapproche plus de l'utilisateur en remplaçant la notion

« ergonomique » d'utilisabilité par la notion « pratique » de simplicité. Il propose également de nouveaux leviers pour améliorer l'usage d'un dispositif, tels que l'ajout d'émotions, la confiance ou le jeu de la différence. Cependant ces différentes approches telles que celle de Maeda décrivent des critères de conception (e.g. « *Faites gagner du temps* » ; « *Facilitez l'apprentissage* »), mais n'offrent pas une approche simplifiée de l'évaluation, contrairement aux modèles accompagnés d'un outil tel que le TAM et ses déclinaisons (e.g. questionnaires des annexes 1 et 2).

3. Des pistes d'application pratique

Les évaluations ergonomiques impliquent l'utilisateur différemment en fonction des données nécessaires à chaque phase de conception. Par exemple sur Figure 31 (conçue à partir de la Figure 2 et des recherches de cette thèse), à chaque phase le type d'intervention peut reposer sur différentes méthodes. Le Tableau 10 en présente quelques exemples.

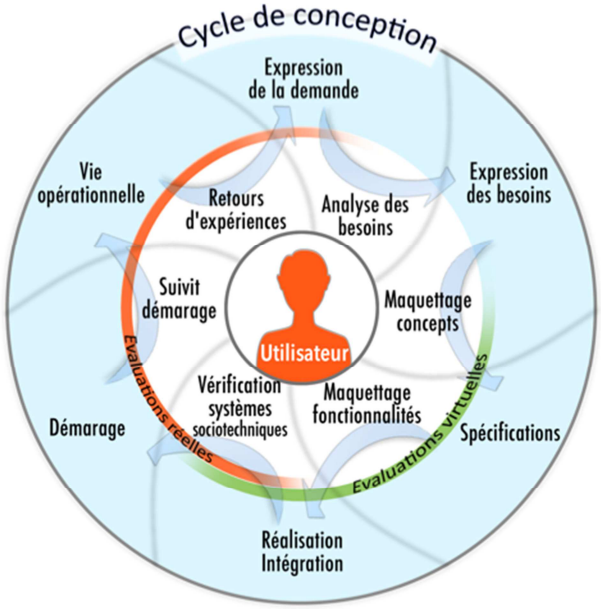


Figure 31 : Les évaluations réelles et virtuelles dans un cycle de conception centré utilisateur. (Adaptation de Valentin et al., 2010, Cf. Figure 2). L'expression des besoins consiste à répertorier des besoins relatifs à une activité ou une situation d'usage pour envisager une réponse. Les spécifications correspondent au cahier des charges, notamment aux contraintes auxquelles le produit devra répondre, en termes par exemple d'utilisabilité, ou d'adaptation à un environnement d'utilisation donné. Sur cette base des propositions de

concepts sont formulées et éprouvées en phase de réalisation/intégration. Dans les dernières phases, le produit est industrialisé, commercialisé et utilisé.
Le cercle bleu : principales phases de conception du produit.
Le cercle blanc : principales mises en situation des utilisateurs, test et validations.
L'arc rouge : test utilisateur applicable en environnement réel.
L'arc vert : test utilisateur applicable en environnement virtuel.

Tableau 10 : Exemples de méthodes applicables pour différents types d'intervention, en vue d'enrichir et d'affiner le concept à chaque phase du projet de conception.

Type d'intervention	Exemples de méthodes	Phases du projet de conception
Analyse des besoins	Analyse des usages Analyse de l'activité (en situation de référence) Expertise de l'existant	Expression des besoins, *caractérisation des usages et des contraintes, définition du contexte d'utilisation*
Maquettage des concepts	Critères ergonomiques Modèle de tâche Focus group	Spécifications, *caractéristiques et fonctions, description détaillée d'un concept*
Maquettage des fonctionnalités	Evaluation virtuelle Parcours cognitifs Tri par cartes	Réalisation, intégration, *construction d'un modèle virtuel et/ou d'une maquette*
Vérification du système sociotechnique	Evaluation réelle Evaluation virtuelle	Démarrage (du produit) *Construction de prototypes fonctionnels, process de fabrication, industrialisation*
Suivi démarrage	Evaluation réelle Analyse de l'activité en situation pilote	Vie opérationnelle, *commercialisation, correction*
Retours d'expérience	Enquête de satisfaction Feedback assistance utilisateur	Expression d'une nouvelle demande

Les questions soulevées au cours de cette thèse, dans les domaines de la psychologie et de l'ergonomie de l'habitat, ont été source de réflexions sur des applications pratiques à différentes phases de conception d'un objet du quotidien, notamment au bénéfice de Calyxis et FCBA. Une première partie des préconisations énonce des points de méthode généraux relatifs aux évaluations et aux dimensions visées. Les parties suivantes décrivent respectivement des spécificités relatives aux évaluations en environnements réels et virtuels.

3.1. Préconisations générales pour les évaluations par l'utilisateur

Mixer les méthodes d'évaluation

A certains stades du cycle de conception l'utilisateur est en mesure d'évaluer l'utilisation d'un objet. Cette évaluation est généralement opérée sur plusieurs dimensions (e.g. utilisabilité, risque, affects), et complète d'autres approches telles que des expertises ou des *focus groups* réalisés au même stade ou à un stade antérieur. L'évaluation par l'utilisateur apporte des informations très spécifiques sur le caractère « *perçu* » de chaque dimension étudiée. Les analyses de l'Etude 1 soulignent que l'évaluation par l'utilisateur doit idéalement être complétée par des informations sur les caractères « *théoriques* », (e.g. expertise) et/ou « *pratiques* » (e.g. analyse de l'activité), conformément aux recommandations de Schmettow et al. (2014).

Dans la réalité d'une conception, les industriels ne sont pas toujours en mesure de mélanger plusieurs méthodes à chaque étape. Or, l'accompagnement tout au long de la conception est essentiel pour éviter au concepteur d'avoir à retravailler complètement le concept à cause d'un problème d'utilisation détecté tardivement. Dans ce cas, les méthodes peuvent être mélangées ou mixées de manières longitudinales, c'est-à-dire d'une étape à une autre, plutôt que de se focaliser sur une seule intervention importante lors d'une étape unique.

Réaliser des essais préliminaires

Au même titre que les objets cibles, une évaluation est un dispositif qui doit être conçu et pré-testé. A titre d'exemple, pour chacune des expérimentations réalisées lors de cette thèse un pré-test a soulevé des difficultés qui n'avaient pas été anticipées. Ces difficultés peuvent concerner chaque élément du dispositif : un item de questionnaire difficile à comprendre, un manque de clarté dans la consigne, un scénario trop long, un appareillage mal réglé.

La tâche de l'expérimentateur est, par certains aspects, proche de celle d'un comédien : parler devant un public (au moins un participant), réitérer le même discours pour chaque passation. Des entraînements et au moins une *répétition générale,* sont nécessaires pour rendre compte de difficultés relatives à l'énonciation du script de passation, à l'utilisation d'un instrument de mesure, à l'enchaînement de différentes phases et modalités expérimentales, etc.

Pour chaque passation, le participant doit s'habituer à la tâche expérimentale, à l'environnement de test et au matériel de recueil (e.g. caméras, capteurs, questionnaires) à l'aide d'une phase d'essais préliminaires. Pour l'expérimentateur cette phase est l'occasion d'instaurer un relationnel positif en répondant aux questions du participant, pour que ce dernier soit confiant et motivé à évaluer sérieusement les objets.

Construction d'un scénario de test

L'objectif du scénario est de placer l'utilisateur dans une situation d'utilisation réaliste, avec des objectifs précis à suivre dans un contexte adapté aux problématiques étudiées. Le scénario peut être plus ou moins détaillé selon les fonctionnalités dont l'ergonome souhaite voir l'utilisation, tout en laissant des marges de liberté à l'utilisateur. Ces marges de liberté laissent l'utilisateur explorer des solutions alternatives à ses problèmes, cette exploration étant parfois riche d'informations. Le scénario doit aussi être pré-testé pour s'assurer que sa réalisation ne présente pas de difficultés majeures qui entraveraient son bon déroulement, et que la durée de passation respecte les prévisions.

La conception du scénario doit reposer sur des usages réels issus de l'activité des utilisateurs. Ces usages doivent être recueillis idéalement dans une situation de référence. Le recueil des usages d'un habitat ne donne accès aux usages que d'une ou deux personnes. L'idéal est d'observer plusieurs habitats. Dans une situation de référence, il est possible

d'analyser l'activité, par exemple à l'aide d'un enregistrement audiovisuel. Il est possible également de demander à l'utilisateur de détailler ses actions in situ ou a posteriori avec la technique d'entretien semi-directif du « *pourquoi ? comment ?* » (Bisseret, Sebillotte, & Falzon, 1999). Le *pourquoi* donne accès aux tâches de hiérarchie supérieure (identification, objectifs, conditions de réalisation). Le *comment* décompose les tâches de hiérarchie inférieure, les séquences d'actions et les procédures.

Choix du plan d'expérimentation et des mesures

Certaines études, semblables à celles réalisées durant cette thèse, reposent sur des données quantitatives, telles que des réponses à un questionnaire, des chronométrages, des occurrences, des mesures physiologiques, etc. Ces données s'inscrivent dans des dimensions visées relatives à l'utilisation des objets ciblés. Ces données sont analysées à l'aide de tests statistiques qui informent sur la significativité de l'impact d'un ou plusieurs facteurs manipulés. Or, l'application de ces tests repose sur des règles à respecter dans le recueil des données (voir par exemple Howell, 2008). Le plan expérimental doit impérativement être conçu en collaboration avec la personne en charge des statistiques afin d'assurer de produire des données analysables.

En outre, l'évaluation d'un objet peut reposer sur des données qualitatives, telles que des descriptions de qualités positives et négatives formulées par des utilisateurs ou par des experts. Ces données sont récoltées par exemple dans le cadre d'un entretien, d'un *focus group* ou d'un questionnaire, après ou pendant la présentation ou l'utilisation de l'objet cible. Potentiellement chaque problématique soulevée peut avoir des répercussions dans une situation d'utilisation finale. L'ouverture des approches qualitatives a l'avantage de donner accès à des problématiques non envisagées par ailleurs. Selon Nielsen (1993) ce type d'approche ne nécessite que 10 participants expérimentés sur le type d'objet cible ou 20 novices pour mettre en évidence 80% des problèmes d'utilisabilité. En revanche les

problématiques détectées ont la même valeur quel que soit leur niveau d'importance ou de gravité, et une problématique grave peut n'être détectée que rarement. En début de conception, les défauts les plus saillants sont facilement détectables par peu d'utilisateurs. A ce stade, un relevé plus approfondi des défauts n'est pas nécessaire, étant donné que le concept peut encore beaucoup évoluer et les rendre caduques. En revanche, en fin de conception, un nombre plus important d'utilisateurs permettrait de relever des problèmes rares pour les corriger avant l'industrialisation.

3.2. Préconisations spécifiques aux environnements réels

Les évaluations en environnements réels reposent sur l'interaction des utilisateurs avec un objet fonctionnel selon un scénario d'utilisation réaliste, voire dans une situation de référence. Ces évaluations sont applicables sur des prototypes (e.g. tester l'utilisabilité), sur des objets finalisés en pré-industrialisation (e.g. tester la qualité de l'assemblage) et sur des objets commercialisés (e.g. corriger, améliorer). Ces tests ont l'avantage d'être proches de la situation finale d'utilisation et d'offrir potentiellement une grande variété de recueils (e.g. questionnaires utilisateurs, analyse de l'activité, mesures objectives).

Analyse des comportements

Tout d'abord l'ergonome peut coder les comportements et les gestes mis en œuvre, soit directement, soit à partir d'un enregistrement vidéo. Le codage est effectué à l'aide d'une grille d'analyse préétablie sur la base d'observations ou de passations préliminaires. Les enregistrements vidéo apportent une grande souplesse et une grande précision dans le codage mais impliquent également au moins 2 à 3 heures de codage pour 1 heure d'observation. Le codage des observations à l'aide d'une grille (papier ou logiciel) a l'avantage de nécessiter peu d'équipement, cependant les données sont sensibles à l'interprétation du codeur. Le

codage peut être réalisé par plusieurs personnes pour limiter ce biais. Certaines mesures telles que le relevé des durées sont plus objectives et facilitées par des logiciels spécifiques (e.g. Captiv : TEA, 2015).

Equipements de mesures

L'analyse des comportements peut être couplée également avec des données issues d'équipements de mesures objectives tels que la biométrie et l'oculométrie, la captation des mouvements, etc. Cet outillage donne accès à des informations difficiles ou impossibles à recueillir visuellement, et néanmoins utiles pour interpréter des observations. Certaines mesures sont par exemple des indicateurs de stress, de zones d'intérêt du regard, de charge physique, etc. Cependant ces équipements sont parfois complexes à utiliser, et intrusifs pour le participant (encombrement, passage de fils, compression des ceintures, accès à des zones intimes telles que le thorax). En outre les données sont parfois complexes à traiter et doivent s'inscrire dans un cadre d'interprétation validé scientifiquement.

3.3. Préconisations spécifiques aux environnements virtuels

Conditions d'application des évaluations virtuelles

Les évaluations en environnements virtuels reposent sur l'observation de l'interaction d'un personnage (avatar) avec un objet cible, selon un scénario d'utilisation réaliste. Ces évaluations sont applicables dès le début de la conception sur des concepts qui n'existent pas physiquement. Par exemple un utilisateur peut observer plusieurs propositions de concepts, puis s'exprimer dans le cadre d'un entretien, ou répondre à un questionnaire d'évaluation pour appréhender l'utilisation de l'objet sur des dimensions spécifiques (utilisabilité, utilité, etc.). L'analyse des résultats obtenus lors de l'Etude 2 est compatible avec une prédiction

acceptable des évaluations réelles par les évaluations virtuelles. De plus le visionnage d'une interaction virtuelle peut être réalisé par plusieurs participants simultanément (cf. étude 3).

Paramétrage du cadrage vidéo

Avec une visualisation à la 1ère P, les réponses des participants sont plus homogènes qu'à la 3ème P. Une vue 1ère P est supposée favoriser la prise de perspective de l'acteur, cependant les mouvements permanents de l'acteur font trembler l'image et peuvent être incommodants visuellement. Une alternance entre les vues à la 3ème et 1ère personne pourrait apporter à la fois les avantages de la prise de perspective de l'acteur, et les avantages d'une vue large et stable de la scène. En outre lorsque plusieurs vues sont projetées sur un écran partagé, le participant aurait la possibilité de choisir la vue adaptée à la prise d'informations.

3.4. Perspectives de recherche

Cette partie recense des pistes de recherche pour affiner les méthodes d'évaluation de dispositifs domestiques et améliorer la compréhension des processus impliqués dans les évaluations par l'utilisateur.

Choix des cadrages vidéo en fonction des phases de l'activité

Le choix des cadrages vidéo réalisés dans les 3 études était établi de manière à offrir une bonne visibilité sur l'activité à visionner. Cependant, pour chaque phase de l'activité, certains cadrages pourraient améliorer ou dégrader la représentation mentale de la scène par le participant. Hard et al. (2011) ont décrit un codage de l'activité opéré selon un découpage en plusieurs phases. Selon ces auteurs, une phase initiale est souvent marquée par des mouvements spécifiques d'une plus grande ampleur. La détection des phases initiales et finales pourrait être favorisée avec un cadrage large. Au contraire, les actions opérées dans les phases intermédiaires sont plus minutieuses, et marquées par des mouvements moins amples.

Un cadrage à la 1ère P offrirait à l'observateur (1) une vue rapprochée pour percevoir les manipulations de l'objet, (2) une prise de perspective de l'acteur favorisée par le partage du point de vue de ce dernier (Schober, 1995), (3) une présentation de l'objet dans un espace péripersonnel, ce qui facilite la simulation mentale de l'action sur/avec l'objet cible (Gallese & Lakoff, 2005). Un film réalisé avec un cadrage mixte, alternant des vues 1ère P et 3ème P, pourrait permettre d'optimiser la perception de la scène en fonction des phases de l'activité.

Dans l'Etude 3, un cadrage à la 1ère P permettait un meilleur accord inter-utilisateurs dans les évaluations qu'un cadrage à la 3ème P. Dans une nouvelle étude, deux autres modalités seraient ajoutées : un cadrage mixte favorable et un cadrage mixte défavorable. Le cadrage mixte favorable présenterait les phases initiales et finales de l'activité à la 3ème P, et les phases intermédiaires à la 1ère P, et inversement pour le cadrage mixte défavorable.

La préférence des utilisateurs pour un cadrage possible (3ème P large ou serré, 1ère P) en fonction de la phase d'activité observée pourrait être également étudiée. Par exemple un eye-tracker (oculomètre) et un écran partagé présentant plusieurs vues pourraient être utilisés pour capturer le choix des vues en fonction des phases de l'activité. A titre exploratoire, les évaluations produites dans cette situation de libre choix du cadrage pourraient également être comparées aux situations de cadrages mixtes.

Le Tableau 11 présente des hypothèses relatives à l'impact des différents cadrages vidéo possibles sur l'homogénéité des évaluations des objets, en fonction des phases de l'activité observée. De telles hypothèses, et plus généralement les présentations audiovisuelles (ou virtuelles), pourraient être affinées en empruntant des connaissances issues du cinéma ou des métiers de l'audiovisuel.

Tableau 11 : Hypothèses sur l'impact favorable (+) ou défavorable (-) des cadrages vidéos possibles sur l'homogénéité des évaluations des objets, en fonction des phases de l'activité observée.
X4 : visualisation sur un écran partagé en 4 (cf. Etude 2), présentant *simultanément* vues à la 1ère et à la 3ème Personne. Dans cette condition préliminaire, la préférence de vue par les

participants en fonction des phases est relevée à l'aide d'un eye-tracker.
1è P et **3è P :** films cadrés respectivement à la 1ère et à la 3ème personne *uniquement* (cf. Etude 3).
Mix+ : films dont le cadrage varie pour être adapté *favorablement* à chaque scène.
Mix- : films dont le cadrage varie pour être adapté *défavorablement* à chaque scène.

Phases	Description des caractéristiques visuelles	X4	1è P	3è P	Mix+	Mix-
Nouvelle activité	• mouvements larges, grands changements physiques • 1è P : vision dégradée par le mouvement • 3è P : bonne vision des mouvements, image stable	*Choix*	-	+	3è P +	1è P -
Etape intermédiaire	• mouvements réduits, faibles changements physiques • 1è P : vision précise de l'activité manuelle • 3è P : vision large et peu précise de l'activité	*Choix*	+	-	1è P +	3è P -
Etape intermédiaire	• mouvements réduits, faible changement physique • 1è P : vision précise de l'activité manuelle • 3è P : vision large et peu précise de l'activité	*Choix*	+	-	1è P +	3è P -
Nouvelle activité	• mouvements larges, grands changements physiques • 1è P : vision dégradée par le mouvement • 3è P : bonne vision des mouvements, image stable	*Choix*	-	+	3è P +	1è P -
Etape intermédiaire	• mouvements réduits, faible changement physique • 1è P : vision précise de l'activité manuelle • 3è P : vision large et peu précise de l'activité	*Choix*	+	-	1è P +	3è P -

Approfondir l'étude de la simulation mentale lors de l'évaluation par observation

Lorsqu'il utilise un objet, un utilisateur est en mesure d'appréhender des caractéristiques spécifiques à l'interaction, comme par exemple la facilité d'utilisation. Certaines de ces caractéristiques pourraient être représentées à partir d'une simulation mentale de l'utilisation, comme c'est le cas par exemple avec les affordances, ou lorsque l'action d'un tiers avec l'objet cible est observée. Cependant les études réalisées se sont reposées sur la possibilité de simuler l'action d'un tiers pour évaluer à partir d'une observation, mais la réalité de cette simulation n'a pas été appréhendée spécifiquement.

Pour appréhender la simulation mentale d'utilisation générée par une prise de perspective ou par une affordance, une étude pourrait être réalisée avec la méthode de Lozano et al. (2007). Dans une telle étude, des objets cibles préalablement caractérisés comme ayant une affordance forte ou faible (dans un contexte donné) seraient sélectionnés. La tâche consisterait à localiser un objet secondaire dans l'environnement vis à vis d'un objet cible.

Pour chaque localisation, l'objet cible aurait d'une part une affordance soit forte, soit faible ; et d'autre part il serait soit sur le point d'être utilisé par un acteur, soit présenté seul. La localisation par le participant serait réalisée soit selon un référentiel relatif à l'action (e.g. adoption du référentiel de l'acteur ou d'un acteur hypothétique), soit selon le référentiel égocentré du participant, soit selon un référentiel centré sur l'environnement (e.g. « entre l'objet A et l'objet B »). Les effets possibles et les conclusions sont présentés dans le Tableau 12.

Tableau 12 : Effet des facteurs Affordance et Présence d'un acteur sur le nombre de localisations reposant sur le référentiel égocentré sur l'acteur (ou acteur potentiel). La colonne conclusion traduit les effets en termes de simulation mentale de l'action. Les modalités *A+* et *A-* renvoient respectivement à l'affordance forte ou faible de l'objet cible. Les modalités *U+* et *U-* renvoient respectivement à la présence ou non d'un acteur (utilisateur) qui s'apprête à utiliser l'objet.

Situation	Effet				Conclusion
A	A- U-	< (attendu)	A- U+		La prise de perspective favorise la simulation (confirmation Lozano et al., 2007)
B	A- U-	< (attendu)	A+ U-		L'affordance favorise la simulation
C	A- U-	< (attendu)	A+ U+		Confirmation de l'effet de la prise de perspective et/ou de l'affordance sur la simulation
D	A- U+	=	A+ U-		Si A et B sont vérifiés : Les effets positifs de l'affordance et de la prise de perspective sur la simulation ne sont pas différents
D'	A- U+	>	A+ U-		Si A et B sont vérifiés : La prise de perspective favorise plus la simulation que l'affordance
D''	A- U+	<	A+ U-		Si A et B sont vérifiés : La prise de perspective favorise moins la simulation que l'affordance
E	A- U+	<	A+ U+		Si A est vérifié : L'effet positif de l'affordance sur la simulation s'ajoute à celui de la prise de perspective
E'	A- U+	=	A+ U+		Si A est vérifié : La prise de perspective favorise la simulation, quelle que soit l'affordance
F	A+ U-	<	A+ U+		Si B est vérifié : L'effet favorable de la prise de perspective s'ajoute à celui de l'affordance
F'	A+ U-	=	A+ U+		Si B est vérifié : L'affordance favorise la simulation, quelle que soit la prise de perspective

Enfin, dans un environnement virtuel, l'impossibilité d'agir réellement sur un objet pourrait diminuer l'affordance des objets cibles. L'expérimentation décrite ci-dessus pourrait

être déclinée dans les environnements réels et virtuels afin d'appréhender l'impact de ces environnement sur l'affordance. Une affordance diminuée en environnement virtuel impliquerait de recourir à la présence d'un acteur (avatar) pour inciter la simulation d'actions.

Conclusion générale

L'implication de l'utilisateur apporte des informations utiles à différents stades de la conception d'un produit. Le foisonnement des technologies offre des possibilités très variées pour présenter des produits (e.g. environnements virtuels, impression 3D, prototypage) et analyser leurs impacts sur les usages et les utilisateurs (e.g. capture audiovisuelle, eye-tracking, biométrie). Les travaux bibliographiques et expérimentaux présentés ne permettent pas de postuler une égalité entre l'action et l'observation pour évaluer des objets. Cependant les résultats des études réalisées indiquent que l'observation est une situation a priori appropriée pour évaluer des objets, notamment pour avancer les tests utilisateurs plus tôt dans la conception avec des environnements virtuels. L'observation en environnement réel est également une solution pour évaluer des produits par des acteurs et des observateurs simultanément. L'expérience en entreprise a montré que les concepteurs ont des exigences importantes de délai et de qualité. Le gain de temps offert par une passation collective laisse des marges potentielles pour réaliser des prestations complémentaires telles qu'une analyse de l'activité ou une expertise détaillée.

L'évolution des technologies virtuelles offre des solutions d'interaction et d'immersion des sens de plus en plus complètes et de plus en plus simples à mettre en œuvre. C'est probablement une solution à saisir pour profiter pleinement du potentiel qui se construit. Par conséquent, après avoir été évalués virtuellement, les prototypes physiques seront certainement plus aboutis, et leurs évaluations réelles gagneront en précision pour détecter des leviers d'amélioration plus subtils.

Enfin, l'intérêt, mais aussi la difficulté, de ce travail résidait dans la réalisation d'une synthèse pertinente entre les connaissances et les méthodes de l'ergonomie et de la psychologie cognitive, sans perdre de vue ni les attentes du terrain, ni les exigences scientifiques. En outre, l'articulation entre le monde de l'entreprise et le monde de la recherche offre la vision d'un potentiel d'application des connaissances d'une part, et de l'émergence de thématiques de recherches d'autre part. Contrairement à certaines idées reçues d'un cloisonnement entre ces deux mondes, certains acteurs tels que les partenaires de cette recherche ont parfaitement intégré les bénéfices d'une rencontre autour de l'ergonomie. Ce type de rencontre est autant générateur de problématiques de recherches que d'applications de connaissances très spécifiques.

Références

AFNOR (2013). *Sécurité des jouets - Partie 3 : migration de certains éléments*. Norme NF EN 71-3.

Althaus, V., Grosjean, V., & Brangier, E. (2013). La centration sur le processus du changement : l'apport de l'intervention systémique à l'amélioration du bien-être au travail. *Activités*, *10*, 127-149.

Association Paritaire pour la Santé et la Sécurité du travail secteur « Affaires Municipales » (APSAM) (2003). Un fauteuil ergonomique pour moins de 375$. *Bulletin trimestriel, 12, 5;*7. Retrieved from http://www.apsam.com/sites/default/files/docs /publications/revue/vol12-no1.pdf

Association Régionale pour l'Amélioration des Conditions de Travail de Basse-Normandie (2010). *De l'unité de travail aux conditions d'expositions aux risques professionnels : une démarche pour faire du document unique un outil de progrès*. Retrieved from http://www.anact.fr/portal/pls/portal/docs/1/4102376.PDF

Bach, C., & Scapin, D. L. (2005). Critères Ergonomiques pour les Interactions Homme-Environnements Virtuels: définitions, justifications et exemples. *Rapport technique, INRIA*, (5531).

Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction, 24,* 574-594..

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. doi: 10.3917/th.724.0311

Barsalou, L. W., Simmons, W. K., Barbey, A. K., & Wilson, C. D. (2003). Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. *Trends in Cognitive Sciences, 7*, 84-91. doi:10.1016/S1364-6613(02)00029-3

Bastien, J. M. C., & Scapin, D. L. (1993). Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. *Rapport technique, INRIA*, (0156).

Bastien, J. M. C., & Tricot, A. (2008). L'évaluation ergonomique des documents électroniques. In A. Chevalier & A. Tricot (Eds.), *Ergonomie des documents électroniques* (pp. 205-227). Paris : PUF.

Becchio, C., Del Giudice, M., Dal Monte, O., Latini-Corazzini, L., & Pia, L. (2011). In your place: neuropsychological evidence for altercentric remapping in embodied perspective taking. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *8*, 165–170. doi:10.1093/scan/nsr083

Bisseret, A., Sebillotte, S., & Falzon, P. (1999). *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes.* Toulouse: Octarès.

Bobillier-Chaumon, M., & Dubois, M. (2009). L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ? *Le Travail Humain, 72*, 355-382. doi: 10.3917/th.724.0355

Bobillier-Chaumon, M., Dubois, M., & Retour, D. (2006). L'acceptation du changement technique : le cas des nouvelles technologies dans le milieu bancaire. *Psychologie du Travail et des Organisations, 12*, 247–262.

Bongard-Blanchy, K., Bouchard, C., Bonnardel, N., Lockner, D., & Aoussat, A. (2015). User Experience Dimensions in Product Design: A consolidation of what academic researchers know and what design practitioners do. *Journal of Design Research, 13,* 107-124. doi: 10.1504/JDR.2015.069754

Bonnardel, N., Piolat, A., & Le Bigot, L. (2011). The impact of colour on Website appeal and users' cognitive processes. *Displays*, *32*, 69-80. doi: 10.1016/j.displa.2010.12.002

Bourgeois, F., & Van Belleghem, L. (2003). Avec l'approche travail dans l'évaluation des risques professionnels (décret 5/11/01), enfin du nouveau en prévention. In F. Hubault (Ed.), *Actes du séminaire Paris 1 : « Travailler, une expérience quotidienne du risque? »*. Toulouse : Octarès.

Brangier, E., & Barcenilla, J. (2003). *Concevoir un produit facile à utiliser : Adapter les technologies à l'homme.* Paris : Éditions d'Organisation.

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., 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, European Review of Applied Psychology, 60*, 129-146.

Brangier, E., & Robert, J. M. (2013). L'innovation par l'ergonomie : Éléments d'ergonomie prospective. Innovatio,1. Retrieved from http://webcom.upmf-grenoble.fr/lodel/innovacs/index.php?id=126

Brangier, E., & Robert, J. M. (2014). L'ergonomie prospective : Fondements et enjeux. *Le Travail Humain, 77*, 2-20.

Brender, N., & Markov, I. (2013). Risk perception and risk management in cloud computing: Results from a case study of Swiss companies. *International Journal of Information Management, 33*, 726-733. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2013.05.004

Brooke, J. (1996). SUS: A Quick and Dirty Usability Scale. In P.W. Jordan, B. Thomas, B.A. Weerdmeester & I.L. McClelland (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189-194). London: Taylor & Francis.

Burkolter, D., Weyers, B., Kluge, A., & Luther, W. (2014). Customization of user interfaces to reduce errors and enhance user acceptance. *Applied Ergonomics, 45,* 346-353.

de Bruin, L., van Elk, M., & Newen, A. (2012). Reconceptualizing second-person interaction. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*. doi: 10.3389/fnhum.2012.00151

Cadet, B., & Kouabénan, D. R. (2005). Évaluer et modéliser les risques : apports et limites de différents paradigmes dans le diagnostic de sécurité. *Le Travail Humain, 68*, 7-35. doi: 10.3917/th.681.0007

Calyxis (2015). *Les chutes*. Calyxis, Espace « Particuliers », Risques de la vie courante. Retrieved from http://www.calyxis.fr/index.php?/2008052348/espace-particuliers/Risques-de-la-vie-courante/Les-chutes-un-accident-courant-et-grave.html

Carlson, L. A., Hoffman, J., & Newcombe, N. (2010). Introduction to the special section on spatial reference frames: Examining what and how information is encoded through the integration of cognitive, behavioral, and neuroscience approaches. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *36*, 573-575.

Causse, P., Kouabénan, D. R., & Delhomme, P. (2004). Perception du risque d'accident lié à l'alcool chez des jeunes automobilistes : quelques déterminants de l'optimisme comparatif. *Le Travail Humain*, *3*, 235-256. doi: 10.3917/th.673.0235

Chaigneau, S. E., Barsalou, L. W., & Sloman, S. A. (2004). Assessing the Causal Structure of Function. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*, 601-625. doi:10.1037/0096-3445.133.4.601

Chaigneau, S. E., Barsalou, L. W., & Zamani, M. (2009). Situational information contributes to object categorization and inference. *Acta Psychologica, 130*, 81-94. doi:10.1016/j.actpsy.2008.10.004

Chemlal, S., & Cordier, F. (2006). Structures conceptuelles, représentation des objets et des relations entre les objets. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 60*, 7-23.

Chevallier, C., Baumard, N., Grèzes, J., & Pouga, L. (2010). Comprendre les actions, émotions et états mentaux d'autrui : psychologie et neurosciences. In A. Berthoz, C. Ossola & B. Stock (Eds.), *La pluralité interprétative : Fondements historiques et cognitifs de la notion de point de vue.* Paris : Collège de France. Retrieved from http://books.openedition.org/cdf/1464

Chuang, S., Cheng, Y., Chang, C., & Chiang, Y. (2013). The impact of self-confidence on the compromise effect. *International Journal of Psychology, 48*, 660-675. doi:10.1080/00207594.2012.666553

Code du travail (2008). *Obligations de l'employeur.* Article R4121-1. Retrieved from http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do%3Bjsessionid=30E9FC8524DB70070A

159E1B0C0DF204.tpdjo16v_2?idSectionTA=LEGISCTA000018532914&cidTexte=LEGITEXT000006072050&dateTexte=20080513.

Craighero, L., Fadiga, L., Rizzolatti, G., & Umiltà, C. (1999). Action for perception: A motor-visual attentional effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25*, 1673-1692. doi:10.1037/0096-1523.25.6.1673

Cross, E. S., Cohen, N. R., Hamilton, A. F. de C., Ramsey, R., Wolford, G., & Grafton, S. T. (2012). Physical experience leads to enhanced object perception in parietal cortex: Insights from knot tying. *Neuropsychologia, 50*, 3207-3217.

Darses, F., & de Montmollin, M. (2012). *L'ergonomie* (5è éd.). Paris : La Découverte.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly, 13,* 319–339.

Davis, F. D., & Venkatesh, V. (1996). A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model: three experiments. *International Journal of Human-Computer Studies*, *45*, 19-45.

Davis, M. H. (1983). Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach. *Journal of Personality and Social Psychology, 44*, 113-126. doi:10.1037/0022-3514.44.1.113

Dejours, C. (1998). *Souffrance en France : la banalisation de l'injustice sociale*. Paris: Seuil.

Denis, M. (2008). Assessing the symbolic distance effect in mental images constructed from verbal descriptions: A study of individual differences in the mental comparison of distances. *Acta Psychologica*, *127*(1), 197-210.

Denis, M., & Le Ny, J. F. (1986). Centering on figurative features during the comprehension of sentences describing scenes. *Psychological Research, 48*, 145-152.

Desmurget, M. (2006). *Imitation et apprentissages moteurs: des neurones miroirs à la pédagogie du geste sportif*. Marseille : Solal.

Dexta (2015). *Dexmo F2*. Available at http://www.dextarobotics.com

Deyzac, E., Logie, R. H., & Denis, M. (2006). Visuospatial working memory and the processing of spatial descriptions. *British Journal of Psychology*, *97*, 217-243.

Dillon, A., & Morris, M. (1996). User acceptance of new information technology: theories and models. In M. Williams (Ed.), *Annual Review of Information Science and Technology*, Vol. 31 (pp. 3-32). Medford, NJ: Information Today.

Dillon, A. & Morris, M. (1999). Power, Perception and Performance: From Usability Engineering to Technology Acceptance with the P3 Model of User Response. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *43*, 1017–1021. doi : 10.1177/154193129904301901

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.* Thèse de doctorat de Psychologie Cognitive. Université de Rennes 2. Retrieved from https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00608335

Fijalkow, Y., & Lévy, J-P. (2008). Un siècle d'étude sur le logement et l'habitat français en géographie urbaine (1900-2000). *Annales de Géographie, 662*, 20-41. doi: 10.3917/ag.662.0020

Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology, 22*, 455–479. doi: 10.1080/02643290442000310

Gaver, W. (1991). Technology affordances. In Proceedings of the CHI 1991, ACM Press: New York, 79 – 84.

Gibson, J. (1977). The Theory of Affordances. In R. Shaw & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, Acting, and Knowing* (pp. 127-143). New York: Lawrence Erlbaum.

Grosjean, J. C., & Neboit, M. (2000). Ergonomie et prévention en conception des situations de travail. *INRS, Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail*, *n°179*. Retrieved from http://www.inrs.fr/media?refINRS=ND%202127

Hard, B., Lozano, S. C., & Tversky, B. (2006). Hierarchical encoding of behavior: Translating perception into action. *Journal of Experimental Psychology: General, 135*, 588-608.

Hard, B., Recchia, G., & Tversky, B. (2011). The shape of action. *Journal of Experimental Psychology: General, 140*, 586-604. doi: http://dx.doi.org/10.1037/a0024310

Helander, M. (2010). Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort! *Ergonomics*, *46,* 13-14.

Heyman, T., Van Rensbergen, B., Storms, G., Hutchison, K. A., & De Deyne, S. (2015). The influence of working memory load on semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 41*, 911-920. doi: 10.1037/xlm0000050

Holmes, M. C., & Sholl, M. (2005). Allocentric Coding of Object-to-Object Relations in Overlearned and Novel Environments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *31,* 1069-1087.

Hornbæk, K. (2006). Current Practice in Measuring Usability: Challenges to Usability Studies and Research. *International Journal of Human-Computer Studies*, *64*, 79-102.

Horst, A. C., van Lier, R., & Steenbergen, B. (2011). Spatial dependency of action simulation. *Experimental Brain Research, 212*, 635-644.

Howell, D. (2008). *Méthodes statistiques en sciences humaines*. Paris: De Boeck Université.

Iachini, T., Borghi, A. M., & Senese, V. P. (2008). Categorization and sensorimotor interaction with objects. *Brain and Cognition, 67,* 31–43.

INRS (2015). *Évaluation des risques professionnels.* Retrieved from http://www.inrs.fr/demarche/evaluation-risques-professionnels/ce-qu-il-faut-retenir.html

ISO (1998). *Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation (TEV) -- Partie 11: Lignes directrices relatives à l'utilisabilité*. Norme ISO 9241-11.

ISO (1999). *Human-centered design processes for interactive systems*. Norme ISO 13407.

ISO (2008). *Software engineering - Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Quality model*. Norme ISO/IEC CD 25010.2

Jones, E. E., & Nisbett, R. E. (1972). The actor and the observer: Divergent perceptions of the causes of behavior. In E. E. Jones, D. Kanouse, H. H. Kelley, R. E. Nisbett, S. Valins & B. Weiner (Eds.), *Attribution: Perceiving the causes of behavior* (pp. 79-94). Morristown, NJ: General Learning Press.

Jouven, X., Schwartz, P. J., Escolano, S., Straczek, C., Tafflet, M., Desnos, M., Empana, J.P. & Ducimetiere, P. (2009). Excessive heart rate increase during mild mental stress in preparation for exercise predicts sudden death in the general population. *European Heart Journal, 30*, 1703–1710. doi:10.1093/eurheartj/ehp160

Kiefer, M., & Pulvermüller, F. (2012). Conceptual representations in mind and brain: Theoretical developments, current evidence and future directions. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *48*, 805-825. doi:10.1016/j.cortex.2011.04.006

King, W. R., & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management, 43*, 740–755.

Kjeldskov, J., & Skov, M. B. (2007). Studying usability in sitro: Simulating real world phenomena in controlled environments. *International Journal of Human-Computer Interaction, 22*, 7-36.

Kouabénan, D. R. (2007). Incertitude, croyances et management de la sécurité. *Le Travail Humain, 70*, 271-287. doi: 10.3917/th.703.0271

Lalanne, M. (2010). *Sociologie des risques domestiques des accidents invisibles*. Paris: Lavoisier, éditions Tec & Doc.

Lebon, F., Rouffet, D., Guillot, A., & Collet, C. (2008). Imagerie motrice et activité électromyographique. *Movement & Sport Sciences*, *64*, 11-34. doi: 10.3917/sm.064.0011

Lenté, C., Berthelot, S., & Buisine, S. (2014). *Scénariser l'usage pour améliorer la collaboration entre ergonomie, design et ingénierie*. ErgoIA, 15-17 octobre. Retrieved from http://stephanie.buisine.free.fr/publis/ErgoIA14b.pdf

Lewis, J. R. (1991). Psychometric evaluation of an after-scenario questionnaire for computer usability studies: the ASQ. *ACM SIGCHI Bulletin, 23*, 78-81.

Lewis, J. R. (1995). IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric Evaluation and Instructions for Use. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *7*, 57-78. doi: 10.1080/10447319509526110

Lozano, S. C., Hard, B., & Tversky, B. (2007). Putting action in perspective. *Cognition*, *103,* 480-490.

Lozano, S. C., Hard, B., & Tversky, B. (2008). Putting motor resonance in perspective. *Cognition, 106,* 1195-1220.

Maeda, J. (2006). *The Laws of Simplicity*. Cambridge, MA: MIT Press

Mao, J-Y., Vredenburg, K., Smith, P.W., & Carey, T. (2005). The state of user-centered design practice. *Communications of the ACM - The disappearing computer*, *48*, 105-109.

Mayeur, A., Bremond, R., & Bastien, C. (2011). La sécurité routière : du facteur humain à l'ergonomie de la route. In J. Dinet & C. Bastien (Eds.), *L'ergonomie des objets et des environnements physiques et numériques* (pp. 85-108). Paris : Hermès Science Publications.

McLellan, S., Muddimer, A., & Peres, S. C. (2012). The effect of experience on System Usability Scale ratings. *Journal of Usability Studies, 7,* 56-67.

Mou, W., Biocca, F., Owen, C. B., Tang, A., Xiao, F., & Lim, L. (2004). Frames of Reference in Mobile Augmented Reality Displays. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 10*, 238-244.

Mouchet, A., Vermersch, P., & Bouthier, D. (2011). Méthodologie d'accès à l'expérience subjective : entretien composite et vidéo. *Savoirs, 27,* 85-105.

Nelson, J., Buisine, S., & Aoussat, A. (2012). A methodological proposal to assist scenario-based design in the early stages of innovation projects. *Le Travail Humain, 75*, 279-305.

Nelson, J., Buisine, S., & Aoussat, A. (2013). Anticipating the use of future things: Towards a framework for prospective use analysis in innovation design projects. *Applied Ergonomics*, *44*, 948-956.

Nelson, J., Buisine, S., Aoussat, A., & Gazo, C. (2014). Generating prospective scenarios of use in innovation projects. *Le Travail Humain*, *77*, 21-38. doi: 10.3917/th.771.0021

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* (pp. 25-62). New-York: John Wiley & Sons.

Norman, D. (1988). *The Design of Everyday Things.* New York: Basic Books.

Norman, D. (1999). Affordances, Conventions and Design. *Interactions*, *VI.3*, 38-42.

Norman, D. (2004). *Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things.* New York: Basic Books.

Noulin, M. (2002). *Ergonomie*. Toulouse : Octarès.

Oculus (2015). Oculus Rift. Available at https://www.oculus.com

Ozok, A., Wu, H., Garrido, M., & Pronovost, P. J. (2014). Usability and perceived usefulness of personal health records for preventive health care: A case study focusing on patients' and primary care providers' perspectives. *Applied Ergonomics*, *45*, 613-628. http://dx.doi.org/10.1016/ j.apergo.2013.09.005

Poizat, G., Haradji, Y., & Seifert, L. (2011). Concevoir du matériel sportif à partir d'une approche centrée sur l'activité : une alternative en ergonomie du sport. *STAPS*, *94*, 71-83.

Preece, M. H. W., Hill, A., Horswill, M. S., Karamatic, R., Hewett, D. G., & Watson, M. O. (2013). Applying heuristic evaluation to observation chart design to improve the detection of patient deterioration. *Applied Ergonomics, 44*, 544-556.

Preece, P., Rogers, Y., & Sharp, H. (2002). *Interaction Design* (1st ed.). New York : John Wiley & Son.

Proust, J. (2000). Pour une théorie "motrice" de la simulation. *Psychologie Française, 45*, 295-306.

Proust, M. (1913). *Du côté de chez Swann. À la recherche du temps perdu* (éd. 1988, vol. 3). Paris: Gallimard.

Rasmussen, J. (1982). Human Errors: a Taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents, 4*, 311 -335.

Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science, 27*, 183–213.

Roger, M., Knutsen, D., Bonnardel, N., & Le Bigot, L. (2013). Landmark frames of reference in route description dialogues. *Applied Cognitive Psychology, 27*, 497-504. doi:10.1002/acp.2927

Sauer, J., Seibel K., & Rüttinger, B. (2010). The influence of user expertise and prototype fidelity in usability tests. *Applied Ergonomics*, *41*, 130-140.

Schmettow, M., Bach, C., & Scapin, D. (2014). Optimizing Usability Studies by Complementary Evaluation Methods. *Proceedings of the 28th BCS International Conference on Human-Computer Interaction.* doi: http://dx.doi.org/10.14236/ewic/hci2014.12

Schober, M. F. (1995). Speakers, addresses, and frames of reference: Whose effort is minimized in conversation about location? *Discourse Processes, 20*, 219-247.

Sholl, M. (2001). The role of a self-reference system in spatial navigation. In D. Montello (Ed.), *Spatial information theory: Foundations of geographical information science* (pp. 217-232). Berlin: Springer-Verlag.

Sholl, M., Acacio, J. C., Makar, R. O., & Leon, C. (2000). The relation of sex and sense of direction to spatial orientation in an unfamiliar environment. *Journal of Environmental Psychology*, *20*, 7-28.

Sinigaglia, C., & Rizzolatti, G. (2011). Through the looking glass: Self and others. *Consciousness and Cognition: An International Journal, 20*, 64-74. doi:10.1016/j.concog.2010.11.012

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., & Sauer, J. (2013) The influence of socio-cultural background and product value in usability testing. *Applied Ergonomics*, *44*, 341-349.

Talbot, K., Legge, E. L., Bulitko, V., & Spetch, M. (2009). Hiding and searching strategies of adult humans in a virtual and a real-space room. *Learning and Motivation, 40*, 221-233. doi:10.1016/j.lmot.2009.01.003

Tapie, G. (2014). *Sociologie de l'habitat contemporain : vivre l'architecture*. Marseille: Parenthèses.

TEA (2015). *Logiciel Capti.*. Available at http://teaergo.com/site/fr/produits/fabricants/tea/logiciel-captiv

Thariq, M. G. M., Munasinghe, H. P., & Abeysekara, J. D. (2010). Designing chairs with mounted desktop for university students: ergonomics and comfort. *International Journal of Industrial Ergonomics, 40,* 8-18.

Thill, S., Caligiore, D., Borghi, A. M., Ziemke, T., & Baldassarre, G. (2013). Theories and computational models of affordance and mirror systems: an integrative review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *37*, 491-521. doi:10.1016/j.neubiorev.2013.01.012

Tijus C.-A., & Cordier F. (2003). Psychologie de la connaissance des objets. Catégories et propriétés, tâches et domaines d'investigation. *L'année psychologique,103,* 223-256.

Tricot, A. (2003). IHM, cognition et environnements d'apprentissage. In G. Boy (Ed.), *L'ingénierie cognitive : IHM et cognition* (pp. 411-447). Paris : Hermès Science.

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 C. Desmoulins, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds.), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (pp. 391-402). Paris : ATIEF / INRP.

Tricot, A., & Tricot, M. (2000). Un cadre formel pour interpréter les liens entre utilisabilité et utilité des systèmes d'information (et généralisation à l'évaluation d'objets finalisés). *Actes du Colloque Ergo-IHM 2000*, *Biarritz* (pp. 195-202).

Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases *Science*, *185*, 1124-1131.

Tversky, B., & Hard, B. M. (2009). Embodied and disembodied cognition: Spatial perspective taking. *Cognition, 110*, 124-129.

Valentin, A., Lancry, A., & Lemarchand, C. (2010). La construction des échantillons dans la conception ergonomique de produits logiciels pour le grand public : Quel quantitatif pour les études qualitatives ? *Le Travail Humain, 73*, 261-290.

Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences, 39,* 273–315.

Venkatesh, V., & Davis, F. D. A. (2000). Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science, 45*, 186-204.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, F. D., & Davis, G. B. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, *27,* 425-478.

Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly, 36*, 157-178.

Virtusphere (2015). Retrieved from http://www.virtusphere.com

VisBox (2015). VisCube. Available at http://www.visbox.com

Waller, S., Bradley, M., Hosking, I., & Clarkson, P. J. (2015). Making the case for inclusive design. *Applied Ergonomics, 46*, 297-303.

Weiss, E. (1993). *Making computers people-literate*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

Wickens, C. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science, 3,* 159-177.

Zacks, J., & Tversky, B. (2001). Event structure in perception and conception. *Psychological Bulletin*, *127*, 3-21.

Zacks, J., Tversky, B., & Iyer, G. (2001). Perceiving, remembering and communicating structure in events. *Journal of Experimental Psychology: General, 136*, 29-58.

Annexes

Annexe 1. Les questionnaires d'utilisabilité I

Annexe 2. Les questionnaires d'acceptabilité V

Annexe 3. Les heuristiques d'évaluation de Xerox X

Annexe 4. Evaluer dans un environnement réel ou virtuel (Etude préliminaire) XXIII

Annexe 5. Visuels des fauteuils expertisés dans l'étude 1 XXXVIII

Annexe 6. Informations sur l'ergonomie des fauteuils de bureau XL

Annexe 7. Guide heuristique de l'étude 1 (phase 1) XLIV

Annexe 8. Questionnaire utilisateur de l'étude 1 XLIX

Annexe 9. Echelles de classement de l'étude 1 LII

Annexe 10. Analyses de l'étude 1 LIV

Annexe 11. Scénarios d'activités et visuels des objets évalués dans les études 2 et 3 ... LXIII

Annexe 12. Questionnaires des études 2 et 3 LXIX

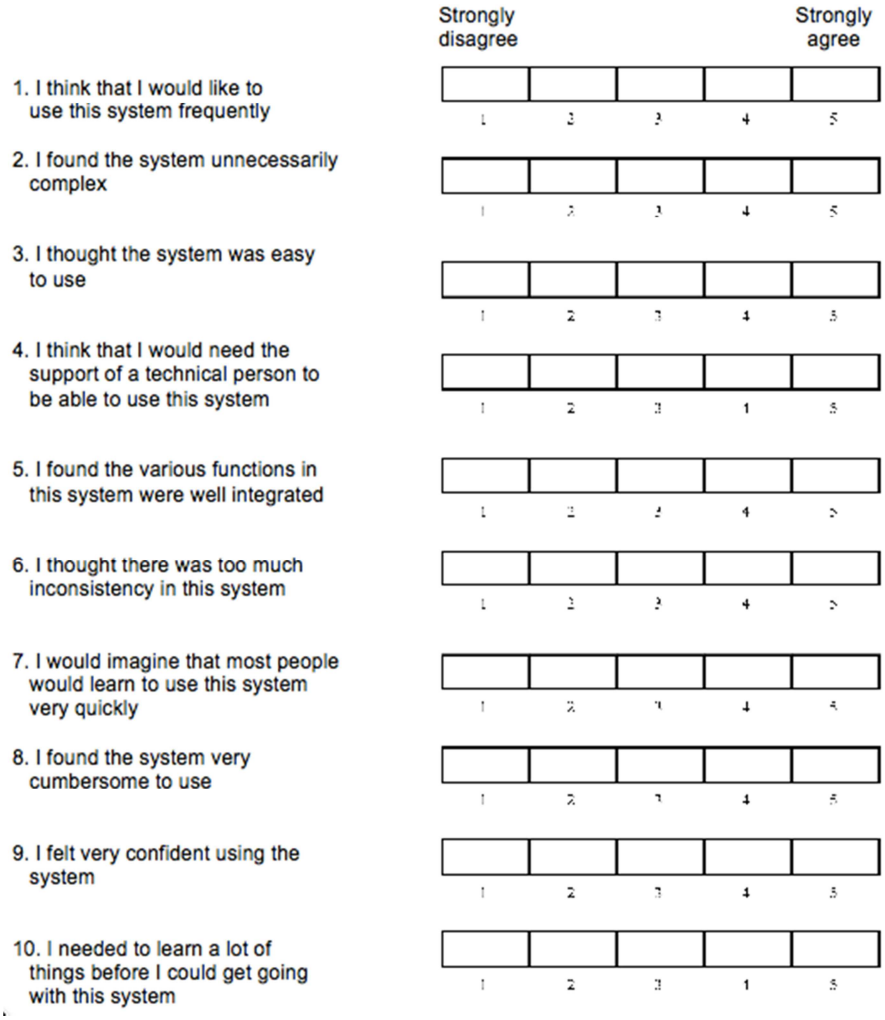
Annexe 13. Analyses des évaluations de l'étude 2 LXXIII

Annexe 14. Analyses des évaluations de l'étude 3 LXXXIII

Annexe 1. Les questionnaires d'utilisabilité

1.1. Items originaux du System Usability Scale (SUS)

Tableau 13 : Les 10 items du SUS original (Brooke, 1996).
Les items pairs sont à valence positive, tandis que les items impairs sont à valence négative. Le SUS donne un score composite de la facilité d'utilisation globale du système ciblé. Le score d'item considéré individuellement n'a aucune valeur. Le score SUS allant de 0 à 100 peut être calculé de la façon suivante :
Score SUS = [(Somme items impairs) - (Somme items pairs) + 20]*2,5



1.2. L'After-Scenario Questionnaire (ASQ)

Tableau 14 : Les 3 items de l'ASQ original (Lewis, 1991a ; Lewis, 1993).
Le score d'utilisabilité correspond à la moyenne des scores de chaque item.

1. Overall, I am satisfied with the ease of completing this task.

STRONGLY AGREE	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**STRONGLY DISAGREE**

2. Overall, I am satisfied with the amount of time it took to complete this task.

STRONGLY AGREE	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**STRONGLY DISAGREE**

3. Overall, I am satisfied with the support information (on-line help, messages, documentation) when completing this task.

STRONGLY AGREE	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**STRONGLY DISAGREE**

1.3. Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ)

Tableau 15 : Les 19 items du PSSUQ original (Lewis, 1993)
Le score d'utilisabilité correspond à la moyenne des scores de chaque item.
L'échelle originale correspond à celle de l'ASQ présentée ci-dessus.

UTILITE	1. Overall, I am satisfied with how easy it is to use this system. 2. It was simple to use this system. 3. I could effectively complete the tasks and scenarios using this system. 4. I was able to complete the tasks and scenarios quickly using this system. 5. I was able to efficiently complete the tasks and scenarios using this system. 6. I felt comfortable using this system. 7. It was easy to learn to use this system. 8. I believe I could become productive quickly using this system.
QUALITE DE L'INFORMATION	9. The system gave error messages that clearly told me how to fix problems. 10. Whenever I made a mistake using the system, I could recover easily and quickly. 11. The information (such as on-line help, on-screen messages and other documentation) provided with this system was clear. 12. It was easy to find the information I needed. 13. The information provided for the system was easy to understand. 14. The information was effective in helping me complete the tasks and scenarios. 15. The organization of information on the system screens was clear.
QUALITE DE L'INTERFACE	Note: The interface includes those items that you use to interact with the system. For example, some components of the interface are the keyboard, the mouse, the screens (including their use of graphics and language). 16. The interface of this system was pleasant. 17. I liked using the interface of this system. 18. This system has all the functions and capabilities I expect it to have.
Item supplémentaire : satisfaction	19. Overall, I am satisfied with this system.

2.

2.1. Le Computer System Usability Questionnaire (CSUQ)

Tableau 16 : Les 19 items du CSUQ original (Lewis, 1993)
Le score d'utilisabilité correspond à la moyenne des scores de chaque item.

UTILITE	1. Overall, I am satisfied with how easy it is to use this system. 2. It is simple to use this system. 3. I can effectively complete my work using this system. 4. I am able to complete my work quickly using this system. 5. I am able to efficiently complete my work using this system. 6. I feel comfortable using this system. 7. It was easy to learn to use this system. 8. I believe I became productive quickly using this system.
QUALITE DE L'INFORMATION	9. The system gives error messages that clearly tell me how to fix problems. 10. Whenever I make a mistake using the system, I recover easily and quickly. 11. The information (such as on-line help, on-screen messages and other documentation) provided with this system is clear. 12. It is easy to find the information I need. 13. The information provided with the system is easy to understand. 14. The information is effective in helping me complete my work. 15. The organization of information on the system screens is clear.
QUALITE DE L'INTERFACE	Note: The interface includes those items that you use to interact with the system. For example, some components of the interface are the keyboard, the mouse, the screens (including their use of graphics and language). 16. The interface of this system is pleasant. 17. I like using the interface of this system. 18. This system has all the functions and capabilities I expect it to have.
Item supplémentaire : satisfaction	19. Overall, I am satisfied with this system.

Annexe 2. Les questionnaires d'acceptabilité

2.2. Le Technologie Acceptance Model

Tableau 17 : Les 12 items du TAM (Davis, 1989)
L'utilité (Perceived Usefulness) et la facilité d'utilisation (Perceived Ease of Use) sont respectivement appréhendées à l'aide de 6 items, avec une échelle d'accord en 7 points pour chaque item.

Perceived Usefulness

Using CHART-MASTER in my job would enable me to accomplish tasks more quickly.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

Using CHART-MASTER would improve my job performance.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

Using CHART-MASTER in my job would increase my productivity.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

Using CHART-MASTER would enhance my effectiveness on the job.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

Using CHART-MASTER would make it easier to do my job.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

I would find CHART-MASTER useful in my job.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

Perceived Ease of Use

Learning to operate CHART-MASTER would be easy for me.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

I would find it easy to get CHART-MASTER to do what I want it to do.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

My interaction with CHART-MASTER would be clear and understandable.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

I would find CHART-MASTER to be flexible to interact with.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

It would be easy for me to become skillful at using CHART-MASTER.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

I would find CHART-MASTER easy to use.

likely |_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____| unlikely
extremely quite slightly neither slightly quite extremely

2.3. Le Technology Acceptance Model, version 3 (TAM-3)

Tableau 18 : Les 51 items du TAM (Davis, 1989)
Les items (retranscrits dans une colonne de droite) sont répartis en 15 dimensions (colonne de gauche). Les items sont mesurés sur une échelle de type Likert en 7 points (1 pas du tout d'accord, à 7 tout à fait d'accord), excepté pour la dimension « Computer Self-Efficacity » (CSE) qui est mesurée sur une échelle de type Guttman en 10 points.

Dimensions	Code	Items
Perceived Usefulness (PU)	PU1	Using the system improves my performance in my job.
	PU2	Using the system in my job increases my productivity.
	PU3	Using the system enhances my effectiveness in my job.
	PU4	I find the system to be useful in my job.
Perceived Ease of Use (PEOU)	PEOU1	My interaction with the system is clear and understandable.
	PEOU2	Interacting with the system does not require a lot of my mental effort.
	PEOU3	I find the system to be easy to use.
	PEOU4	I find it easy to get the system to do what I want it to do.
Computer Self-Efficacy (CSE)		I could complete the job using a software package...
	SCE1	...if there was no one around to tell me what to do as I go.
	CSE2	...if I had just the built-in help facility for assistance.
	CSE3	...if someone showed me how to do it first.
	CSE4	...if I had used similar packages before this one to do the same job.
Perceptions of External Control (PEC)	PEC1	I have control over using the system.
	PEC2	I have the resources necessary to use the system.
	PEC3	Given the resources, opportunities and knowledge it takes to use the system, it would be easy or me to use the system.
	PEC4	The system is not compatible with other systems I use.
Computer Playfulness (CPLAY)		The following questions ask you how you would characterize yourself when you use computers:
	CPLAY1	...spontaneous
	CPLAY2	...creative
	CPLAY3	...playful
	CPLAY4	...unoriginal
Computer Anxiety (CANX)	CANX1	Computers do not scare me at all.
	CANX2	Working with a computer makes me nervous.
	CANX3	Computers make me feel uncomfortable.
	CANX4	Computers make me feel uneasy.
Perceived Enjoyment (ENJ)	ENJ1	I find using the system to be enjoyable.
	ENJ2	The actual process of using the system is pleasant.
	ENJ3	I have fun using the system.
Subjective Norm (SN)	SN1	People who influence my behavior think that I should use the system.
	SN2	People who are important to me think that I should use the system.
	SN3	The senior management of this business has been helpful in the use of the system.
	SN4	In general, the organization has supported the use of the system.
Voluntariness (VOL)	VOL1	My use of the system is voluntary.
	VOL2	My supervisor does not require me to use the system.
	VOL3	Although it might be helpful, using the system is certainly not compulsory in my job.
Image (IMG)	IMG1	People in my organization who use the system have more prestige than those who do not.
	IMG2	People in my organization who use the system have a high profile.
	IMG3	Having the system is a status symbol in my organization.
Job Relevance (REL)	REL1	In my job, usage of the system is important.
	REL2	In my job, usage of the system is relevant.
	REL3	The use of the system is pertinent to my various job-related tasks.
Output Quality	OUT1	The quality of the output I get from the system is high.

(OUT)		
	OUT2	I have no problem with the quality of the system's output.
	OUT3	I rate the results from the system to be excellent.
Result Demonstrability (RES)	RES1	I have no difficulty telling others about the results of using the system.
	RES2	I believe I could communicate to others the consequences of using the system.
	RES3	The results of using the system are apparent to me.
	RES4	I would have difficulty explaining why using the system may or may not be beneficial.
Behavioral Intention (BI)	BI1	Assuming I had access to the system, I intend to use it.
	BI2	Given that I had access to the system, I predict that I would use it.
	BI3	I plan to use the system in the next <n> months.
Use (USE)	USE1	On average, how much time do you spend on the system each day?

1.1. L'Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, version 2 (UTAUT-2)

Tableau 19 : Exemple de 32 Items de l'UTAUT-2 adaptés à l'évaluation de l'internet mobile, présentés par Venkatesh et al. (2012). Les items (retranscrits dans la colonne de droite) sont répartis en 9 dimensions (colonne de gauche). Les items sont mesurés sur une échelle de type Likert en 7 points.

Dimensions	Codes / Items
Performance Expectancy	PE1. I find mobile Internet useful in my daily life.
	PE2. Using mobile Internet increases my chances of achieving things that are
	PE3. Using mobile Internet helps me accomplish things more quickly.
	PE4. Using mobile Internet increases my productivity.
Effort Expectancy	EE1. Learning how to use mobile Internet is easy for me.
	EE2. My interaction with mobile Internet is clear and understandable. EE3. I
	EE4. It is easy for me to become skillful at using mobile Internet.
Social Influence	SI1. People who are important to me think that I should use mobile Internet.
	SI2. People who influence my behavior think that I should use mobile
	SI3. People whose opinions that I value prefer that I use mobile Internet.
Facilitating Conditions	FC1. I have the resources necessary to use mobile Internet.
	FC2. I have the knowledge necessary to use mobile Internet.
	FC3. Mobile Internet is compatible with other technologies I use.
	FC4. I can get help from others when I have difficulties using mobile
Hedonic Motivation	HM1. Using mobile Internet is fun.
	HM2. Using mobile Internet is enjoyable.
	HM3. Using mobile Internet is very entertaining.
Price Value	PV1. Mobile Internet is reasonably priced.
	PV2. Mobile Internet is a good value for the money.
	PV3. At the current price, mobile Internet provides a good value.
Habit	HT1. The use of mobile Internet has become a habit for me. HT2. I am
	HT3. I must use mobile Internet.
	HT4. Using mobile Internet has become natural to me. (dropped)
Behavioral Intention	BI1. I intend to continue using mobile Internet in the future.
	BI2. I will always try to use mobile Internet in my daily life.
	BI3. I plan to continue to use mobile Internet frequently.
Use	*Please choose your usage frequency for each of the following:*
	a) SMS
	b) MMS
	c) Ringtone and logo download
	d) Java games
	e) Browse websites

f) Mobile e-mail

Annexe 3. Les heuristiques d'évaluation de Xerox

Tableau 20 : Les heuristiques d'évaluation par check-list de Xerox (1995)

Usability Techniques

Heuristic Evaluation - A System Checklist

By Deniese Pierotti, Xerox Corporation

Heuristic Evaluation - A System Checklist

1. Visibility of System Status

The system should always keep user informed about what is going on, through appropriate feedback within reasonable time.

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
1.1	Does every display begin with a title or header that describes screen contents?	O O O	
1.2	Is there a consistent icon design scheme and stylistic treatment across the system?	O O O	
1.3	Is a single, selected icon clearly visible when surrounded by unselected icons?	O O O	
1.4	Do menu instructions, prompts, and error messages appear in the same place(s) on each menu?	O O O	
1.5	In multipage data entry screens, is each page labeled to show its relation to others?	O O O	
1.6	If overtype and insert mode are both available, is there a visible indication of which one the user is in?	O O O	
1.7	If pop-up windows are used to display error messages, do they allow the user to see the field in error?	O O O	
1.8	Is there some form of system feedback for every operator action?	O O O	
1.9	After the user completes an action (or group of actions), does the feedback indicate that the next group of actions can be started?	O O O	
1.10	Is there visual feedback in menus or dialog boxes about which choices are selectable?	O O O	
1.11	Is there visual feedback in menus or dialog boxes about which choice the cursor is on now?	O O O	
1.12	If multiple options can be selected in a menu or dialog box, is there visual feedback about which options are already selected?	O O O	
1.13	Is there visual feedback when objects are selected or moved?	O O O	
1.14	Is the current status of an icon clearly indicated?	O O O	
#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
1.15	Is there feedback when function keys are pressed?	O O O	
1.16	If there are observable delays (greater than fifteen seconds) in the system's response time, is the user kept informed of the system's progress?	O O O	
1.17	Are response times appropriate to the task?	O O O	
1.18	Typing, cursor motion, mouse selection: 50-1 50 milliseconds	O O O	
1.19	Simple, frequent tasks: less than 1 second	O O O	
1.20	Common tasks: 2-4 seconds	O O O	
1.21	Complex tasks: 8-12 seconds	O O O	

1.22	Are response times appropriate to the user's cognitive processing?	O O O	
1.23	Continuity of thinking is required and information must be remembered throughout several responses: less than two seconds.	O O O	
1.24	High levels of concentration aren't necessary and remembering information is not required: two to fifteen seconds.	O O O	
1.25	Is the menu-naming terminology consistent with the user's task domain?	O O O	
1.26	Does the system provide *visibility:* that is, by looking, can the user tell the state of the system and the alternatives for action?	O O O	
1.27	Do GUI menus make obvious which item has been selected?	O O O	
1.28	Do GUI menus make obvious whether deselection is possible?	O O O	
1.29	If users must navigate between multiple screens, does the system use context labels, menu maps, and place markers as navigational aids?	O O O	

2. Match Between System and the Real World

The system should speak the user's language, with words, phrases and concepts familiar to the user, rather than system-oriented terms. Follow real-world conventions, making information appear in a natural and logical order.

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
2.1	Are icons concrete and familiar?	O O O	
2.2	Are menu choices ordered in the most logical way, given the user, the item names, and the task variables?	O O O	
2.3	If there is a natural sequence to menu choices, has it been used?	O O O	
2.4	Do related and interdependent fields appear on the same screen?	O O O	
2.5	If shape is used as a visual cue, does it match cultural conventions?	O O O	
2.6	Do the selected colors correspond to common expectations about color codes?	O O O	
2.7	When prompts imply a necessary action, are the words in the message consistent with that action?	O O O	
2.8	Do keystroke references in prompts match actual key names?	O O O	
2.9	On data entry screens, are tasks described in terminology familiar to users?	O O O	
2.10	Are field-level prompts provided for data entry screens?		
2.11	For question and answer interfaces, are questions stated in clear, simple language?	O O O	
2.12	Do menu choices fit logically into categories that have readily understood meanings?	O O O	
2.13	Are menu titles parallel grammatically?	O O O	
2.14	Does the command language employ user jargon and avoid computer jargon?	O O O	
2.15	Are command names specific rather than general?	O O O	
2.16	Does the command language allow both full names and abbreviations?	O O O	
2.17	Are input data codes meaningful?	O O O	
2.18	Have uncommon letter sequences been avoided whenever possible?	O O O	

2.19	Does the system automatically enter leading or trailing spaces to align decimal points?	O O O	
2.20	Does the system automatically enter a dollar sign and decimal for monetary entries?	O O O	

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
2.21	Does the system automatically enter commas in numeric values greater than 9999?	O O O	
2.22	Do GUI menus offer activation: that is, make obvious how to say *"now do it"?*	O O O	
2.23	Has the system been designed so that keys with similar names do not perform opposite (and potentially dangerous) actions?	O O O	
2.24	Are function keys labeled clearly and distinctively, even if this means breaking consistency rules?	O O O	

3. User Control and Freedom

Users should be free to select and sequence tasks (when appropriate), rather than having the system do this for them. Users often choose system functions by mistake and will need a clearly marked "emergency exit" to leave the unwanted state without having to go through an extended dialogue. Users should make their own decisions (with clear information) regarding the costs of exiting current work. The system should support undo and redo.

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
3.1	If setting up windows is a low-frequency task, is it particularly easy to remember?	O O O	
3.2	In systems that use overlapping windows, is it easy for users to rearrange windows on the screen?	O O O	
3.3	In systems that use overlapping windows, is it easy for users to switch between windows?	O O O	
3.4	When a user's task is complete, does the system wait for a signal from the user before processing?	O O O	
3.5	Can users type-ahead in a system with many nested menus?	O O O	
3.6	Are users prompted to confirm commands that have drastic, destructive consequences?	O O O	
3.7	Is there an "undo" function at the level of a single action, a data entry, and a complete group of actions?	O O O	
3.8	Can users cancel out of operations in progress?	O O O	
3.9	Are character edits allowed in commands?	O O O	
3.10	Can users reduce data entry time by copying and modifying existing data?	O O O	
3.11	Are character edits allowed in data entry fields?	O O O	
3.12	If menu lists are long (more than seven items), can users select an item either by moving the cursor or by typing a mnemonic code?	O O O	
3.13	If the system uses a pointing device, do users have the option of either clicking on menu items or using a keyboard shortcut?	O O O	

3.14	Are menus broad (many items on a menu) rather than deep (many menu levels)?	O O O	
3.15	If the system has multiple menu levels, is there a mechanism that allows users to go back to previous menus?	O O O	
#	**Review Checklist**	**Yes No N/A**	**Comments**
3.16	If users can go back to a previous menu, can they change their earlier menu choice?	O O O	
3.17	Can users move forward and backward between fields or dialog box options?	O O O	
3.18	If the system has multipage data entry screens, can users move backward and forward among all the pages in the set?	O O O	
3.19	If the system uses a question and answer interface, can users go back to previous questions or skip forward to later questions?	O O O	
3.20	Do function keys that can cause serious consequences have an undo feature?	O O O	
3.21	Can users easily reverse their actions?	O O O	
3.22	If the system allows users to reverse their actions, is there a retracing mechanism to allow for multiple undos?	O O O	
3.23	Can users set their own system, session, file, and screen defaults?	O O O	

4. Consistency and Standards

Users should not have to wonder whether different words, situations, or actions mean the same thing. Follow platform conventions.

#	**Review Checklist**	**Yes No N/A**	**Comments**
4.1	Have industry or company formatting standards been followed consistently in all screens within a system?	O O O	
4.2	Has a heavy use of all uppercase letters on a screen been avoided?	O O O	
4.3	Do abbreviations not include punctuation?	O O O	
4.4	Are integers right-justified and real numbers decimal-aligned?	O O O	
4.5	Are icons labeled?	O O O	
4.6	Are there no more than twelve to twenty icon types?	O O O	
4.7	Are there salient visual cues to identify the active window?	O O O	
4.8	Does each window have a title?	O O O	
4.9	Are vertical and horizontal scrolling possible in each window?	O O O	
4.10	Does the menu structure match the task structure?	O O O	
4.11	Have industry or company standards been established for menu design, and are they applied consistently on all menu screens in the system?	O O O	
4.12	Are menu choice lists presented vertically?	O O O	
4.13	If "exit" is a menu choice, does it always appear at the bottom of the list?	O O O	
4.14	Are menu titles either centered or left-justified?	O O O	
4.15	Are menu items left-justified, with the item number or mnemonic preceding the name?	O O O	

4.16	Do embedded field-level prompts appear to the right of the field label?	O O O	
4.17	Do on-line instructions appear in a consistent location across screens?	O O O	
4.18	Are field labels and fields distinguished typographically?	O O O	
4.19	Are field labels consistent from one data entry screen to another?	O O O	
4.20	Are fields and labels left-justified for alpha lists and right-justified for numeric lists?	O O O	
#	**Review Checklist**	**Yes No N/A**	**Comments**
4.21	Do field labels appear to the left of single fields and above list fields?	O O O	
4.22	Are attention-getting techniques used with care?	O O O	
4.23	Intensity: two levels only	O O O	
4.24	Size: up to four sizes	O O O	
4.25	Font: up to three	O O O	
4.26	Blink: two to four hertz	O O O	
4.27	Color: up to four (additional colors for occasional use only)	O O O	
4.28	Sound: soft tones for regular positive feedback, harsh for rare critical conditions	O O O	
4.29	Are attention-getting techniques used only for exceptional conditions or for time-dependent information?	O O O	
4.30	Are there no more than four to seven colors, and are they far apart along the visible spectrum?	O O O	
4.31	Is a legend provided if color codes are numerous or not obvious in meaning?	O O O	
4.32	Have pairings of high-chroma, spectrally extreme colors been avoided?	O O O	
4.33	Are saturated blues avoided for text or other small, thin line symbols?	O O O	
4.34	Is the most important information placed at the beginning of the prompt?	O O O	
4.35	Are user actions named consistently across all prompts in the system?	O O O	
4.36	Are system objects named consistently across all prompts in the system?	O O O	
4.37	Do field-level prompts provide more information than a restatement of the field name?	O O O	
4.38	For question and answer interfaces, are the valid inputs for a question listed?	O O O	
4.39	Are menu choice names consistent, both within each menu and across the system, in grammatical style and terminology?	O O O	
4.40	Does the structure of menu choice names match their corresponding menu titles?	O O O	
4.41	Are commands used the same way, and do they mean the same thing, in all parts of the system?	O O O	
4.42	Does the command language have a consistent, natural, and mnemonic syntax?	O O O	
4.43	Do abbreviations follow a simple primary rule and, if necessary, a simple secondary rule for abbreviations that otherwise would be duplicates?	O O O	
#	**Review Checklist**		**Comments**

		Yes No N/A	
4.44	Is the secondary rule used only when necessary?	O O O	
4.45	Are abbreviated words all the same length?	O O O	
4.46	Is the structure of a data entry value consistent from screen to screen?	O O O	
4.47	Is the method for moving the cursor to the next or previous field consistent throughout the system?	O O O	
4.48	If the system has multipage data entry screens, do all pages have the same title?	O O O	
4.49	If the system has multipage data entry screens, does each page have a sequential page number?	O O O	
4.50	Does the system follow industry or company standards for function key assignments?	O O O	
4.51	Are high-value, high-chroma colors used to attract attention?	O O O	

5. Help Users Recognize, Diagnose, and Recover From Errors

Error messages should be expressed in plain language (NO CODES).

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
5.1	Is sound used to signal an error?	O O O	
5.2	Are prompts stated constructively, without overt or implied criticism of the user?	O O O	
5.3	Do prompts imply that the user is in control?	O O O	
5.4	Are prompts brief and unambiguous.	O O O	
5.5	Are error messages worded so that the system, not the user, takes the blame?	O O O	
5.6	If humorous error messages are used, are they appropriate and inoffensive to the user population?	O O O	
5.7	Are error messages grammatically correct?	O O O	
5.8	Do error messages avoid the use of exclamation points?	O O O	
5.9	Do error messages avoid the use of violent or hostile words?	O O O	
5.10	Do error messages avoid an anthropomorphic tone?	O O O	
5.11	Do all error messages in the system use consistent grammatical style, form, terminology, and abbreviations?	O O O	
5.12	Do messages place users in control of the system?	O O O	
5.13	Does the command language use normal action-object syntax?	O O O	
5.14	Does the command language avoid arbitrary, non-English use of punctuation, except for symbols that users already know?	O O O	
5.15	If an error is detected in a data entry field, does the system place the cursor in that field or highlight the error?	O O O	
5.16	Do error messages inform the user of the error's severity?	O O O	
5.17	Do error messages suggest the cause of the problem?	O O O	

5.18	Do error messages provide appropriate semantic information?	O O O	
5.19	Do error messages provide appropriate syntactic information?	O O O	
5.20	Do error messages indicate what action the user needs to take to correct the error?	O O O	
5.21	If the system supports both novice and expert users, are multiple levels of error-message detail available?	O O O	

6. Error Prevention

Even better than good error messages is a careful design which prevents a problem from occurring in the first place.

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
6.1	If the database includes groups of data, can users enter more than one group on a single screen?	O O O	
6.2	Have dots or underscores been used to indicate field length?	O O O	
6.3	Is the menu choice name on a higher-level menu used as the menu title of the lower-level menu?	O O O	
6.4	Are menu choices logical, distinctive, and mutually exclusive?	O O O	
6.5	Are data inputs case-blind whenever possible?	O O O	
6.6	If the system displays multiple windows, is navigation between windows simple and visible?	O O O	
6.7	Are the function keys that can cause the most serious consequences in hard-to-reach positions?	O O O	
6.8	Are the function keys that can cause the most serious consequences located far away from low-consequence and high-use keys?	O O O	
6.9	Has the use of qualifier keys been minimized?	O O O	
6.10	If the system uses qualifier keys, are they used consistently throughout the system?	O O O	
6.11	Does the system prevent users from making errors whenever possible?	O O O	
6.12	Does the system warn users if they are about to make a potentially serious error?	O O O	
6.13	Does the system intelligently interpret variations in user commands?	O O O	
6.14	Do data entry screens and dialog boxes indicate the number of character spaces available in a field?	O O O	
6.15	Do fields in data entry screens and dialog boxes contain default values when appropriate?	O O O	

7. Recognition Rather Than Recall

Make objects, actions, and options visible. The user should not have to remember information from one part of the dialogue to another. Instructions for use of the system should be visible or easily retrievable whenever appropriate.

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
7.1	For question and answer interfaces, are visual cues and white space used to distinguish questions, prompts, instructions, and user input?	O O O	
7.2	Does the data display start in the upper-left corner of the screen?	O O O	

7.3	Are multiword field labels placed horizontally (not stacked vertically)?	O O O	
7.4	Are all data a user needs on display at each step in a transaction sequence?	O O O	
7.5	Are prompts, cues, and messages placed where the eye is likely to be looking on the screen?	O O O	
7.6	Have prompts been formatted using white space, justification, and visual cues for easy scanning?	O O O	
7.7	Do text areas have "breathing space" around them?	O O O	
7.8	Is there an obvious visual distinction made between "choose one" menu and "choose many" menus?	O O O	
7.9	Have spatial relationships between soft function keys (on-screen cues) and keyboard function keys been preserved?	O O O	
7.10	Does the system gray out or delete labels of currently inactive soft function keys?	O O O	
7.11	Is white space used to create symmetry and lead the eye in the appropriate direction?	O O O	
7.12	Have items been grouped into logical zones, and have headings been used to distinguish between zones?	O O O	
7.13	Are zones no more than twelve to fourteen characters wide and six to seven lines high?	O O O	
7.14	Have zones been separated by spaces, lines, color, letters, bold titles, rules lines, or shaded areas?	O O O	
7.15	Are field labels close to fields, but separated by at least one space?	O O O	
7.16	Are long columnar fields broken up into groups of five, separated by a blank line?	O O O	
7.17	Are optional data entry fields clearly marked?	O O O	
7.18	Are symbols used to break long input strings into "chunks"?	O O O	
7.19	Is reverse video or color highlighting used to get the user's attention?	O O O	
7.20	Is reverse video used to indicate that an item has been selected?	O O O	
7.21	Are size, boldface, underlining, color, shading, or typography used to show relative quantity or importance of different screen items?	O O O	
7.22	Are borders used to identify meaningful groups?	O O O	
7.23	Has the same color been used to group related elements?	O O O	
7.24	Is color coding consistent throughout the system?	O O O	
7.25	Is color used in conjunction with some other redundant cue?	O O O	
7.26	Is there good color and brightness contrast between image and background colors?	O O O	
7.27	Have light, bright, saturated colors been used to emphasize data and have darker, duller, and desaturated colors been used to de-emphasize data?	O O O	
7.28	Is the first word of each menu choice the most important?	O O O	
7.29	Does the system provide *mapping:* that is, are the relationships between controls and actions apparent to the user?	O O O	
7.30	Are input data codes distinctive?	O O O	

7.31	Have frequently confused data pairs been eliminated whenever possible?	O O O	
7.32	Have large strings of numbers or letters been broken into chunks?	O O O	
7.33	Are inactive menu items grayed out or omitted?	O O O	
7.34	Are there menu selection defaults?	O O O	
7.35	If the system has many menu levels or complex menu levels, do users have access to an on-line spatial menu map?	O O O	
7.36	Do GUI menus offer affordance: that is, make obvious where selection is possible?	O O O	
7.37	Are there salient visual cues to identify the active window?	O O O	
7.38	Are function keys arranged in logical groups?	O O O	
7.39	Do data entry screens and dialog boxes indicate when fields are optional?	O O O	
7.40	On data entry screens and dialog boxes, are dependent fields displayed only when necessary?	O O O	

8. Fexibility and Minimalist Design

Accelerators-unseen by the novice user-may often speed up the interaction for the expert user such that the system can cater to both inexperienced and experienced users. Allow users to tailor frequent actions. Provide alternative means of access and operation for users who differ from the "average" user (e.g., physical or cognitive ability, culture, language, etc.)

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
8.1	If the system supports both novice and expert users, are multiple levels of error message detail available?	O O O	
8.2	Does the system allow novices to use a keyword grammar and experts to use a positional grammar?	O O O	
8.3	Can users define their own synonyms for commands?	O O O	
8.4	Does the system allow novice users to enter the simplest, most common form of each command, and allow expert users to add parameters?	O O O	
8.5	Do expert users have the option of entering multiple commands in a single string?	O O O	
8.6	Does the system provide function keys for high-frequency commands?	O O O	
8.7	For data entry screens with many fields or in which source documents may be incomplete, can users save a partially filled screen?	O O O	
8.8	Does the system automatically enter leading zeros?	O O O	
8.9	If menu lists are short (seven items or fewer), can users select an item by moving the cursor?	O O O	
8.10	If the system uses a type-ahead strategy, do the menu items have mnemonic codes?	O O O	
8.11	If the system uses a pointing device, do users have the option of either clicking on fields or using a keyboard shortcut?	O O O	
8.12	Does the system offer "find next" and "find previous" shortcuts for database searches?	O O O	
8.13	On data entry screens, do users have the option of either clicking directly on a field or using a keyboard shortcut?	O O O	

8.14	On menus, do users have the option of either clicking directly on a menu item or using a keyboard shortcut?	O O O	
8.15	In dialog boxes, do users have the option of either clicking directly on a dialog box option or using a keyboard shortcut?	O O O	
8.16	Can expert users bypass nested dialog boxes with either type-ahead, user-defined macros, or keyboard shortcuts?	O O O	

9. Aesthetic and Minimalist Design

Dialogues should not contain information which is irrelevant or rarely needed. Every extra unit of information in a dialogue competes with the relevant units of information and diminishes their relative visibility.

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
9.1	Is only (and all) information essential to decision making displayed on the screen?	O O O	
9.2	Are all icons in a set visually and conceptually distinct?	O O O	
9.3	Have large objects, bold lines, and simple areas been used to distinguish icons?	O O O	
9.4	Does each icon stand out from its background?	O O O	
9.5	If the system uses a standard GUI interface where menu sequence has already been specified, do menus adhere to the specification whenever possible?	O O O	
9.6	Are meaningful groups of items separated by white space?	O O O	
9.7	Does each data entry screen have a short, simple, clear, distinctive title?	O O O	
9.8	Are field labels brief, familiar, and descriptive?	O O O	
9.9	Are prompts expressed in the affirmative, and do they use the active voice?	O O O	
9.10	Is each lower-level menu choice associated with only one higher level menu?	O O O	
9.11	Are menu titles brief, yet long enough to communicate?	O O O	
9.12	Are there pop-up or pull-down menus within data entry fields that have many, but well-defined, entry options?	O O O	

10. Help and Documentation

Even though it is better if the system can be used without documentation, it may be necessary to provide help and documentation. Any such information should be easy to search, focused on the user's task, list concrete steps to be carried out, and not be too large.

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
10.1	If users are working from hard copy, are the parts of the hard copy that go on-line marked?	O O O	
10.2	Are on-line instructions visually distinct?	O O O	
10.3	Do the instructions follow the sequence of user actions?	O O O	
10.4	If menu choices are ambiguous, does the system provide additional explanatory information when an item is selected?	O O O	
	Are data entry screens and dialog boxes supported by navigation and		

10.5	completion instructions?	O O O	
10.6	If menu items are ambiguous, does the system provide additional explanatory information when an item is selected?	O O O	
10.7	Are there memory aids for commands, either through on-line quick reference or prompting?	O O O	
10.8	Is the help function visible; for example, a key labeled HELP or a special menu?	O O O	
10.9	Is the help system interface (navigation, presentation, and conversation) consistent with the navigation, presentation, and conversation interfaces of the application it supports?	O O O	
10.10	Navigation: Is information easy to find?	O O O	
10.11	Presentation: Is the visual layout well designed?	O O O	
10.12	Conversation: Is the information accurate, complete, and understandable?	O O O	
#	**Review Checklist**	**Yes No N/A**	**Comments**
10.13	Is the information relevant?	O O O	
10.14	Goal-oriented (What can I do with this program?)	O O O	
10.15	Descriptive (What is this thing for?)	O O O	
10.16	Procedural (How do I do this task?)	O O O	
10.17	Interpretive (Why did that happen?)	O O O	
10.18	Navigational (Where am I?)	O O O	
10.19	Is there context-sensitive help?	O O O	
10.20	Can the user change the level of detail available?	O O O	
10.21	Can users easily switch between help and their work?	O O O	
10.22	Is it easy to access and return from the help system?	O O O	
10.23	Can users resume work where they left off after accessing help?	O O O	

11. Skills

The system should support, extend, supplement, or enhance the user's skills, background knowledge, and expertise ----not replace them.

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
11.1	Can users choose between iconic and text display of information?	O O O	
11.2	Are window operations easy to learn and use?	O O O	
11.3	If users are experts, usage is frequent, or the system has a slow response time, are there fewer screens (more information per screen)?	O O O	
11.4	If users are novices, usage is infrequent, or the system has a fast response time, are there more screens (less information per screen)?	O O O	
11.5	Does the system automatically color-code items, with little or no user effort?	O O O	
11.6	If the system supports both novice and expert users, are multiple levels of detail available.	O O O	
11.7	Are users the initiators of actions rather than the responders?	O O O	

11.8	Does the system perform data translations for users?	O O O	
11.9	Do field values avoid mixing alpha and numeric characters whenever possible?	O O O	
11.10	If the system has deep (multilevel) menus, do users have the option of typing ahead?	O O O	
11.12	When the user enters a screen or dialog box, is the cursor already positioned in the field users are most likely to need?	O O O	
11.13	Can users move forward and backward within a field?	O O O	
11.14	Is the method for moving the cursor to the next or previous field both simple and visible?	O O O	
11.15	Has auto-tabbing been avoided except when fields have fixed lengths or users are experienced?	O O O	
11.16	Do the selected input device(s) match user capabilities?	O O O	
11.17	Are cursor keys arranged in either an inverted T (best for experts) or a cross configuration (best for novices)?	O O O	
11.18	Are important keys (for example, ENTER , TAB) larger than other keys?	O O O	
11.19	Are there enough function keys to support functionality, but not so many that scanning and finding are difficult?	O O O	
11.20	Are function keys reserved for generic, high-frequency, important functions?	O O O	
11.21	Are function key assignments consistent across screens, subsystems, and related products?	O O O	
11.22	Does the system correctly anticipate and prompt for the user's probable next activity?	O O O	

12. Pleasurable and Respectful Interaction with the User

The user's interactions with the system should enhance the quality of her or his work-life. The user should be treated with respect. The design should be aesthetically pleasing- with artistic as well as functional value.

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
12.1	Is each individual icon a harmonious member of a family of icons?	O O O	
12.2	Has excessive detail in icon design been avoided?	O O O	
12.3	Has color been used with discretion?	O O O	
12.4	Has the amount of required window housekeeping been kept to a minimum?	O O O	
12.5	If users are working from hard copy, does the screen layout match the paper form?	O O O	
12.6	Has color been used specifically to draw attention, communicate organization, indicate status changes, and establish relationships?	O O O	
12.7	Can users turn off automatic color coding if necessary?	O O O	
12.8	Are typing requirements minimal for question and answer interfaces?	O O O	
12.9	Do the selected input device(s) match environmental constraints?	O O O	
12.13	If the system uses multiple input devices, has hand and eye movement between input devices been minimized?	O O O	

12.14	If the system supports graphical tasks, has an alternative pointing device been provided?	O O O	
12.15	Is the numeric keypad located to the right of the alpha key area?	O O O	
12.16	Are the most frequently used function keys in the most accessible positions?	O O O	
12.17	Does the system complete unambiguous partial input on a data entry field?	O O O	

13. Privacy

The system should help the user to protect personal or private information- belonging to the user or the his/her clients**.**

#	Review Checklist	Yes No N/A	Comments
13.1	Are protected areas completely inaccessible?	O O O	
13.2	Can protected or confidential areas be accessed with certain passwords.	O O O	
13.3	Is this feature effective and successful.	O O O	

System Title:_____ Release #: _____

Evaluator: _____ Date: _____

Primary Source

Making Computers-People Literate. © Copyright 1993. By Elaine Weiss ISBN: 0-471-01877-5

Secondary Source

Usability Inspection Methods. © Copyright 1994.By Jakob Nielsen and Robert Mack ISBN: 1-55542-622-0

Annexe 4. Evaluer dans un environnement réel ou virtuel (Etude préliminaire)

Lorsqu'un utilisateur interagit avec un dispositif, il est supposé coder l'objet et l'environnement en mémoire, activer des représentations autour de l'objet, telles que son expérience, ses intentions et ses attentes (Tijus & Cordier, 2003). Ces informations sont mobilisées afin de construire une représentation mentale de l'objet et de la situation. C'est à partir de cette représentation que l'utilisateur peut juger des différents attributs du dispositif dans une dimension visée telle que le risque. Les technologies actuelles permettent de concevoir des situations d'évaluation, où un dispositif ciblé est placé dans un contexte réaliste sans interaction directe avec l'objet ou l'environnement. C'est le cas par exemple avec un film ou une modélisation virtuelle.

Une différence importante entre une évaluation avec interaction ou sans interaction s'exprime en termes d'exposition de l'utilisateur vis-à-vis de l'action sur l'objet. Soit il agit sur et avec l'objet ou l'environnement, soit il observe. Mais le codage en mémoire des caractéristiques d'un objet ou d'un environnement dépend de la tâche réalisée (Horst et al., 2011 ; Sholl, 2001). En outre l'observateur peut simuler mentalement la perspective et l'action de l'acteur (Hard et al., 2006, Lozano et al., 2008), et coder les caractéristiques de la scène de la même manière que l'acteur.

1. Objectif et hypothèses

L'objectif principal de cette étude était d'explorer la possibilité d'évaluer des objets à l'aide d'environnement virtuels. Afin de bien appréhender l'effet direct de la modalité de présentation (physique/virtuel) sur la perception d'un objet, aucune interaction n'était présentée ni réalisée. En revanche, cette étude permettait d'appréhender la représentation mentale d'une scène par les participants. Cette représentation mentale pouvait être appréhendée à l'aide de tâches de descriptions et de simulations relatives aux objets présentés (e.g. Denis, 2008). Cette étude était

également l'occasion d'appréhender la perception du risque relatif à l'utilisation d'un objet, par l'utilisateur lui-même. Potentiellement le risque perçu devait être différent d'un objet à l'autre.

Pour explorer la représentation et l'évaluation d'un objet présenté dans un environnement virtuel, deux variables ont été manipulées, l'environnement et la tâche. Les effets de ces variables ont été observés d'une part sur le nombre de verbalisations de descriptions et de simulation d'interaction relatifs aux objets, et d'autre part sur l'évaluation du risque perçu.

1.1. Hypothèses sur les verbalisations

L'environnement réel est plus détaillé que l'environnement virtuel. De plus l'environnement réel offre une vision stéréoscopique (3 dimensions) alors que l'environnement virtuel est projeté en 2 dimensions sur un écran. Par conséquent un environnement réel permet à un participant de réaliser des verbalisations plus nombreuses (plus de détails mentionnés) qu'un environnement virtuel.

1.2. Hypothèses sur le risque perçu

Le risque est abordé ici en lien avec une utilisation, son évaluation est liée à l'expérience. Dans ce contexte le risque lié à l'utilisation d'un objet est évalué différemment dans les situations de simulation et de description. De plus les objets sont mieux discriminés sur la dimension risque en situation de simulation qu'en situation de description.

2. Méthode

2.1. Participants

L'échantillon était constitué de 24 participants dont 17 femmes âgés de 19 à 59 ans (*M* = 34 ans, *EC* = 13,5). Les participants étaient tous actif professionnellement ou étudiants, leur participation n'était pas rémunérée.

2.2. Appareillage et Matériel

Environnements

Deux environnements (Figure 32) ont été conçus afin de présenter les mêmes objets dans une position identique, avec un angle de vue similaire.

Un bureau "physique" a été reconstitué dans une pièce d'environ 10m^2, aménagé à l'aide de 2 tables de bureau placées en angle, et équipées avec un ordinateur, un fax, un téléphone, un carnet, des stylos et des livres. Cet espace était présenté alternativement selon une des 4 modalités de la variable « objet cible » (VI3).

Un bureau "virtuel" a été conçu à partir de photos du bureau physique dans chaque modalité de la VI3. Les photos ont été retouchée à l'aide du logiciel Pixelmator, afin d'obtenir un effet de dessin numérique. Le visuel obtenu était projeté sur un écran de 100*140 cm, alternativement selon une des 4 modalités de la VI3. La projection était réalisée dans une salle dédiée, à proximité de la salle utilisée pour le bureau physique.

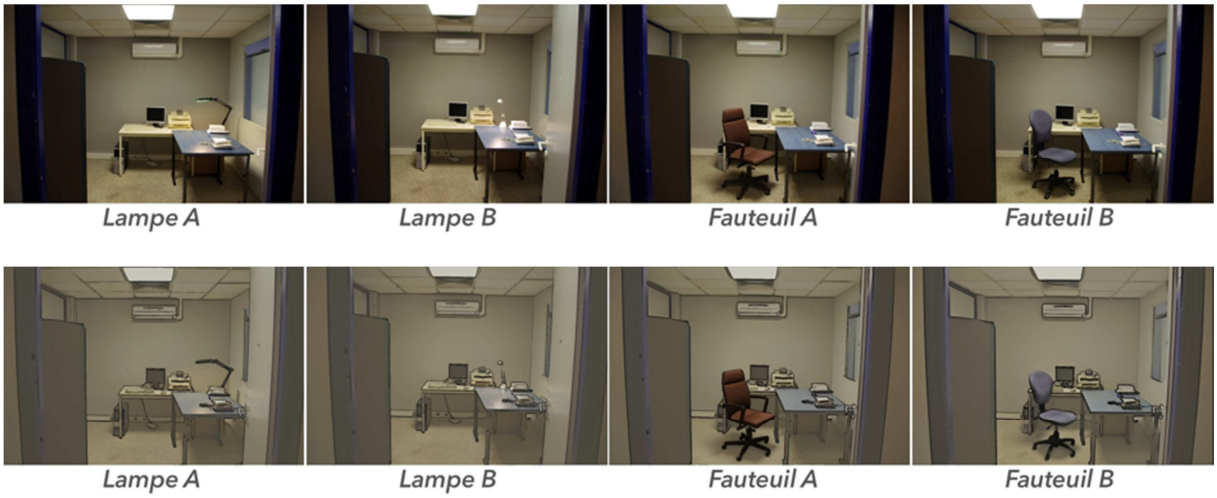


Figure 32 : Présentation des objets cibles en environnement réel (les 4 visuels du dessus) et en environnement virtuel (les 4 visuels du dessous).

Enregistrement des verbalisations

Chaque passation était enregistrée à l'aide d'un dispositif d'enregistrement audiovisuel. Ce dispositif était composé d'une caméra (Pentax K5) posé sur un pied photo. Lors de la présentation des environnements virtuels, la luminosité n'étant pas suffisante pour filmer les participants. Seules les données audio ont pu être exploitées.

Questionnaire d'évaluation du risque perçu

Le risque était évalué à l'aide de 4 items (Tableau 21). Les items visaient l'évaluation du risque lié à l'utilisation, à ses caractéristiques intrinsèques, à la manipulation des réglages ou l'utilisation des fonctionnalités. Les items ont été construits à titre exploratoire pour évaluer (1) la perception d'un risque relatif à l'utilisation de l'objet, (2) la perception de la stabilité de l'objet, (3) la perception d'un risque relatif aux fonctionnalité de l'objet vis-à-vis des autres objets du même type, et (4) le risque relatif à l'utilisation des fonctionnalités de l'objets.

Tableau 21 : Items d'évaluation du risque perçu.
Les deux colonnes de droite présentent les items opposés sur l'échelle d'Osgood.

RSK-1	*A l'utilisation, ce fauteuil est plutôt*	*sécurisé*	*dangereux*
RSK-2	*L'équilibre du fauteuil est*	*bancale*	*stable*
RSK-3	*Par rapport à un modèle basique, les fonctionnalités du fauteuil*	*augmentent les risques de blessures*	*atténue les risques de blessures*
RSK-4	*la manipulation des différents réglages du fauteuil*	*est sécurisée*	*est risquée*

2.3. Taches expérimentales

Une liste de 5 tâches verbales a été construite pour chacune des conditions Simulation et Description (Tableau 22). Chaque tâche permettait au participant de se focaliser sur une partie précise de l'objet cible. La partie de l'objet impliquée dans une tâche de description était impliquée également dans une tâche de simulation correspondante. En condition contrôle, une seule tâche consistait uniquement à observer la scène et l'objet ciblé durant 3 minutes. Cette durée correspondait au temps moyen de réalisation des 5 tâches verbales dans les autres conditions, déterminé lors d'une passation préliminaire.

Tableau 22 : Liste des tâches expérimentales en condition de simulation et de description.

Simulation	Description
S'assoir au bureau et ajuster l'objet pour lire confortablement	Décrire les commandes de réglage
Répondre à un e-mail sur l'ordinateur	La position par rapport a l'ordinateur
Parler au téléphone en prenant des notes	La position par rapport au téléphone
Tester les différentes positions possibles	Les articulations possibles
Dépoussiérer l'objet en entier à l'aide d'un chiffon	Les différentes parties de l'objet

2.4. Plan expérimental et procédures

Opérationnalisation des variables

La capacité à décrire ou simuler une interaction verbalement, et la perception du risque sur un objet cible, ont été observées en fonction de l'environnement de présentation, la tâche et le type d'objet évalué. Les variables indépendantes (VI) et dépendantes (VD) sont détaillées ci-dessous.

VI1 : Environnement [Physique / Virtuel].

La variable *Environnement* était un facteur intra-participant. Cet environnement de présentation de la scène variait selon deux modalités : environnement physique et environnement virtuel. L'environnement réel était la reconstitution d'un bureau (avec tables, PC, téléphone, fauteuil, etc.) présenté aux participants depuis le seuil de la porte. L'environnement virtuel était construit à partir

d'une photo offrant le même angle de vue que lorsque le participant observe le bureau physique depuis le seuil de la porte.

VI2 : Tâche [Décrire / Simuler / Observer (contrôle)]

La variable *Tâche* était un facteur inter-participant. Les tâches de descriptions et de simulation consistaient à verbaliser sur des caractéristiques analogues de l'objet. Une tâche de description consistait par exemple à décrire une partie de l'objet, tandis que la tâche analogue de simulation consistait à impliquer cette même partie dans une interaction décrite oralement. La tâche de simulation visait également à enrichir la représentation mentale de l'objet avec des propriétés liées à l'utilisation. La tâche contrôle d'observation consistait à ne rien faire d'autre qu'observer.

En outre cette variable était nécessairement inter-participant, pour éviter qu'un participant qui aurait simulé sur un premier objet soit sensibilisé à l'utilisation du second objet qu'il aurait dû seulement décrire.

VI3 : Objets [Fauteuil A / Fauteuil B / Lampe A / Lampe B]

Les effets de la tâche et de l'environnement pouvaient être impactés par le type d'objet évalué et le type d'action réalisée. Afin de contrôler cet impact, les évaluations ciblaient 4 objets de 2 types différents : 2 fauteuils de bureau et 2 lampes de bureau.

La variable objet était inter-participants : chaque participant voyait un objet d'un type (e.g. un fauteuil en virtuel) dans un environnement, puis un second objet du second type (e.g. une lampe en réelle) dans l'autre environnement. L'ordre et le choix des objets, ainsi que l'ordre de l'environnement était contrebalancé.

VD1 : Nombre de verbalisations

Le nombre de verbalisation consistait à compter le nombre de description ou d'actions relatées respectivement en conditions description et simulation. Le détail du codage est précisé dans la partie *mesures dépendantes.*

VD2 : Score de risque

Le score de risque était produit à l'aide d'un un questionnaire sur une échelle d'Osgood en 7 points. Les items ont été conçus afin d'explorer la possibilité d'évaluer la perception du risque par les utilisateurs. Cette possibilité devait être mise en évidence notamment par la perception d'une différence significative entre les objets.

Plan expérimental

Chaque participant observait un fauteuil dans un environnement, et une lampe dans un autre environnement. Pour chaque objet, il a effectué la même tache expérimentale avant de l'évaluer à l'aide d'un questionnaire. Autrement dit un participant a été soumis à une seule tâche réalisée dans chaque environnement sur un objet de type différent. (2 en tout). Le plan expérimental permet d'obtenir 48 observations avec 24 participants.

Procédure

La participation était individuelle. Après une présentation de l'étude, la tache expérimentale était présentée au participant. Un exemple de verbalisation (simulation ou description) lui était présenté à partir de la photo d'un aspirateur.

Le participant était placé devant la première scène (réelle ou virtuelle). L'objet cible était désigné et les 5 tâches de verbalisation (simulation ou description) étaient présentées et réalisées une à une. Le participant était ensuite placé dans une autre pièce pour répondre au questionnaire.

Le participant était placé devant la seconde scène (virtuelle ou réelle). Un nouvel objet cible était désigné et les 5 tâches de verbalisation (simulation ou description) étaient présentées et réalisées une à une. Le participant était ensuite placé dans une autre pièce pour répondre au questionnaire.

Enfin le participant était invité à s'exprimer dans le cadre d'un entretien semi-directif sur les objets et sur l'expérimentation.

2.5. Mesures dépendantes

Verbalisations

Les verbalisations ont été retranscrites mot à mot. Les groupes de mots correspondant soit à des propriétés d'objet pour la condition description, soit des actions sur l'objet pour la condition simulation, ont été répertoriés conformément à l'exemple du Tableau 23.

Tableau 23 : Exemples de verbalisations de simulations et de descriptions

Tâche de simulation numéro 5 : *Dépoussiérer l'objet en entier à l'aide d'un chiffon*	**Tâche de description numéro 5 :** *Décrire les différentes parties de l'objet*
Je vais d'abord taper sur les parties textiles, pour que la poussière sorte	Au-dessus, il y a le siège lui-même, rembourrés
Ensuite je fais les accoudoirs	Autour du siège il y a les accoudoirs en plastique
Je me baisse pour faire les parties qui sont dessous	Il y a un socle composé de cinq roulettes en forme d'étoile

Pour la tâche de description, les mots qualifiant une propriété de l'objet ont été dénombrés, tandis que pour la tâche de simulation les verbes se rapportant à une action sur l'objet ont été dénombrés. Dans chaque condition, le score de verbalisation correspondait au nombre moyen de verbalisations des participants. Ces scores ne pouvaient pas être comparés étant donné d'une part la différence de tâche, et d'autre part la différence de codage, qui consistait à répertorier respectivement des caractéristiques de l'objet pour la condition description, et des actions avec ou sur l'objet pour la condition simulation.

Calcul des indices (scores) relatifs au risque perçu

Les évaluations du risque étaient effectuées sur une échelle d'Osgood en 7 points. Ce type d'échelle consiste à mettre à chaque extrémité deux qualités opposées (e.g. sécurisé/dangereux, cf. Figure 33). La polarité des échelles était alternativement inversée d'un item à l'autre, la qualité positive étant tantôt à gauche de l'échèle, tantôt à droite. Le calcul du score de risque consistait d'abord à renverser la polarité des items RSK-2 et RSK-3. Le score final était la moyenne des 4 items après repolarisation.



Figure 33: Exemple d'item du questionnaire d'évaluation du risque

Répétition des mesures

L'évaluation de 2 objets pour chaque participants a permis de répéter l'observation des effets du facteur tâche sur la perception du risque. Au total, 24 participants et 2 types d'objets ont permis d'obtenir 48 scores de risque, soit 12 scores pour chaque type d'objet présentés en l'environnement réel et 12 scores pour chaque type d'objet présentés en environnement virtuel.

Enfin ces données devaient être analysées de manière à valider la capacité du dispositif d'évaluation à discriminer les objets, et à observer l'effet des trois variables principales (contexte, tâche, type d'objet) sur la perception du risque.

3. Résultats

Les résultats ont été analysés en deux phases. La première phase portait sur les verbalisations, tandis que la seconde phase portait sur le questionnaire de risque perçu. L'ensemble des analyses est présenté dans la dernière section de cette annexe.

Les verbalisations ont été analysées à l'aide du logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général). La condition contrôle (observation) ne comportait pas de verbalisation, par conséquent elle était exclue de cette analyse. Une première analyse permettait de mesurer l'effet sur les nombres moyens de verbalisations, respectivement, de l'environnement de présentation des objets (physique/virtuel) et du type d'objet (lampe/fauteuil). Une analyse supplémentaire a permis de tester un effet d'ordre, afin de vérifier s'il existait ou non une différence entre les objets présentés en premier et les objets présentés en second sur les nombres de verbalisations produites.

Les réponses au questionnaire de risque perçu ont été analysées à l'aide du logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général). Les analyses portaient sur l'effet respectivement de l'environnement, de la tâche et du type d'objet, sur l'évaluation du risque perçu. Les 4 objets étant a priori différents, une inspection visuelle des graphiques de résultats portait sur l'effet du facteur objet (et non le type d'objet) sur l'évaluation du risque perçu. Une partie des résultats de cette seconde phase d'analyse est présentée dans le Tableau 24.

3.1. 1ère phase d'analyses : Les nombres de verbalisation

Deux analyses de variance (ANOVA) ont été réalisées pour observer les effets sur les nombres de verbalisations, respectivement de l'environnement et de l'ordre. Ces deux facteurs ont été a été traité en intra-participants. Les participants de la condition contrôle ne devaient pas produire de verbalisation, ils ne sont pas pris en compte dans l'analyse qui repose sur 16 participants.

Effet de l'environnement de présentation

L'analyse des scores de verbalisation n'a pas montré d'effet de l'environnement de présentation des objets (Figure 34) ($F(1, 14) = 4{,}33$, $p = .056$, $éta^2$ *partiel* $= 0{,}24$).

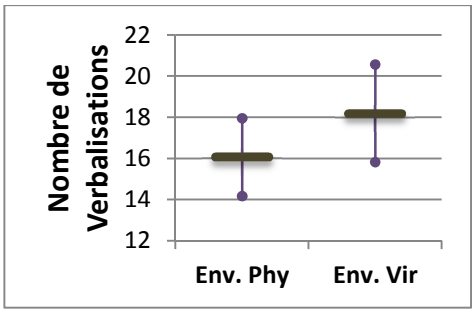


Figure 34 : Nombre moyen (et écart-types) de verbalisations en fonction de l'environnement.

Effet de l'ordre des tâches

L'analyse des scores de verbalisation a montré un effet d'ordre des tâches expérimentales ($F(1, 14) = 12{,}36$, $p < .01$, $éta^2$ *partiel* $= 0{,}47$). Conformément à la Figure 35, les participants ont produit plus

de verbalisations lorsque les objets étaient présentés en premier que lorsqu'ils étaient présentés en second (respectivement M = 18,81, ET = 4,25, et M = 14,44 ET = 3,71).

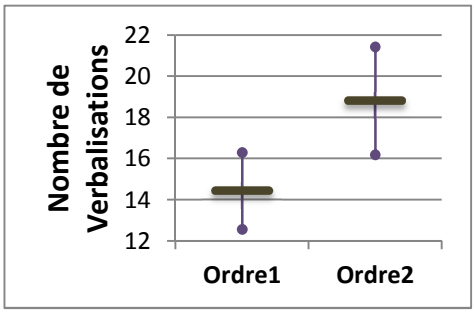


Figure 35 : Nombre moyen (et écart-types) de verbalisations en fonction de l'ordre.

3.2. 2ème phase d'analyse : Effet des facteurs sur les dimensions d'évaluation

Trois ANOVAs ont été réalisées pour l'évaluation du risque perçu. Dans la première, l'environnement a été traité en intra-participants et la tâche en inter-participants (résultats présentés sur le Figure 35), dans la seconde le type d'objet a été traité en intra-participants et la tâche en inter-participants. Dans la troisième, l'ordre a été traité en intra-participants et la tâche en inter-participants. Les résultats des évaluation du risque dans chaque condition sont reportés dans le Tableau 24.

L'analyse n'a révélé aucun effets de l'environnement, ni du type d'objet, ni de l'ordre, ni de la tâche sur le risque perçu (avec respectivement $F(1, 21) = 0{,}0023$, $p = .96$; $F(1, 21) = 2{,}48$, $p = .13$; $F(1, 21) = 0{,}47$, $p = .83$; $F(1, 21) = 0{,}25$, $p = .77$). Aucune interaction entre la tâche et respectivement l'environnement, le type d'objet et l'ordre n'était significative.

Tableau 24 : Moyennes (et écart-types) obtenus sur l'évaluation du risque, en fonction de l'environnement et de la tâche de verbalisation

	Environnement		
Tâches	Physique	Virtuel	Moyenne
Simulation	3.06 (1.32)	2.91 (0.95)	2.99 (1.14)
Description	2.66 (0.90)	2.75 (0.90)	2.70 (0.90)
Observation (contrôle)	2.81 (0.92)	2.91 (0.57)	2.86 (0.74)

4. Conclusions et perspectives

Pour résumer les analyses, d'une part les tâches de verbalisation ont été réalisées différemment en fonction du contexte et en fonction de l'ordre ; d'autre part l'analyse du risque a permis de discriminer des objets. Les deux résultats importants de cette étude concernent des aspects de méthode d'évaluation avec d'une part une absence d'effet de l'environnement sur la tâche de verbalisation, et d'autre part un effet d'ordre sur la tâche de verbalisation.

L'analyse des résultats indique que les participants n'ont pas produit plus de verbalisations pour des objets présentés dans un environnement réel que pour ceux présentés dans un environnement virtuel. Au contraire, le graphique de la Figure 35 indique une tendance inverse. L'utilisation d'un environnement virtuel serait pertinente pour produire des descriptions ou pour imaginer une utilisation. L'augmentation des verbalisations en environnement virtuel pourrait trouver une explication en termes de déficits perceptifs. Le niveau de détail visible sur l'image virtuelle est assez dégradé par rapport à une vue directe de l'environnement réelle originale. Cette baisse de détail pourrait nécessiter un effort supplémentaire pour construire une représentation satisfaisante de l'objet ou de l'interaction (effet top-down). Cette représentation pourrait faire appel à des inférences (Chemlal & Cordier, 2006) propres à chaque participant, induisant de ce fait de la variabilité. Cette variabilité pourrait se retrouver dans les réponses aux échelles d'évaluation produite par les participants placés en situation virtuelle.

Concernant l'effet d'ordre, les participants ont produit plus de verbalisations sur le deuxième objet présenté que sur le premier. Cette observation souligne un effet probable d'apprentissage de la tâche ou du dispositif expérimental qui aurait pu être limité par un entrainement plus appuyé.

Par ailleurs le dispositif a permis de discriminer les objets, cependant le plan expérimental incomplet n'était pas adapté pour valider l'observation avec des tests statistiques. De plus les différences observées sur le risque perçu étaient partielles, seule une lampe était significativement

différente des autres objets. Une présélection des objets permettrait une meilleure différenciation des objets pour valider la méthode.

Le dispositif n'a pas permis d'observer d'effets sur l'évaluation des objets à l'aide des questionnaires. Deux causes sont possibles : l'effectif et l'outil de mesure. L'effectif de 24 participants était faible compte tenu des nombreuses conditions expérimentales. Par conséquence la faible puissance statistique réduisait fortement la probabilité d'observer des effets. Concernant la mesure, les questionnaires présentaient une limite avec notamment une cohérence interne faible (*Alpha de Cronbach* = .57). Des items mieux conçus et pré-testés devraient fournir une mesure plus discriminante.

Les verbalisations produites par les participants ont tendance à être plus nombreuses avec un environnement virtuel qu'avec un environnement réel. Les petits effectifs de l'étude ne permettent pas de valider et interpréter de cette différence. En revanche, ce résultat est en faveur d'une possibilité d'utilisation des environnements virtuels en une alternative aux environnements réels pour évaluer des objets.

L'analyse des réponses au questionnaire a permis d'observer une différenciation des objets, mais aucun effet notable de l'environnement ni de la tâche sur la perception du risque n'a été révélé.

En outre, un possible effet top-down peut expliqué le surcroit possible des verbalisation en environnement virtuel. Cet effet top-down pourrait produire plus de variabilité dans la représentation de l'objet. La variabilité des évaluations entre les conditions expérimentales devra être observée dans des expérimentations impliquant plus de participants.

Enfin les deux catégories d'objets utilisés pour seulement 4 objets ciblés (2 lampes et 2 fauteuils) n'ont pas permis d'obtenir de différences satisfaisantes entre les objets. Une présélection des objets dans une seule catégorie permettrait de choisir des objets bien différenciés sur chacune des dimensions visées.

5. Détails des analyses de l'étude préliminaire

Les analyses présentées dans cette section ont été réalisées avec le logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général).

5.1. Effets des facteurs tâche et environnement sur l'évaluation du risque

Tableau 25 : Analyse des effets des facteurs tâche et environnement (ENVT) sur l'évaluation du risque

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance (EXP1 0715LL dans stat exp 1 qr) Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
RISQUE	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	389,5951	1	389,5951	311,8152	0,000000	0,936902	311,8152	1,000000
Tâche	0,6354	2	0,3177	0,2543	0,777828	0,023645	0,5086	0,084803
Erreur	26,2383	21	1,2494					
ENVT	0,0013	1	0,0013	0,0023	0,962062	0,000110	0,0023	0,050242
ENVT*Tâche	0,1667	2	0,0833	0,1483	0,863071	0,013927	0,2966	0,069911
Erreur	11,8008	21	0,5619					

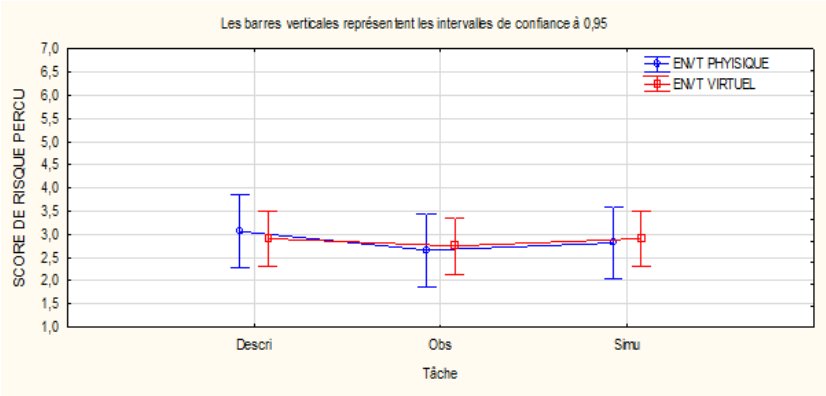


Figure 36 : Score de risque perçu en fonction des environnements (physique et virtuel) et de la tâche (description, observation, simulation)

5.2. Effets des facteurs tâche et objet sur l'évaluation du risque

Tableau 26 : Analyse des effets des facteurs tâche et objet (OBG) sur l'évaluation du risque

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance (EXP1 0715LL dans stat exp 1 qr) Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
RISQUE	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	389,5951	1	389,5951	311,8152	0,000000	0,936902	311,8152	1,000000
Tâche	0,6354	2	0,3177	0,2543	0,777828	0,023645	0,5086	0,084803
Erreur	26,2383	21	1,2494					
OBG	1,2513	1	1,2513	2,4832	0,130014	0,105744	2,4832	0,324476
OBG*Tâche	0,1354	2	0,0677	0,1344	0,875015	0,012635	0,2687	0,067993
Erreur	10,5820	21	0,5039					

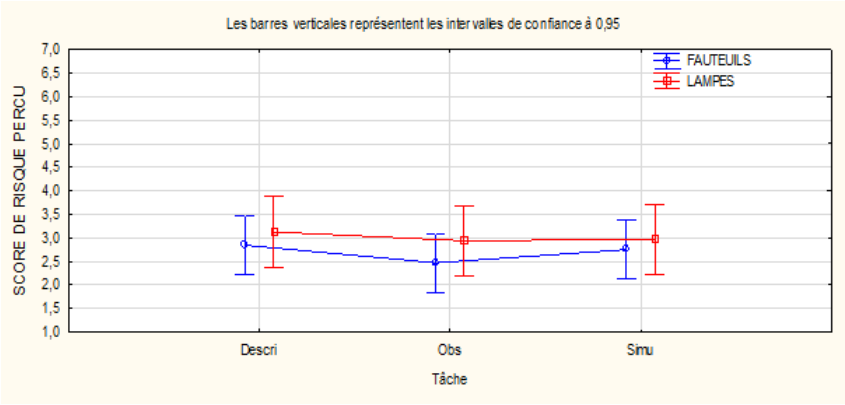


Figure 37 : Score de risque perçu sur les objets (lampes et fauteuils) en fonction de la tâche (description, observation, simulation)

5.3. Effets des facteurs tâche et ordre sur l'évaluation du risque

Tableau 27 : Analyse des effets des facteurs tâche et ordre (ORDR) sur l'évaluation du risque

Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance (EXP1 0715LL dans stat exp 1 qr)
Paramétrisation sigma-restreint
Décomposition efficace de l'hypothèse

RISQUE	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	389,5951	1	389,5951	311,8152	0,000000	0,936902	311,8152	1,000000
Tâche	0,6354	2	0,3177	0,2543	0,777828	0,023645	0,5086	0,084803
Erreur	26,2383	21	1,2494					
ORDR	0,0326	1	0,0326	0,0648	0,801554	0,003076	0,0648	0,056798
ORDR*Tâche	1,3854	2	0,6927	1,3787	0,273776	0,116069	2,7575	0,263163
Erreur	10,5508	21	0,5024					

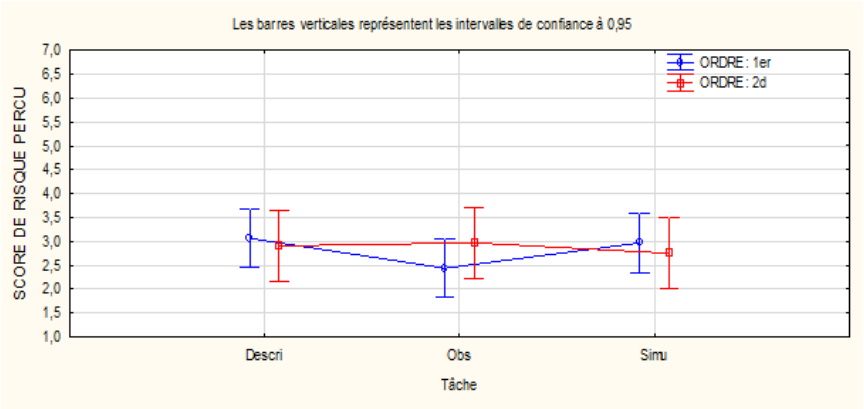


Figure 38 : Score de risque perçu en fonction de l'ordre et de la tâche (description, observation, simulation)

Annexe 5. Visuels des fauteuils expertisés dans l'étude 1

Figure 39 : Visuels des 10 fauteuils expertisés dans l'étude 1.
Chaque visuel est composé de 4 vues : trois quart face ; face ; profile ; trois quart dos.




e


f


g


h


i


j

Annexe 6. Informations sur l'ergonomie des fauteuils de bureau

6. Documents présentés aux experts (phase 1) et aux utilisateurs (phase 2)

6.1. Recommandations issues de l'INSERM (phases 1 et 2)

Ce document issu d'un guide de l'INSERM présente les caractéristiques minimales d'un fauteuil (ou chaise) de bureau pour répondre à diverses morphologies et situations de travail. Ce document présente également les principes d'une bonne installation sur le fauteuil.

Inserm

Institut national
de la santé et de la recherche médicale

Recommandations de l'INSERM

• Caractéristiques d'une chaise de bureau

1.Pivotante,

2.A roulettes,

3.Base stable,

4.Hauteur et dossier ajustables,

5.Accoudoirs réglables,

6.Rebord avant du siège arrondi.

• Installation idéale

1.Réglage inclinaison et hauteur dossier pour supporter confortablement le dos,

2.Cuisses à l'horizontale par rapport au sol,

3.Espacement entre le bord du siège et le derrière du genou (~5 cm),

4.Avant bras appuyés sans soulever les épaules,

5.Epaules détendues,

6.Angle de 90° du bras et de l'avant bras.

6.2. Recommandations issues de l'INRS (phases 1 et 2)

Ce document issu d'un guide de l'INRS présente les caractéristiques d'un fauteuil (ou chaise) de bureau pour répondre à diverses morphologies et situations de travail. Ce document présente également quelques principes de configuration d'un plan de travail.

PRÉVENIR LES RISQUES LIÉS AU TRAVAIL SUR ÉCRAN



Schéma d'un fauteuil ergonomique conforme à la norme NF EN 1335-1

Un fauteuil doit être choisi en fonction des critères suivants :

- dossier et assise réglables,
- profondeur permettant à l'opérateur d'appuyer le bas de son dos sans que le bord avant n'exerce de pression à l'intérieur de ses genoux,
- rembourrage ferme.

Les sièges avec appui sur les genoux sont à éviter car ils entraînent des problèmes de circulation sanguine.

Plan de travail

Un plan de travail à 2 plateaux réglables en hauteur (un pour le moniteur et un pour le clavier et la souris) est à privilégier lorsque les postes sont en libre-service ou utilisés par des salariés en fauteuil roulant. Lorsque le plan de travail n'est pas réglable en hauteur, un repose-pieds permettra aux plus petits de maintenir leurs pieds à plat.

Repères chiffrés pour l'aménagement d'un poste de travail sur écran :

Fauteuil	**Hauteur de l'assise**	**42-51 cm**
	Profondeur de l'assise	**40-42 cm**
	Hauteur du dossier	**45-55 cm**
Plan de travail	**Hauteur**	**65-74 cm**
	Profondeur	**80-110 cm**
	Écart avec l'assise	**20-26 cm**
Repose-pieds	**Largeur**	**> 40 cm**
	Hauteur	**4-15 cm**
	Inclinaison	**0-15°**

7. Documents présentés uniquement aux experts (phase 1)

7.1. Recommandations issues de la norme NF X 35-121 (phase 1)

Ce document issu d'un guide du FCBA présente les caractéristiques d'un fauteuil (ou chaise) de bureau pour répondre à diverses morphologies et situations de travail.

ISSN 0335-3931

norme française

NF X 35-121
Juin 1987

Ergonomie

Travail sur écran de visualisation et clavier

Aménagement du local et du poste de travail

4.7 Siège

Le siège doit satisfaire à des impératifs de confort et de respect des courbures lombaires. Le poste de travail et le siège doivent être conçus de manière à autoriser une certaine variabilité de la posture.

L'assise et le dossier doivent être revêtus d'un matériau permettant d'éviter l'accumulation de sueur et répondant aux spécifications de 3.4.

Le siège doit être muni d'un piètement à cinq branches, équipées de roulettes si la tâche exige une bonne mobilité. Si le revêtement de sol est dur et lisse, le siège doit, pour des raisons de sécurité, présenter une mobilité réduite.

4.7.1 Le plateau du siège

Sa profondeur (cote antéro-postérieure) sera comprise, par construction, entre 380 et 440 mm.

La hauteur de l'assise mesurée au point A défini par la norme NF D 61-040 sera réglable de 420 mm à 550 mm. Il est recommandé que ce réglage et son verrouillage puissent être effectués, sans quitter le siège par des manœuvres simples et rapides n'exigeant que des efforts faibles.

4.7.2 Le dossier

Selon la tâche et les exigences de mobilité, le dossier peut être soit continu depuis le plateau de l'assise jusqu'à la région dorsale supérieure (dossier enveloppant), soit à appui limité à la région lombaire (dossier à simple appui lombaire).

Dans les deux cas, le dossier doit comporter un dispositif de réglage de son inclinaison qui pourra être manœuvré et verrouillé, sans quitter le siège, par des actions simples et rapides n'exigeant que des efforts faibles.

Un dossier à simple appui lombaire peut comporter un ajustement complémentaire de la position longitudinale (axe avant-arrière) du dossier par translation. La course totale souhaitable pour cet ajustement est de 80 mm.

Indépendamment de la souplesse des garnissages, le support du dossier peut être conçu, soit de façon à procurer un appui ferme (dossier fixe), soit pour permettre une inclinaison vers l'arrière par seule pression du dos (dossier mobile). Dans ce deuxième cas, il devra être possible de verrouiller le mouvement dans toutes les inclinaisons du dossier pour retrouver, à volonté, les possibilités fonctionnelles du dossier fixe. Pour le dossier fixe comme pour le dossier mobile, le déplacement résiduel sous l'effet de la pression exercée par le dos de l'opérateur ne devra pas dépasser 1 cm mesuré au centre de la surface d'appui.

7.2. Recommandations issues de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail secteur affaires municipales (APSAM) (phase 1)

Ce document issu de l'APSAM présente les caractéristiques d'un fauteuil (ou chaise) de bureau pour répondre à diverses morphologies et situations de travail.

L'APSAM / VOL. 12, N°1 PRINTEMPS 2003 / p. 7



Liste des caractéristiques ergonomiques d'un fauteuil de bureau, établies à partir de la norme «L'ergonomie au bureau CSAZ-412.p.186»

1. Hauteur du dossier : hauteur permettant un appui complet du dos (jusqu'aux omoplates)
2. Basculement du dossier : ajustement de l'angle du dossier vers l'arrière, indépendant de celui de l'assise
3. Tension du dossier : ajustement de la tension du ressort du dossier
4. Ajustement de la hauteur de l'appui lombaire ou du dossier
5. Ajustement en hauteur de l'assise
6. Basculement de l'assise : ajustement de l'angle de l'assise vers le haut ou vers le bas, indépendant de celui du dossier
7. Profondeur de l'assise : profondeur d'assise variable en déplaçant le dossier ou en changeant l'assise
8. Basculement combiné dossier-assise : ajustement vers l'arrière de façon solidaire du dossier et de l'assise
9. Appuis-bras idéalement en boucle fermée (pour éviter de tirer le fil de téléphone avec ceux-ci, par exemple)
10. (a) Ajustements des appuis-bras : ajustement en hauteur et en largeur des appuis-bras
    (b) L'ajustement en rotation : peut être intéressant pour les petites personnes (souhaitable)
11. Piétement : doit posséder cinq roulettes pour faciliter les déplacements et assurer la stabilité
12. Commandes d'ajustement : toutes faciles d'accès et d'utilisation à partir de la position assise

Pour chaque heuristique, indiquez si elle est respectée plutôt rarement, plutôt souvent, ou si elle n'est pas applicable.

Nom de l'expert _____ Numéro du fauteuil : _____

VISIBILITÉ DE STATUT DU SYSTÈME	La configuration actuelle du fauteuil est facile à comprendre.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les possibilités générales du fauteuil sont faciles à comprendre.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	L'effet de chaque fonction est facile à deviner.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Il n'est pas nécessaire de réfléchir à la façon dont s'utilisent les commandes.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les commandes sont facilement repérables.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Des indices visuels ou haptiques aident à identifier clairement la position de blocage de certaine commandes.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
		---	---	---
CORRESPONDANCE ENTRE LE SYSTÈME ET L'ENVIRONNEMENT	L'emplacement des principales commande permet une utilisation intuitive durant le travail.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	La forme du fauteuil et des commandes sont compatibles avec les activités de travail de bureau.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les fonctionnalités du fauteuil sont compatibles avec les activités de travail de bureau.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les commandes sont bien localisées vis à vis des mouvements du corps et du fauteuil qu'elles impliques.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les indices visuels correspondent à des codes utilisés sur d'autres objets.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
		---	---	---

Pour chaque heuristique, indiquez si elle est respectée plutôt rarement, plutôt souvent, ou si elle n'est pas applicable.

CONTRÔLE DE L'UTILISATEUR ET LIBERTÉ	Dans certaines positions du fauteuil, des commandes peuvent être désactivées. Ces désactivation sont-elle faciles à comprendre?	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les fonctionnalités s'exécutent précisément.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	L'utilisateur peut facilement revenir à un réglage standard.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les commandes prennent en compte des actions volontairement partielles ou progressives.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	L'utilisateur peut rapidement obtenir le réglage désiré.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable

---------- ---------- ----------

CONSISTANCE ET ÉTALON (NORMALISATION)	La présentation des commandes correspond aux standards habituels de ce type de fauteuil.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	La manipulation des commandes est cohérent avec les effets observés.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les différents commandes sont cohérentes entre elles dans la façon dont elles s'utilisent.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	La présentation des icônes et des libellés est uniforme d'une commande à l'autre.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les labels et icônes indiquent efficacement les effets des commandes.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable

---------- ---------- ----------

Document réalisé par Benjamin CHATEAU, pour une étude en collaboration avec : Université de Poitiers - Calyxis - FCBA

Pour chaque heuristique, indiquez si elle est respectée plutôt rarement, plutôt souvent, ou si elle n'est pas applicable.

PRÉVENTION CONTRE LES ERREURS	Les effets des commandes sont assistés (progressifs, freinés, amortis...).	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les commandes qui peuvent provoquer les conséquences moins désirables sont plus difficiles à atteindre.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les commandes qui peuvent provoquer les conséquences moins désirables sont situées loin ce celles qui sont d'usage fréquent.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Peu d'actions nécessitent une combinaison de mouvements.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Un code couleur aide à comprendre les fonctions, les risques ou la manipulation du fauteuil.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Pour les commandes sont complexes, il y a des indications claires pour aider à les utiliser.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
		----------	----------	----------
RECONNAISSANCE PLUTÔT QUE RAPPEL	Les commandes sont suffisamment espacées pour être facilement distinguées.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les commandes ont été placées en zone logiques.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les indications (logo, textes) sont placés de façon visible et appropriée.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	La relation entre certaines commande est clairement indiquée ou identifiable.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Le graphisme ou la forme des commandes invitent à une utilisation appropriée (affordance)	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable

Pour chaque heuristique, indiquez si elle est respectée plutôt rarement, plutôt souvent, ou si elle n'est pas applicable.

FLEXIBILITÉ ET EFFICIENCE D'UTILISATION	La façon dont le fauteuil réagit aux commandes facilite sa manipulation.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Le fauteuil s'adapte facilement à différentes morphologie.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les commandes plus importantes sont plus accessibles.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	La façon dont s'utilisent les commandes est facile à mémoriser.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable

" DESIGN " ESTHÉTIQUE ET MINIMALISTE	Toutes les fonctionnalités sont utiles pour des activités de bureau	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	L'utilisation des fonctionnalités principales n'est pas perturbée par des fonctions secondaires.	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Tous les effets possibles d'une commande sont indiqués distinctement	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les designs des différents éléments sont cohérents avec les fonctions du fauteuils	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable
	Les possibilités de réglages ne sont pas inutilement complexes	☐Rarement	☐Souvent	☐Non applicable

REPORT DES NOTES

Document réalisé par Benjamin CHATEAU, pour une étude en collaboration avec : Université de Poitiers - Calyxis - FCBA

Pour chaque heuristique, indiquez si elle est respectée plutôt rarement, plutôt souvent, ou si elle n'est pas applicable.

Visibilité de statut du système	*Correspondance entre le système et l'environnement*	*Contrôle de l'utilisateur et liberté*	*Consistance et étalon (normalisation)*	*Prévention contre les erreurs*	*Reconnaissance plutôt que rappel*	*Flexibilité et efficience d'utilisation*	*" Design " esthétique et minimaliste*

Annexe 8. Questionnaire utilisateur de l'étude 1

8. Présentation du questionnaire complet

Tableau 28 : Questionnaire utilisateur de l'étude 1. Ce questionnaire est composé de 3 parties : (1) le CSUQ, (2) le SUS et (3) des items conçus pour évaluer le risque perçu.

Initiales du participant : _____ *Date* : ____/____/_____	
Partie 1	**Numéro du fauteuil :** _____

Pour chaque proposition, encerclez la note de votre choix, entre "1" (tout à fait d'accord) et "7" (pas du tout d'accord)

		Tout à fait d'accord						Pas du tout d'accord
1	Globalement, je suis satisfait de la simplicité d'utilisation de ce fauteuil	1	2	3	4	5	6	7
2	Ce fauteuil semble simple d'utilisation	1	2	3	4	5	6	7
3	Ce fauteuil me semble adapté pour réaliser efficacement ce qui m'est demandé dans mon travail	1	2	3	4	5	6	7
4	Je pense que je serais capable de réaliser rapidement mon travail avec ce fauteuil	1	2	3	4	5	6	7
5	Je pense que je serais capable de réaliser efficacement mon travail avec ce fauteuil	1	2	3	4	5	6	7
6	L'utilisation de ce fauteuil semble pratique	1	2	3	4	5	6	7
7	Apprendre à utiliser ce fauteuil semble facile	1	2	3	4	5	6	7
8	Je crois que je deviendrais rapidement productif avec ce fauteuil	1	2	3	4	5	6	7
9	Je pense pouvoir résoudre facilement les erreurs d'utilisation ou de réglage du fauteuil	1	2	3	4	5	6	7
10	Si je fais une erreur de manipulation, je pense être en mesure de reprendre le travail facilement et rapidement	1	2	3	4	5	6	7
11	Je pense que ce fauteuil devrait être accompagné d'une documentation claire (conseils, notice…)	1	2	3	4	5	6	7
12	Les fonctions dont j'ai besoin semblent être faciles à trouver	1	2	3	4	5	6	7
13	Les possibilités de réglage du fauteuil semblent faciles à comprendre	1	2	3	4	5	6	7
14	Les possibilités de réglage du fauteuil m'aideraient efficacement à réaliser mes tâches	1	2	3	4	5	6	7
15	L'organisation des commandes sur ce fauteuil semble claire	1	2	3	4	5	6	7
16	Les commandes de réglage de ce fauteuil sont plaisantes	1	2	3	4	5	6	7
17	Je devrais apprécier l'utilisation des fonctionnalités de ce fauteuil	1	2	3	4	5	6	7
18	Ce fauteuil a toutes les fonctions et possibilités que j'espère avoir	1	2	3	4	5	6	7
19	Globalement je devrais être satisfait de ce fauteuil	1	2	3	4	5	6	7

Partie 2

Pour chaque proposition, cochez votre niveau d'accord, entre "1" (pas du tout d'accord) et "5" (tout à fait d'accord). Répondez au centre si vous n'avez pas d'avis.

		Pas du tout d'accord				Tout à fait d'accord
1	Je pense que j'aimerais utiliser ce fauteuil fréquemment	1	2	3	4	5
2	Je trouve ce fauteuil inutilement complexe	1	2	3	4	5
3	Je pense que ce fauteuil est facile à utiliser	1	2	3	4	5
4	Je pense que j'aurais besoin d'une aide technique pour manipuler ce fauteuil	1	2	3	4	5
5	Je trouve que les différentes fonctions de ce fauteuil sont bien intégrées	1	2	3	4	5
6	Je pense qu'il y a trop d'incohérences dans ce fauteuil	1	2	3	4	5
7	La plupart des gens serait capable d'apprendre à utiliser ce fauteuil très rapidement	1	2	3	4	5
8	Ce fauteuil semble pénible à utiliser	1	2	3	4	5
9	Je me sentirais très en confiance en utilisant ce fauteuil	1	2	3	4	5
10	J'aurais besoin d'être guidé avant de pouvoir utiliser ce fauteuil efficacement	1	2	3	4	5

Partie 3

Pour chaque proposition, cochez votre niveau d'accord, entre "1" (pas du tout d'accord) et "5" (tout à fait d'accord). Répondez au centre si vous n'avez pas d'avis.

		Pas du tout d'accord				Tout à fait d'accord
A	Il faut avoir un comportement adapté pour utiliser ce fauteuil en toute sécurité	1	2	3	4	5
B	Ce fauteuil peut être dangereux si on l'utilise pour un usage non prévu	1	2	3	4	5
C	A l'observation, ce fauteuil semble présenter un risque	1	2	3	4	5
D	Lors de l'utilisation de ce fauteuil, j'ai perçu un risque					

Partie 3 Pour chaque proposition, cochez votre niveau d'accord, entre "1" (pas du tout d'accord) et "5" (tout à fait d'accord). Répondez au centre si vous n'avez pas d'avis.	Pas du tout d'accord				Tout à fait d'accord
	1	2	3	4	5

9. Test d'homogénéité des questionnaires

Un test d'homogénéité a été effectué pour chaque questionnaire et pour chaque fauteuil **FA, FE, FH et FI**. Les valeurs des Alphas de Cronbach ont été reportées dans le Tableau 29 pour l'évaluation de chaque fauteuil sur chaque dimension.

Tableau 29 : Valeurs des Alphas de Cronbach de chaque questionnaire, calculé à partir des évaluation de chaque fauteuil (FA, FE, FH et FI). Chaque questionnaire correspond à une dimension :
CSUQ 1 à 8 pour l'utilité
CSUQ 9 à 15 pour la qualité de l'information *(non considéré dans l'analyse des résultats)*
CSUQ 16 à 19 pour la qualité de l'interface *(non considéré dans l'analyse des résultats)*
SUS 1 à 10 pour l'utilisabilité
RISK 1 à 4 pour le risque
Le Questionnaire complet correspond aux items du CSUQ 1 à 8, du SUS, et du RISK.
(Pour chaque Alpha, *N*=41).

Questionnaire	FA	FE	FH	FI
CSUQ items 1 à 8	0.92	0.95	0.94	0.94
CSUQ items 9 à 15	*0.84*	*0.91*	*0.91*	*0.88*
CUSQ items 16 à 19	*0.88*	*0.90*	*0.91*	*0.87*
SUS	0.88	0.91	0.88	0.90
RISK	0.74	0.66	0.75	0.72
Questionnaire complet	0.92	0.94	0.95	0.95

Annexe 9. Echelles de classement de l'étude 1

10. Version experts

Consigne après avoir évalué les 10 fauteuils :

En vous aidant des visuels, vous allez classer les fauteuils dans l'ordre pour chacune des échelles suivantes. Vous pouvez manipuler les fauteuils.

Risque perçu *Le fauteuil est sécurisé*									
Le plus sécurisé									Le plus dangereux
Utilisabilité générale *Facilité d'utilisation, bonne compréhension des réglages, qualité de l'interface, etc.*									
Le plus utilisable									Le moins utilisable
Utilité *Pertinence des fonctions, adaptation aux environnements de travail de bureau, qualité de fabrication, etc.*									
Le plus utile									Le moins utile
Acceptabilité *Le fauteuil sera choisi ET utilisé*									
Le plus acceptable									Le moins acceptable

11. Version utilisateurs

Consigne après avoir évalué les 4 fauteuils :

En vous aidant des photos, vous allez classer les 4 fauteuils dans l'ordre pour chacune des échelles suivantes.

Quel fauteuil est le plus sécurisé ?			
1	2	3	4

Quel fauteuil est le plus facile à utiliser et à manipuler? Les réglages sont-ils faciles à comprendre ?			
1	2	3	4

Quel fauteuil permet d'offrir à une entreprise les meilleures conditions de travail ?			
1	2	3	4

Quel fauteuil choisiriez-vous personnellement ?			
1	2	3	4

Annexe 10. Analyses de l'étude 1

12. Analyses des évaluations des fauteuils par questionnaires, sur chaque dimension

Les analyses présentées dans cette section ont été réalisées avec le logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général). Pour chaque dimension, le tableau d'analyse de variance présente les principales valeurs relatives aux effets des variables indiquées et de leurs interactions : la somme des carrés (*SC*), les degrés de liberté, le carré moyen (*MC*), l'effet des facteurs sur la variance (*F*), le seuil de significativité de cet effet (*p*), et la gradeur de cet effet (*éta-deux partiel*).

12.1. Utilité (sous-dimension 1 du CSUQ)

Tableau 30 : Analyse de l'effet des facteurs condition et objet (OBG) sur l'évaluation de l'utilité. Les valeurs indiquées en rouge indiquent des effets significatifs.

Effet	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance (E Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité
Ord.Orig.	2973,867	1	2973,867	891,6449	0,000000	0,958094	891,6449
CONDITION	5,210	1	5,210	1,5620	0,218824	0,038508	1,5620
Erreur	130,075	39	3,335				
OBG	19,248	3	6,416	4,5813	0,004530	0,105121	13,7439
OBG*CONDITION	2,353	3	0,784	0,5600	0,642459	0,014156	1,6801
Erreur	163,852	117	1,400				

Tableau 31 : Comparaison des fauteuils 2 à 2 sur l'évaluation de l'utilité, selon un test de Bonferroni (tableau du haut) et un test de Scheffé (tableau du bas). Les valeurs indiquées en rouge indiquent une différenciation significative entre 2 fauteuils. Pour les lignes et les colonnes, les valeurs 1, 2, 3 et 4 correspondent respectivement aux fauteuils FA, FE, GH et FI.

N°Cellu.	Test Bonferroni ; variable VD_1 (EXP2 0715 dans C Probabilités des Tests Post-Hoc Erreur : MCE Intra = 1,4004, dl = 117,00 OBG	{1} 4,6146	{2} 4,5605	{3} 4,0539	{4} 3,7920
1	FA MG1		1,000000	0,203947	0,012533
2	FE MG1	1,000000		0,330053	0,023707
3	FH MG1	0,203947	0,330053		1,000000
4	FI MG1	0,012533	0,023707	1,000000	

N°Cellu.	Test de Scheffé ; variable VD_1 (EXP2 0715 dans C Probabilités des Tests Post-Hoc Erreur : MCE Intra = 1,4004, dl = 117,00 OBG	{1} 4,6146	{2} 4,5605	{3} 4,0539	{4} 3,7920
1	FA MG1		0,997651	0,209322	0,022802
2	FE MG1	0,997651		0,294139	0,038833
3	FH MG1	0,209322	0,294139		0,800182
4	FI MG1	0,022802	0,038833	0,800182	

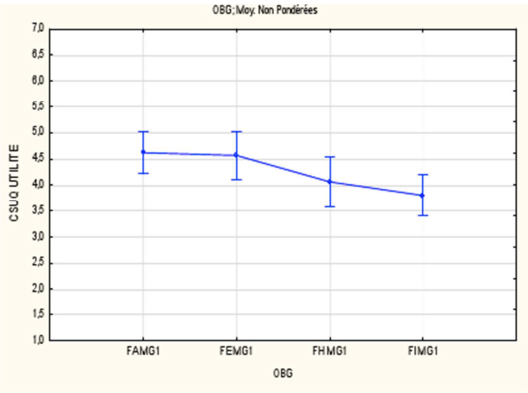


Figure 40 : Représentation graphique du score moyen (et écart-type) d'utilité (1 à 7) pour chaque fauteuil FA, FE, FH et FI

12.2. Qualité de l'information (sous-dimension 2 du CSUQ, à titre indicatif)

Tableau 32 : Analyse de l'effet des facteurs condition et objet (OBG) sur l'évaluation de la qualité de l'information. Les valeurs indiquées en rouge indiquent des effets significatifs

Effet	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance (E Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité
Ord.Orig.	2712,665	1	2712,665	1071,663	0,000000	0,964886	1071,663
CONDITION	6,881	1	6,881	2,718	0,107231	0,065161	2,718
Erreur	98,719	39	2,531				
OBG	21,106	3	7,035	5,101	0,002362	0,115659	15,302
OBG*CONDITION	3,128	3	1,043	0,756	0,521060	0,019015	2,268
Erreur	161,380	117	1,379				

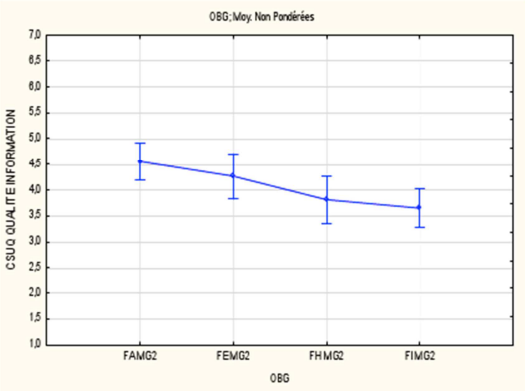


Figure 41 : Représentation graphique du score moyen (et écart-type) de qualité d'information (1 à 7) pour chaque fauteuil FA, FE, FH et FI

Tableau 33 : Comparaison des fauteuils 2 à 2 sur l'évaluation de la qualité de l'information, selon un test de Bonferroni (tableau du haut) et une test de Scheffé (tableau du bas). Les valeurs indiquées en rouge indiquent une différenciation significative entre 2 fauteuils. Pour les lignes et les colonnes, les valeurs 1, 2, 3 et 4 correspondent respectivement aux fauteuils FA, FE, GH et FI.

Test de Scheffé ; variable VD_1 (EXP2 0715 dans Classeur2)
Probabilités des Tests Post-Hoc
Erreur : MCE Intra = 1,3793, dl = 117,00

N°Cellu.	OBG	{1} 4,5510	{2} 4,2590	{3} 3,8051	{4} 3,6378
1	FA MG2		0,737375	0,045545	0,007990
2	FE MG2	0,737375		0,386180	0,131452
3	FH MG2	0,045545	0,386180		0,936687
4	FI MG2	0,007990	0,131452	0,936687	

Test Bonferroni ; variable VD_1 (EXP2 0715 dans Classeur2)
Probabilités des Tests Post-Hoc
Erreur : MCE Intra = 1,3793, dl = 117,00

N°Cellu.	OBG	{1} 4,5510	{2} 4,2590	{3} 3,8051	{4} 3,6378
1	FA MG2		1,000000	0,028773	0,003690
2	FE MG2	1,000000		0,496568	0,109270
3	FH MG2	0,028773	0,496568		1,000000
4	FI MG2	0,003690	0,109270	1,000000	

12.3. Qualité de l'interface (sous-dimension 3 du CSUQ, à titre indicatif)

Tableau 34 : Analyse de l'effet des facteurs condition et objet (OBG) sur l'évaluation de la qualité de l'interface. Les valeurs indiquées en rouge indiquent des effets significatifs

Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance (EXP2 (
Paramétrisation sigma-restreint
Décomposition efficace de l'hypothèse

Effet	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puis obs (alph
Ord.Orig.	2860,283	1	2860,283	660,4994	0,000000	0,944246	660,4994	1
CONDITION	12,456	1	12,456	2,8763	0,097865	0,068685	2,8763	0
Erreur	168,889	39	4,330					
OBG	0,588	3	0,196	0,1488	0,930293	0,003800	0,4463	0
OBG*CONDITION	2,422	3	0,807	0,6129	0,607935	0,015473	1,8388	0
Erreur	154,081	117	1,317					

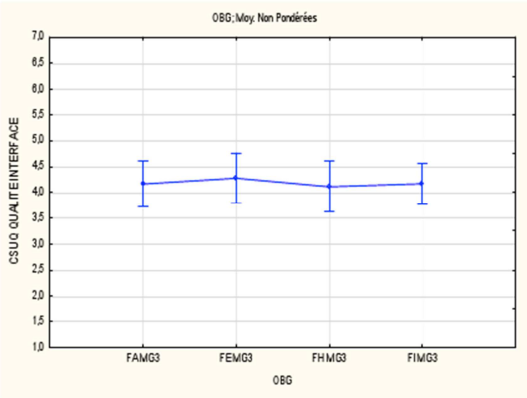


Figure 42 : Représentation graphique du score moyen (et écart-type) de qualité d'interface (1 à 7) pour chaque fauteuil FA, FE, FH et FI

12.4. Utilisabilité (System Usalibity Scale)

Tableau 35 : Analyse de l'effet des facteurs condition et objet (OBG) sur l'évaluation de l'utilisabilité. Les valeurs indiquées en rouge indiquent des effets significatifs

Effet	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance (E Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité
Ord.Orig.	439319,7	1	439319,7	580,0293	0,000000	0,936998	580,0293
CONDITION	3378,6	1	3378,6	4,4607	0,041141	0,102637	4,4607
Erreur	29539,0	39	757,4				
OBG	3360,8	3	1120,3	2,9000	0,037961	0,069212	8,6999
OBG*CONDITION	2093,4	3	697,8	1,8064	0,149822	0,044267	5,4191
Erreur	45196,7	117	386,3				

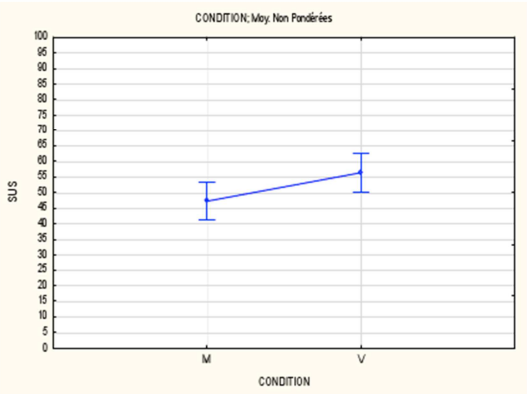


Figure 43 : Représentation graphique du score moyen (et écart-type) de l'évaluation de l'utilisabilité (0 à 100) par les acteurs (M) et les observateurs (V)

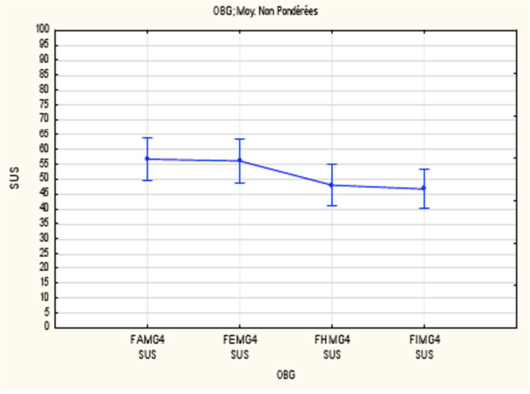


Figure 44 : Représentation graphique du score moyen (et écart-type) d'utilisabilité (0 à 100) pour chaque fauteuil FA, FE, FH et FI

Tableau 36 : Comparaison des fauteuils 2 à 2 sur l'évaluation de l'utilisabilité, selon un test de Bonferroni (tableau du haut) et un test de Scheffé (tableau du bas). Aucune différenciation significative entre 2 fauteuils n'est révélée par ces test. Pour les lignes et les colonnes, les valeurs 1, 2, 3 et 4 correspondent respectivement aux fauteuils FA, FE, GH et FI.

Test Bonferroni ; variable VD_1 (EXP2 0715 dans Classeur2
Probabilités des Tests Post-Hoc
Erreur : MCE Intra = 386,30, dl = 117,00

N°Cellu.	OBG	{1} 56,585	{2} 55,854	{3} 47,805	{4} 46,402
1	FA MG4 SUS		1,000000	0,272294	0,124020
2	FE MG4 SUS	1,000000		0,397410	0,188828
3	FH MG4 SUS	0,272294	0,397410		1,000000
4	FI MG4 SUS	0,124020	0,188828	1,000000	

Test de Scheffé ; variable VD_1 (EXP2 0715 dans Classeur2
Probabilités des Tests Post-Hoc
Erreur : MCE Intra = 386,30, dl = 117,00

N°Cellu.	OBG	{1} 56,585	{2} 55,854	{3} 47,805	{4} 46,402
1	FA MG4 SUS		0,998729	0,257332	0,144740
2	FE MG4 SUS	0,998729		0,333596	0,197908
3	FH MG4 SUS	0,257332	0,333596		0,991258
4	FI MG4 SUS	0,144740	0,197908	0,991258	

12.5. Evaluation du risque

Tableau 37 : Analyse de l'effet des facteurs condition et objet (OBG) sur l'évaluation du risque. Les valeurs indiquées en rouge indiquent des effets significatifs.

Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance (EXP2 (
Paramétrisation sigma-restreint
Décomposition efficace de l'hypothèse

Effet	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puis obs (alph
Ord.Orig.	1952,195	1	1952,195	886,1013	0,000000	0,957842	886,1013	1
CONDITION	0,000	1	0,000	0,0001	0,991860	0,000003	0,0001	0
Erreur	85,922	39	2,203					
OBG	2,011	3	0,670	1,6522	0,181178	0,040642	4,9566	0
OBG*CONDITION	0,706	3	0,235	0,5803	0,629072	0,014662	1,7410	0
Erreur	47,478	117	0,406					

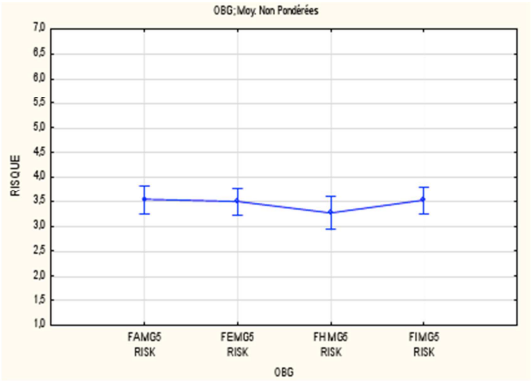


Figure 45 : Représentation graphique du score moyen (et écart-type) de risque (1 à 7) pour chaque fauteuil FA, FE, FH et FI

13. Analyses des classements des fauteuils par les participants, sur chaque dimension

Tableau 38 : Analyse du classement des fauteuils sur la dimension sécurité (risque).
Les 3 tableaux présentent respectivement les analyses pour l'ensemble des participants, pour le groupe Acteurs (M) et le groupe Observateurs (V).
La valeur de *l'ANOVA du Chi²* (et les degrés de liberté) et le seuil de significativité (*p*) est reporté dans le cartouche de chaque tableau. Le rang moyen, la somme des rangs, la moyenne et l'écart-type est reporté pour chaque fauteuil.

Ensemble des Groupes
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (EXP2 0715 dans STAT EXP:
ANOVA du Chi² (N = 41, dl = 3) = 2,494975 p = ,47620
Coeff. de Concordance = ,02028 Rang moy. r = -,0042

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class SECU	2,731707	112,0000	2,731707	1,025290
FE Class SECU	2,304878	94,5000	2,341463	1,063244
FH Class SECU	2,536585	104,0000	2,536585	1,097669
FI Class SECU	2,426829	99,5000	2,439024	1,245969

CONDITION=M
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (Feuille de données in STAT EXP
ANOVA du Chi² (N = 21, dl = 3) = ,7424242 p = ,86318
Coeff. de Concordance = ,01178 Rang moy. r = -,0376

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class SECU	2,619048	55,0000	2,619048	1,116969
FE Class SECU	2,500000	52,5000	2,571429	1,075706
FH Class SECU	2,571429	54,0000	2,571429	1,121224
FI Class SECU	2,309524	48,5000	2,333333	1,154701

CONDITION=V
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (Feuille de données in STAT EXP
ANOVA du Chi² (N = 20, dl = 3) = 3,420000 p = ,33129
Coeff. de Concordance = ,05700 Rang moy. r = ,00737

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class SECU	2,850000	57,0000	2,850000	0,933302
FE Class SECU	2,100000	42,0000	2,100000	1,020836
FH Class SECU	2,500000	50,0000	2,500000	1,100239
FI Class SECU	2,550000	51,0000	2,550000	1,356272

Tableau 39 : Analyse du classement des fauteuils sur la dimension utilisabilité.
Les 3 tableaux présentent respectivement les analyses pour l'ensemble des participants, pour le groupe Acteurs (M) et le groupe Observateurs (V).
La valeur de *l'ANOVA du Chi²* (et les degrés de liberté) et le seuil de significativité (*p*) est reporté dans le cartouche de chaque tableau. Le rang moyen, la somme des rangs, la moyenne et l'écart-type est reporté pour chaque fauteuil.

Ensemble des Groupes
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (EXP2 0715 dans STAT EXP:
ANOVA du Chi² (N = 41, dl = 3) = 7,536765 p = ,05662
Coeff. de Concordance = ,06127 Rang moy. r = ,03781

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class UTILISA	2,268293	93,0000	2,243902	1,135352
FE Class UTILISA	2,231707	91,5000	2,195122	1,122932
FH Class UTILISA	2,585366	106,0000	2,536585	0,977179
FI Class UTILISA	2,914634	119,5000	2,902439	1,157689

CONDITION=M
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (Feuille de données in STAT EX
ANOVA du Chi² (N = 21, dl = 3) = 6,818182 p = ,07793
Coeff. de Concordance = ,10823 Rang moy. r = ,06364

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class UTILISA	2,071429	43,50000	2,047619	1,116969
FE Class UTILISA	2,333333	49,00000	2,285714	1,189237
FH Class UTILISA	2,523810	53,00000	2,476190	0,872872
FI Class UTILISA	3,071429	64,50000	3,047619	1,116969

CONDITION=V
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (Feuille de données in STAT EX
ANOVA du Chi² (N = 20, dl = 3) = 2,728643 p = ,43538
Coeff. de Concordance = ,04548 Rang moy. r = -,0048

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class UTILISA	2,475000	49,50000	2,450000	1,145931
FE Class UTILISA	2,125000	42,50000	2,100000	1,071153
FH Class UTILISA	2,650000	53,00000	2,600000	1,095445
FI Class UTILISA	2,750000	55,00000	2,750000	1,208522

Tableau 40 : Analyse du classement des fauteuils sur la dimension Utilité.
Les 3 tableaux présentent respectivement l'analyse pour l'ensemble des participants, pour le groupe Acteurs (M) et le groupe Observateurs (V)
La valeur de *l'ANOVA du Chi²* (et les degrés de liberté) et le seuil de significativité (*p*) est reporté dans le cartouche de chaque tableau. Le rang moyen, la somme des rangs, la moyenne et l'écart-type est reporté pour chaque fauteuil.

Ensemble des Groupes
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (EXP2 0715 dans STAT EXP
ANOVA du Chi² (N = 41, dl = 3) = 5,904645 p = ,11635
Coeff. de Concordance = ,04801 Rang moy. r = ,02421

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class UTILITE	2,597561	106,5000	2,609756	1,242539
FE Class UTILITE	2,097561	86,0000	2,121951	1,004866
FH Class UTILITE	2,756098	113,0000	2,780488	1,107073
FI Class UTILITE	2,548780	104,5000	2,560976	1,049971

CONDITION=M
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (Feuille de données in STAT EX
ANOVA du Chi² (N = 21, dl = 3) = 2,885167 p = ,40967
Coeff. de Concordance = ,04580 Rang moy. r = -,0019

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class UTILITE	2,404762	50,50000	2,428571	1,325573
FE Class UTILITE	2,285714	48,00000	2,333333	1,016530
FH Class UTILITE	2,904762	61,00000	2,952381	1,071270
FI Class UTILITE	2,404762	50,50000	2,428571	1,028175

CONDITION=V
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (Feuille de données in STAT EX
ANOVA du Chi² (N = 20, dl = 3) = 6,000000 p = ,11161
Coeff. de Concordance = ,10000 Rang moy. r = ,05263

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class UTILITE	2,800000	56,00000	2,800000	1,151658
FE Class UTILITE	1,900000	38,00000	1,900000	0,967906
FH Class UTILITE	2,600000	52,00000	2,600000	1,142481
FI Class UTILITE	2,700000	54,00000	2,700000	1,080935

Tableau 41 : Analyse du classement des fauteuils sur la dimension acceptabilité.
Les 3 tableaux présentent respectivement les analyses pour l'ensemble des participants, pour le groupe Acteurs (M) et le groupe Observateurs (V)
La valeur de *l'ANOVA du Chi²* (et les degrés de liberté) et le seuil de significativité (*p*) est reporté dans le cartouche de chaque tableau. Le rang moyen, la somme des rangs, la moyenne et l'écart-type est reporté pour chaque fauteuil.

Ensemble des Groupes
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (EXP2 0715 dans STAT EXP
ANOVA du Chi² (N = 41, dl = 3) = 6,551471 p = ,08766
Coeff. de Concordance = ,05326 Rang moy. r = ,02960

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class ACCEP	2,743902	112,5000	2,756098	1,178569
FE Class ACCEP	2,085366	85,5000	2,073171	0,958912
FH Class ACCEP	2,682927	110,0000	2,682927	1,233674
FI Class ACCEP	2,487805	102,0000	2,487805	1,051712

CONDITION=M
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (Feuille de données in STAT EX
ANOVA du Chi² (N = 21, dl = 3) = 6,533654 p = ,08835
Coeff. de Concordance = ,10371 Rang moy. r = ,05889

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class ACCEP	2,452381	51,50000	2,476190	1,167007
FE Class ACCEP	2,166667	45,50000	2,142857	1,108409
FH Class ACCEP	3,095238	65,00000	3,095238	1,135991
FI Class ACCEP	2,285714	48,00000	2,285714	1,007118

CONDITION=V
ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall (Feuille de données in STAT EX
ANOVA du Chi² (N = 20, dl = 3) = 7,860000 p = ,04900
Coeff. de Concordance = ,13100 Rang moy. r = ,08526

Variable	Rang Moyen	Somme Rangs	Moyenne	Ec-type
FA Class ACCEP	3,050000	61,00000	3,050000	1,145931
FE Class ACCEP	2,000000	40,00000	2,000000	0,794719
FH Class ACCEP	2,250000	45,00000	2,250000	1,208522
FI Class ACCEP	2,700000	54,00000	2,700000	1,080935

Annexe 11. Scénarios d'activités et visuels des objets évalués dans les études 2 et 3

14. Scénarios d'activités en cuisine

Préparer une carotte à la vapeur

- Une carotte, un économe, un couteau, une planche à découper et une bouteille d'eau sont situés à côté du cuiseur vapeur.
- Epluchez la carotte à l'aide de l'épluche-légumes, et coupez-la en rondelle sur la planche à découper.
- A l'aide de la bouteille, mettez de l'eau dans le cuiseur vapeur.
- Positionnez la carotte dans le cuiseur vapeur.
- Enfin, branchez le cuiseur vapeur et lancez la cuisson de la carotte.

Préparer un jus d'orange pressée

- Un verre, un couteau, une orange et une planche à découper sont situés à côté du presse-oranges.
- Coupez l'orange en deux sur la planche à découper.
- Vérifiez la bonne installation du presse-oranges et branchez-le dans l'angle du plan de travail.
- Préparez un jus d'orange pressé et versez-le dans le verre.
- Enfin servez le verre sur la table basse du salon.

Cuire des pâtes

- Une casserole d'eau chaude est située sur la plaque de cuisson, une dose de pâtes à cuisson rapide est située à côté.
- Portez l'eau à ébullition.
- Programmez le minuteur de la plaque sur 3 minutes, et placez les pâtes dans l'eau bouillante.
- Eteignez la plaque lorsque les pâtes sont cuites, et égouttez les avec la passoire dans l'évier.
- Enfin placez les pâtes dans le récipient situé à côté.

Préparer un gratin de pâtes

- Les pâtes, la crème fraiche et le fromage râpé sont situés dans le réfrigérateur. Un petit plat à gratin est situé sur le plan de travail.
- Placez les pâtes dans le plat, couvrir de crème puis de fromage.
- Placez le plat sur la grille dans le micro-ondes.
- Activez la cuisson en mode «gril».
- Enfin lorsque c'est gratinée, placez la préparation sur le repose-plat à l'aide des gants anti-chaleur.

Préparer des toasts

- Un grille pain, du pain, une planche à découper, un couteau et du fromage frais sont situés sur le plan de travail.
- Branchez et réglez le grille pain, et faites griller une tranche de pain.
- Lorsque la tranche de pain est grillée à souhait, placez-la sur la planche à découper.
- Puis découpez-la en 4 petits toasts à l'aide du couteau.
- Enfin, tartinez chaque toast avec le fromage frais.

Préparer une pâte à crêpes

- Un robot et un petit saladier sont situés dans un tiroir casserolier. Des ingrédients sont présentés sur le plan de travail.
- Sortez le robot du tiroir, installez-le et branchez-le à droite de l'évier.
- Placez tous les ingrédients dans le robot et refermez le couvercle.
- Activez le robot pour faire le mélange.
- Enfin lorsque la pâte obtenue est homogène, versez la préparation dans le saladier.

Cuire les crêpes

- Un appareil « crêpe party », le saladier de pâte à crêpe, une louche et un papier huilé sont situés sur la table.
- Branchez l'appareil sur la rallonge située au sol, et faites le préchauffer.
- Lorsque la plaque est assez chaude, appliquez un peu d'huile à l'aide du papier huilé et faites cuire 2 crêpes.
- Utilisez une spatule pour les retourner.
- Enfin, lorsque les crêpes sont cuites placez-les sur une assiette.

Préparer une tasse de café.

- Des dosettes de café et du sucre sont situés dans le placard au dessus de l'évier. Une bouteille d'eau et une tasse sont situées à côté de la cafetière.
- Sortez une dosette et un sucre.
- Mettez de l'eau, la dosette et la tasse dans la cafetière.
- Branchez la cafetière et faites un café.
- Enfin, lorsque le café est prêt, placez la tasse et le sucre sur la soucoupe.

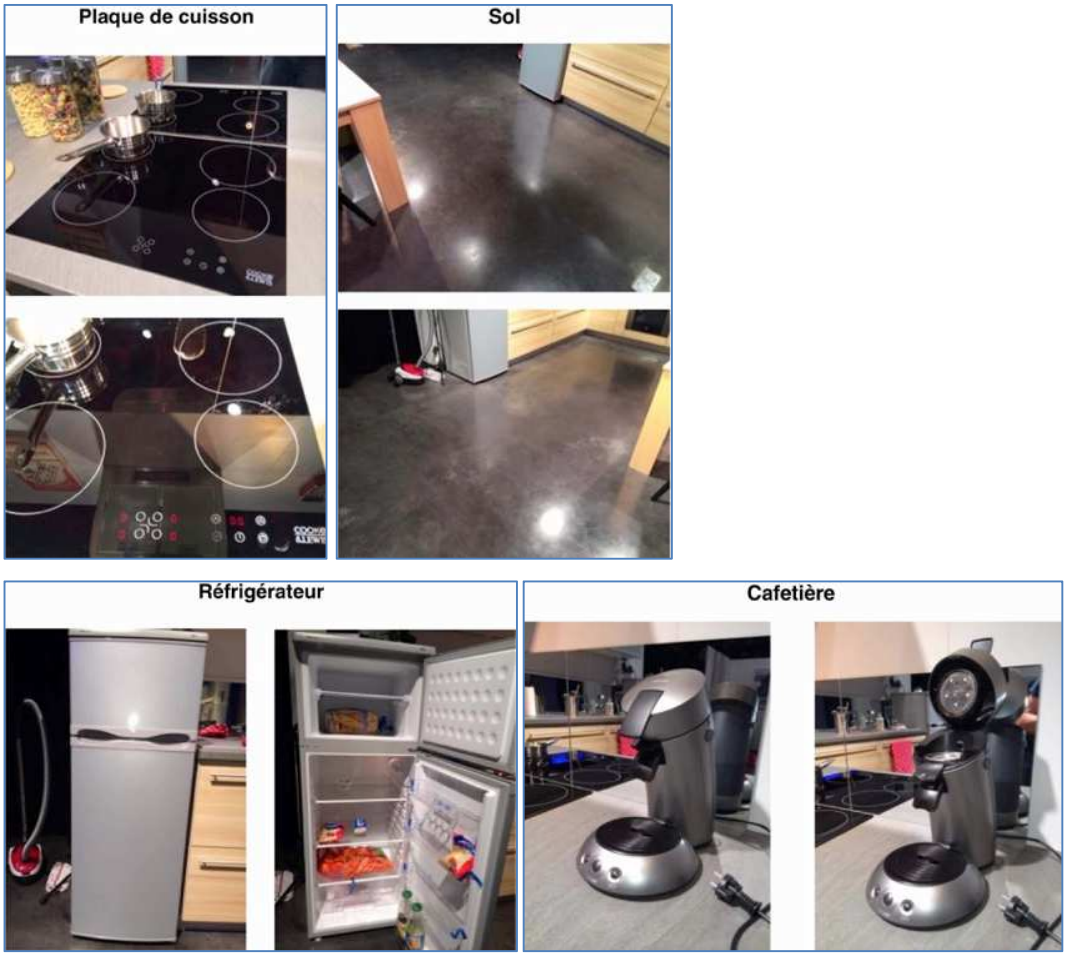
Ranger et faire la vaisselle

- De la vaisselle et des ustensiles sales sont situés dans l'évier.
- Placez-les dans le lave-vaisselle.
- Des tablettes pour lave-vaisselle sont situées dans le placard, à proximité du lave-vaisselle.
- Placez une tablette dans le lave-vaisselle et lancez un programme de lavage rapide.
- Enfin, nettoyez les plans de travail, l'évier et la plaque de cuisson avec une éponge humide. Puis essuyez avec un chiffon.

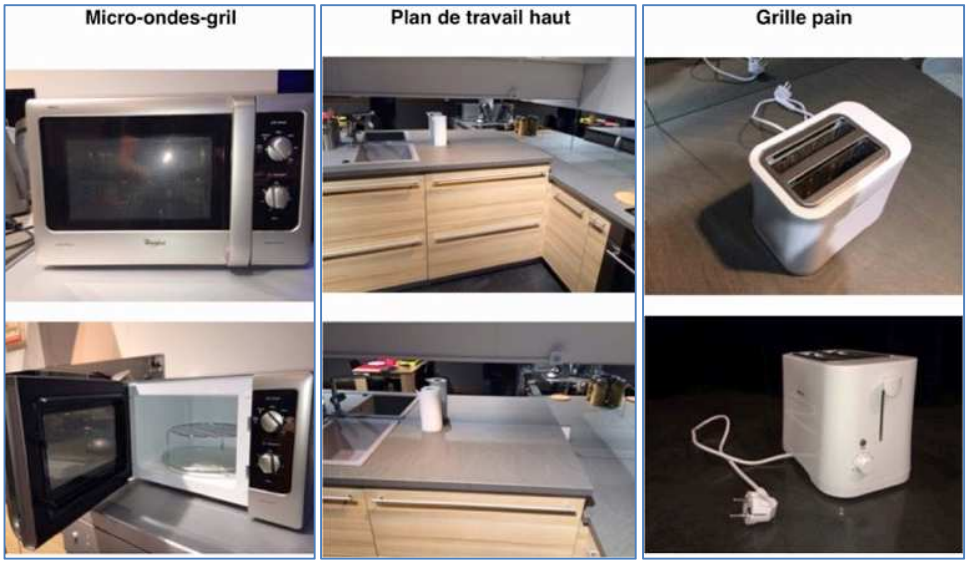
Aspirer le sol

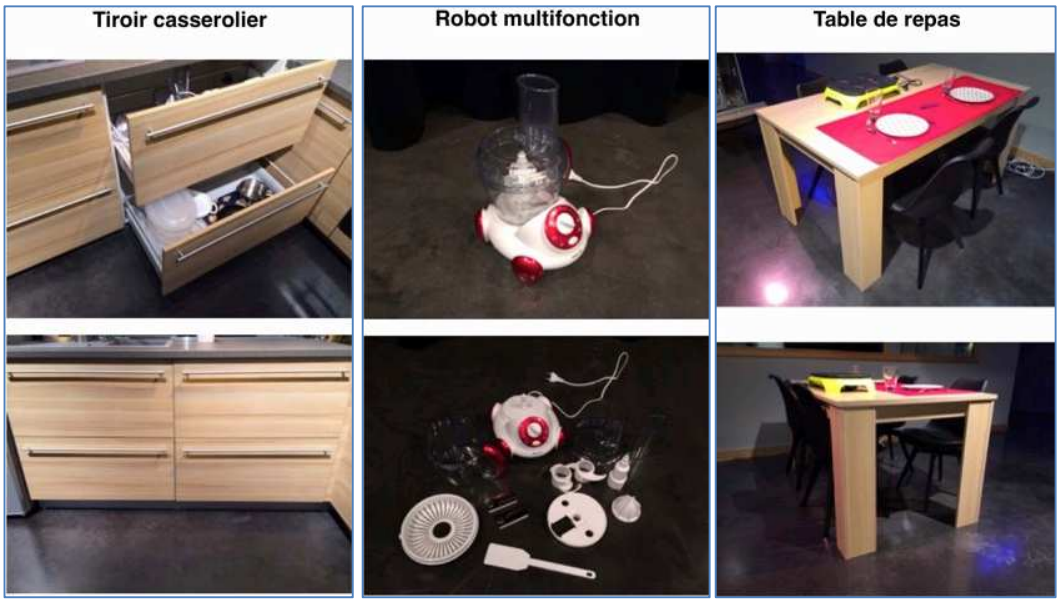
- Un aspirateur est situé à côté du réfrigérateur.
- Ouvrez-le, vérifiez que son sac d'aspiration ne soit pas plein et qu'il soit bien positionné.
- Déroulez entièrement le câble et branchez-le sur la prise électrique située derrière le micro-ondes.
- Passez l'aspirateur dans la partie cuisine. Insistez bien dans les coins avec les embouts adaptés.
- Enfin, rangez l'aspirateur à son emplacement initial.

15. Objets cibles communs aux études 2 et 3



Annexe 11

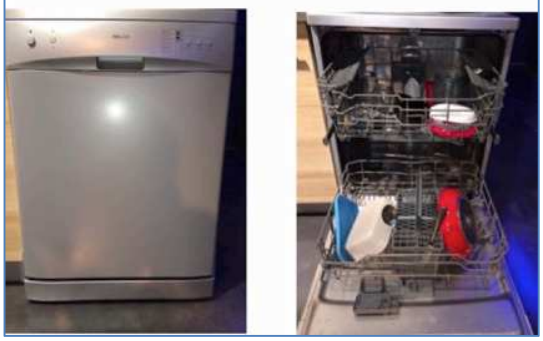

Micro-ondes-gril
Plan de travail haut
Grille pain


Tiroir casserolier
Robot multifonction
Table de repas


Crêpe party
Placard en hauteur
Coin cuisine

Annexe 11

Lave vaisselle

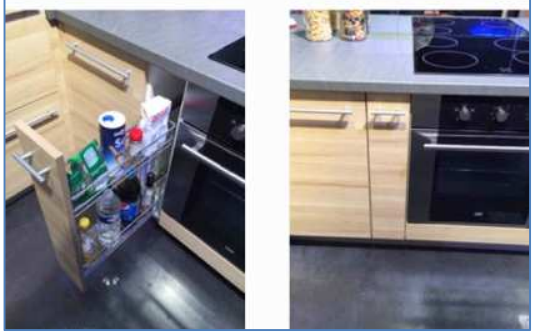


Aspirateur



16. Objets cibles supplémentaires pour l'étude 3 uniquement

Tiroir à épices



Robinet mitigeur



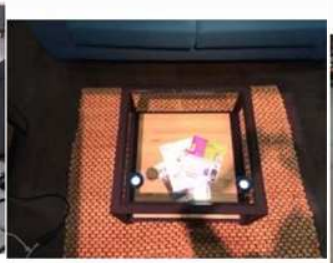
17. Objets cibles évalués en phases d'essais

Plan de travail bas





Table basse





Presse-orange





Cuiseur vapeur





Annexe 12. Questionnaires des études 2 et 3

18. Questionnaires de l'étude 2

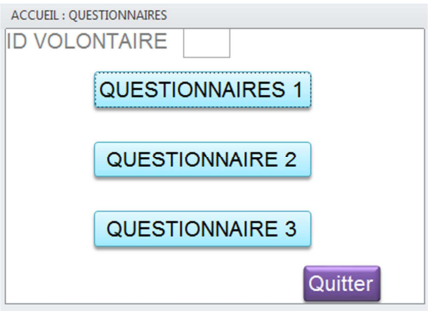


Figure 46 : Ecran de choix des questionnaires. QUESTIONNAIRES 1 renvoie à la liste de sélection des objets pour lancer le questionnaire d'évaluation sur l'objet choisi. QUESTIONNAIRE 2 renvoie à la liste de sélection des objets pour lancer le questionnaire d'usage sur l'objet choisi. Le questionnaire 2 est rempli lorsque tous les objets ont été évalués. QUESTIONNAIRE 3 renvoie à un questionnaire d'informations personnelles.

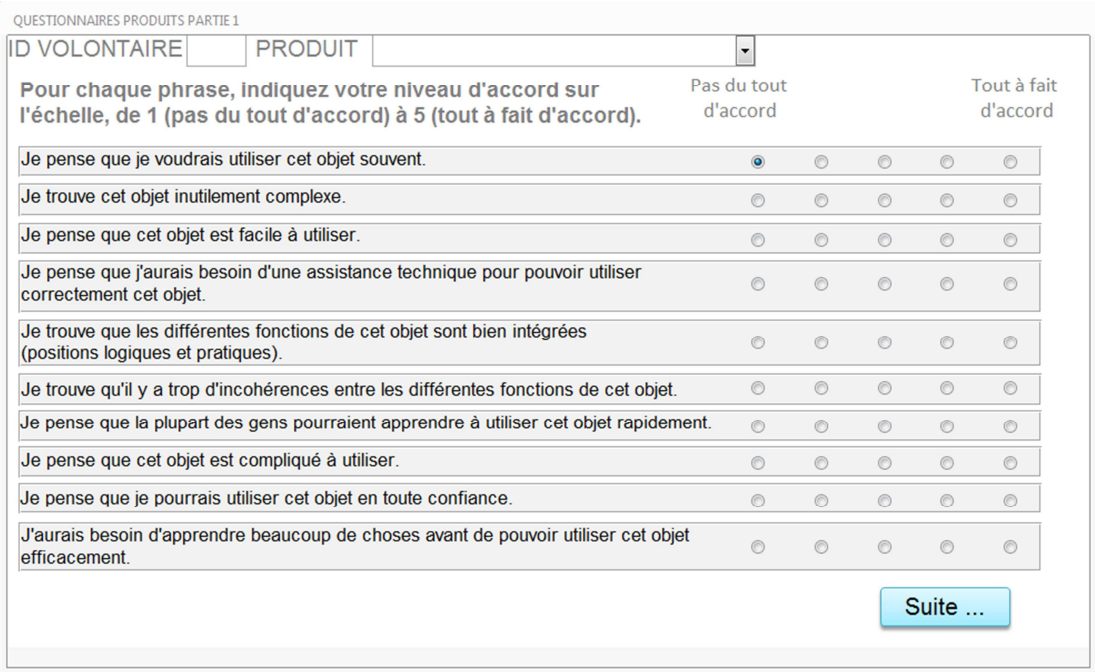


Figure 47 : Questionnaire1, partie 1. Le questionnaire 1 est utilisé pour évaluer chaque objet. Le champ PRODUIT indique l'objet cible. Tous les items doivent être traités pour passer à la partie 2 en cliquant sur « Suite… ».

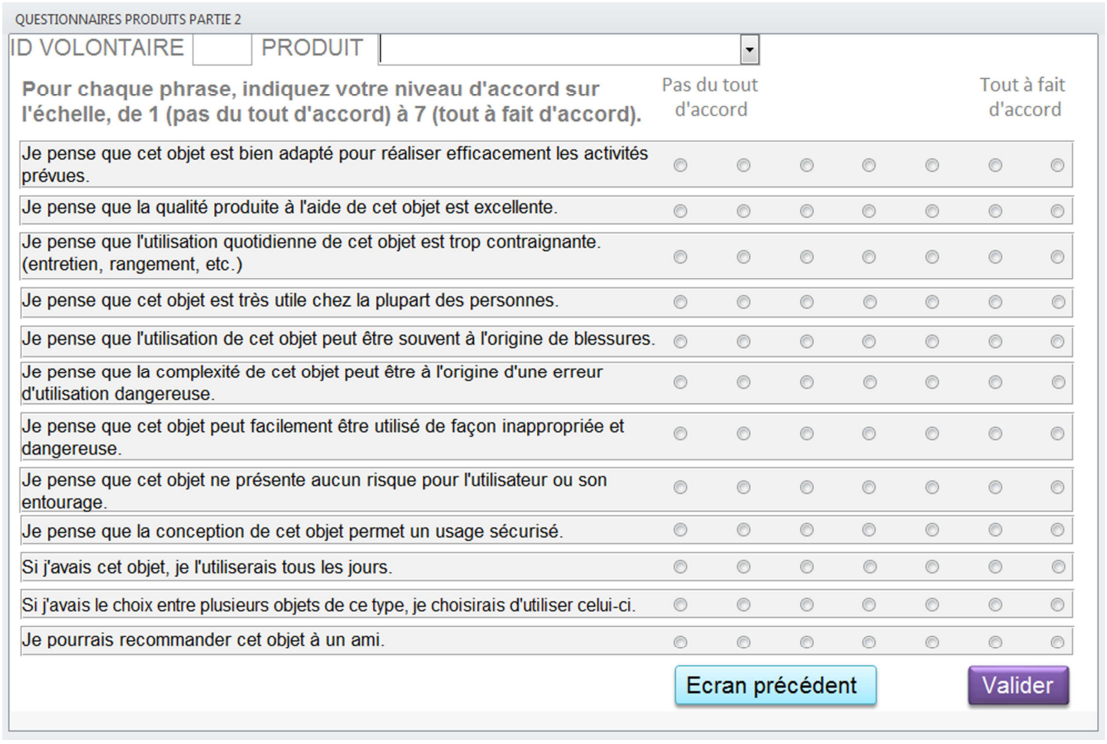


Figure 48 : Questionnaire1, partie 2. Le champ PRODUIT indique l'objet cible. Tous les items doivent être traités pour valider le questionnaire.

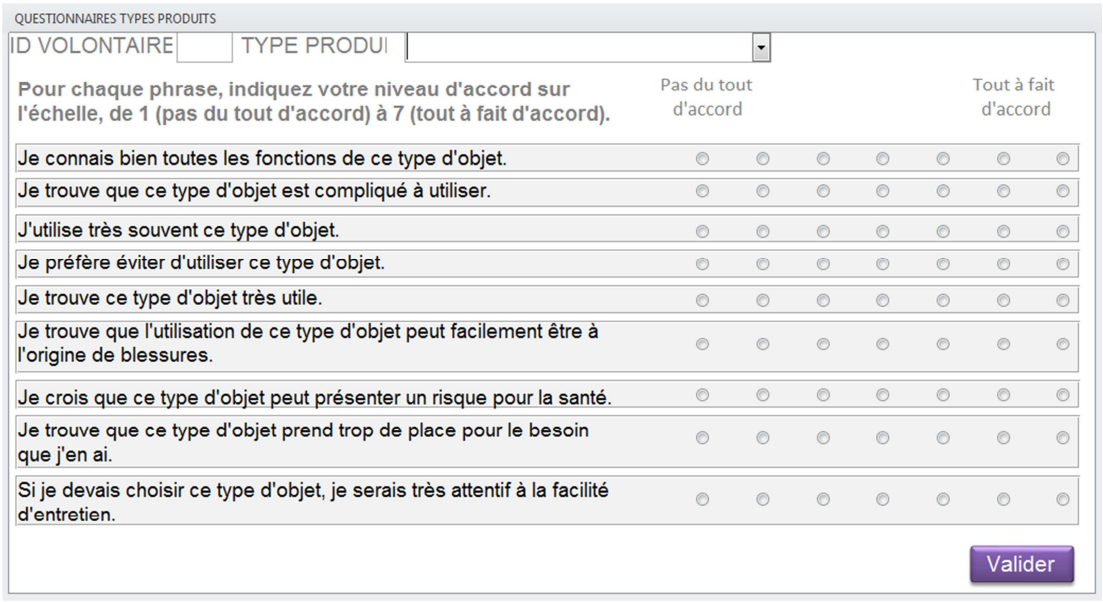


Figure 49 : Questionnaire 2. Le champ PRODUIT indique l'objet cible. Le questionnaire 2 est utilisé pour appréhender les usages des participants vis-à-vis du type d'objet évalué. Tous les items doivent être traités pour valider le questionnaire. Les données recueillies avec ce questionnaire n'ont pas été traitées.

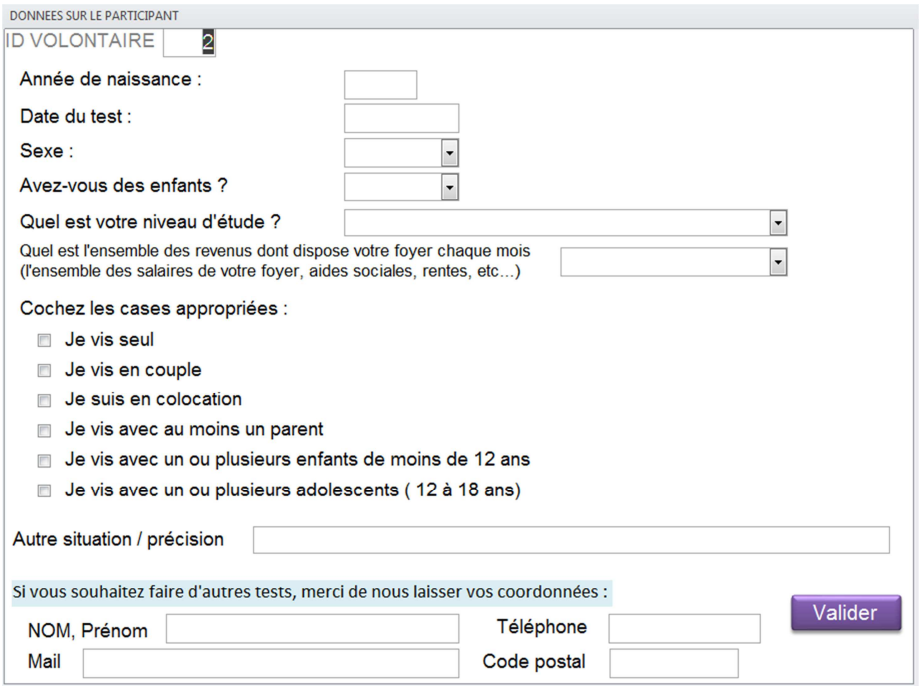


Figure 50 : Questionnaire 3. Ce questionnaire recueille des informations personnelles sur le participant et propose de l'inscrire pour participer à d'autres études.

19. Questionnaires de l'étude 3

Les questionnaires 1 et 3 de l'étude 3 sont identiques à ceux de l'étude 2, le nouveau questionnaire 2 est présenté ci-dessous.

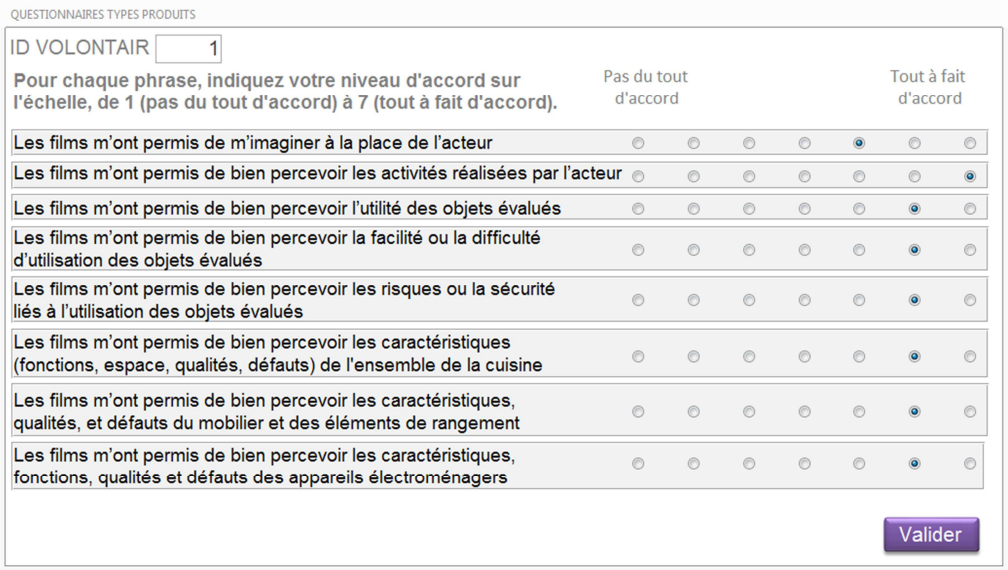


Figure 51 : Questionnaire 2 : Dans l'étude 3, le questionnaire 2 renvoie à une évaluation des films visionnés, en termes de perception des activités et des objets évalués.

Annexe 12

20. Test d'homogénéité des questionnaires (Alpha de Cronbach)

Dimension	Objet	*M.*	*Ec-T.*	*N.*	α Cronbach	α Standardisé	Corrél° moy.
Acceptabilité	**tous**	12.93	5.13	640	**0.88**	**0.88**	0.75
	ASO	9.88	6.36	40	0.91	0.91	0.82
	CCO	14.23	4.22	40	0.84	0.85	0.73
	CFO	12.68	5.42	40	0.86	0.86	0.72
	CPO	9.40	5.39	40	0.90	0.90	0.77
	EVO	14.20	3.93	40	0.78	0.79	0.64
	GPO	12.60	5.48	40	0.93	0.93	0.84
	LVO	13.05	4.90	40	0.87	0.87	0.73
	MOG	12.65	5.18	40	0.91	0.92	0.80
	PCO	12.15	4.57	40	0.87	0.87	0.72
	RFO	14.18	3.87	40	0.78	0.81	0.64
	RMO	8.43	4.37	40	0.78	0.78	0.63
	SOO	12.88	5.77	40	0.92	0.92	0.88
	TCO	15.90	2.62	40	0.81	0.81	0.62
Risque	**tous**	7.10	7.21	640	**0.85**	**0.86**	0.55
	ASO	4.63	6.48	40	0.86	0.88	0.60
	CCO	6.53	6.84	40	0.89	0.89	0.65
	CFO	5.95	6.36	40	0.83	0.84	0.53
	CPO	14.65	6.77	40	0.81	0.81	0.47
	EVO	3.40	5.76	40	0.82	0.87	0.60
	GPO	11.00	6.79	40	0.82	0.82	0.50
	LVO	5.98	6.50	40	0.77	0.79	0.45
	MOG	11.08	6.98	40	0.83	0.83	0.50
	PCO	14.23	6.80	40	0.84	0.85	0.53
	RFO	3.35	5.20	40	0.69	0.72	0.35
	RMO	9.80	7.15	40	0.85	0.85	0.53
	SOO	4.03	4.85	40	0.60	0.58	0.23
	TCO	3.23	3.90	40	0.69	0.82	0.51
Utilisabilité	**tous**	34.57	7.17	640	**0.90**	**0.91**	0.50
	ASO	33.90	7.70	40	0.90	0.91	0.51
	CCO	35.43	5.77	40	0.84	0.85	0.40
	CFO	33.13	9.06	40	0.95	0.96	0.70
	CPO	33.18	6.25	40	0.87	0.87	0.43
	EVO	38.18	2.34	40	0.50	0.58	0.14
	GPO	37.38	3.64	40	0.82	0.84	0.37
	LVO	30.95	7.14	40	0.81	0.81	0.32
	MOG	33.03	5.97	40	0.85	0.86	0.40
	PCO	24.90	8.70	40	0.89	0.89	0.47
	RFO	38.30	2.45	40	0.46	0.68	0.34
	RMO	25.55	8.07	40	0.88	0.88	0.44
	SOO	36.65	4.96	40	0.78	0.72	0.25
	TCO	38.68	2.70	40	0.82	0.85	0.52
Utility	**tous**	18.37	5.51	640	**0.75**	**0.76**	0.45
	ASO	11.95	5.85	40	0.60	0.61	0.28
	CCO	19.43	4.47	40	0.77	0.77	0.48
	CFO	18.08	6.27	40	0.87	0.88	0.65
	CPO	16.05	5.59	40	0.81	0.82	0.55
	EVO	20.78	3.63	40	0.74	0.75	0.43
	GPO	20.98	3.70	40	0.77	0.78	0.51
	LVO	17.50	4.22	40	0.26	0.29	0.09
	MOG	18.05	5.04	40	0.89	0.89	0.68
	PCO	18.95	5.16	40	0.89	0.89	0.69
	RFO	20.95	2.77	40	0.17	0.26	0.09
	RMO	15.85	4.65	40	0.74	0.77	0.49
	SOO	14.35	7.32	40	0.82	0.81	0.56
	TCO	20.90	3.37	40	0.60	0.66	0.36

Annexe 13. Analyses des évaluations de l'étude 2

21. Discrimination des objets, sur chaque dimension

ANOVAs avec un plan mixte (modèle linéaire général) réalisées avec Statistica 10

Analyses de la discrimination des objets sur les évaluations dans les dimensions Utilisabilité, Utilité, Risque et Acceptabilité. Chaque analyse est précédée d'un test de sphéricité de Mauchly puis une correction GG a été appliquée.

Les analyses présentées dans cette section ont été réalisées avec le logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général). Pour chaque tableau d'analyse des effets, *DEGRE DE liberté* indique le degré de liberté original, *F* indique l'effet des objets sur l'évaluation de l'utilisabilité, *p* indique le seuil de significativité de cet effet, *GG dl1 aj* et *GG dl2 aj* indiquent les degrés de liberté corrigés pour le *F*.

Ces analyses sont suivies d'une partie détaillant le test de Scheffé pour chaque dimension.

21.1. Utilisabilité (SUS) : Sphéricité, ANOVA avec Correction GG

Tableau 42 : Test de sphéricité du facteur objet sur l'évaluation de l'utilisabilité. Les valeurs sont indiquées en rouge lorsque les données sont sphériques.

	Test de Sphéricité de Mauchly Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse			
SUS	W	Chi ²	dl	p
OBG	0,000005	387,1870	119	0,00

Tableau 43 : Effets des objets sur l'évaluation de l'utilisabilité avec une correction GG des degrés de liberté.

	Tests Univariés Ajustés pour Mesures Répétées : VD_1 Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse														
SUS	DEGRE DE Liberté	F	p	G-G Epsilon	G-G dl1 aj.	G-G dl2 aj.	G-G p aj.	H-F Epsilon	H-F dl1 aj.	H-F dl2 aj.	H-F p aj.	Borne Inf Epsilon	BorneInf dl1 aj.	BorneInf dl2 aj.	BorneInf p aj.
OBG	15	30,49	0,00	0,43	6,47	239,29	0,00	0,53	7,98	95,38	0,00	0,07	1,00	37,00	0,00
Erreur	555														

21.2. Utilité (UTI) : Sphéricité, ANOVA avec Correction GG

Tableau 44 : Test de sphéricité du facteur objet sur l'évaluation de l'utilité. Les valeurs sont indiquées en rouge lorsque les données sont sphériques.

	Test de Sphéricité de Mauchly Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse			
UTI	W	Chi ²	dl	p
OBG	0,001153	215,2061	119	0,000000

Tableau 45 : Effets des objets sur l'évaluation de l'utilité avec une correction GG des degrés de liberté.

	Tests Univariés Ajustés pour Mesures Répétées : VD_1 Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse														
UTI	Degré de Liberté	F	p	G-G Epsilon	G-G dl1 aj.	G-G dl2 aj.	G-G p aj.	H-F Epsilon	H-F dl1 aj.	H-F dl2 aj.	H-F p aj.	Borne Inf Epsilon	Borne Inf dl1 aj.	Borne Inf dl2 aj.	Borne Inf p aj.
OBG	15,00	17,41	0,00	0,52	7,73	285,84	0,00	0,66	9,96	368,51	0,00	0,07	1,00	37,00	0,00
Erreur	555														

21.3. Risque (RSK) : Sphéricité, ANOVA avec Correction GG

Tableau 46 : Test de sphéricité du facteur objet sur l'évaluation du risque. Les valeurs sont indiquées en rouge lorsque les données sont sphériques.

	Test de Sphéricité de Mauchly Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse			
RSK	W	Chi ²	dl	p
OBG	0,005933	163,1051	119	0,004544

Tableau 47 : Effets des objets sur l'évaluation du risque avec une correction GG des degrés de liberté.

	Tests Univariés Ajustés pour Mesures Répétées : VD_1 Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse														
RSK	Degré de Liberté	F	p	G-G Epsilon	G-G dl1 aj.	G-G dl2 aj.	G-G p aj.	H-F Epsilon	H-F dl1 aj.	H-F dl2 aj.	H-F p aj.	Borne Inf Epsilon	Borne Inf dl1 aj.	Borne Inf dl2 aj.	Borne Inf p aj.
OBG	15,00	23,16	0,00	0,59	8,88	328,56	0,00	0,80	11,93	441,37	0,00	0,07	1,00	37,00	0,00
Erreur	555,00														

21.4. Acceptabilité (ACC) : Sphéricité, ANOVA avec Correction GG

Tableau 48 Test de sphéricité du facteur objet sur l'évaluation de l'acceptabilité. Les valeurs sont indiquées en rouge lorsque les données sont sphériques.

	Test de Sphéricité de Mauchly Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse			
ACC	W	Chi ²	dl	p
OBG	0,001665	203,5279	119	0,000002

Tableau 49 : Effets des objets sur l'évaluation de l'acceptabilité avec une correction GG des degrés de liberté.

	Tests Univariés Ajustés pour Mesures Répétées : VD_1 Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse														
ACC	Degré de Liberté	F	p	G-G Epsilon	G-G dl1 aj.	G-G dl2 aj.	G-G p aj.	H-F Epsilon	H-F dl1 aj.	H-F dl2 aj.	H-F p aj.	Borne Inf Epsilon	Borne Inf dl1 aj.	Borne Inf dl2 aj.	Borne Inf p aj.
OBG	15,00	11,94	0,00	0,57	8,58	17,32	0,00	0,76	11,40	21,63	0,00	0,07	1,00	37,00	0,00
Erreur	555,00														

21.5. Tests de Scheffé pour l'utilisabilité, l'utilité, le risque et l'acceptabilité

Comparaison des objets 2 à 2 sur l'évaluation de chaque dimension, selon un test de Scheffé. Les valeurs indiquées en rouge indiquent une différenciation significative entre 2 fauteuils. Chaque numéro, de 1 à 8 correspond à un objet instrument, chaque numéro de 9 à 16 correspond à un objet structurant (la liste des objets est reportée sur Tableau 3, Chapitre 4).

La première case de chaque tableau indique la dimension d'évaluation sur laquelle les objets sont comparés : SUS pour l'utilisabilité, UTI pour l'utilité, RSK pour le risque, ACC pour l'acceptabilité.

Test de Scheffé ; variable VD_1
Intervalles de confiance simultanés
Erreur : MCE Intra = 155,79, dl = 555,00

SUS F0	selon N°Cellu.	Moy. Différ.	Erreur Type	p	-95,00% Lim.Conf	+95,00% Lim.Conf
1	2	34,6711	2,863433	0,000000	20,2778	49,0643
	3	-0,4605	2,863433	1,000000	-14,8538	13,9327
	4	11,7105	2,863433	0,338944	-2,6827	26,1038
	5	-1,2500	2,863433	1,000000	-15,6433	13,1433
	6	2,3684	2,863433	1,000000	-12,0248	16,7617
	7	-1,8421	2,863433	1,000000	-16,2354	12,5512
	8	30,8553	2,863433	0,000000	16,4620	45,2485
	9	-1,9079	2,863433	1,000000	-16,3012	12,4854
	10	12,6316	2,863433	0,198338	-1,7617	27,0248
	11	5,3289	2,863433	0,998982	-9,0643	19,7222
	12	11,9737	2,863433	0,294585	-2,4196	26,3670
	13	6,7105	2,863433	0,986622	-7,6827	21,1038
	14	18,4211	2,863433	0,000397	4,0278	32,8143
	15	2,6316	2,863433	1,000000	-11,7617	17,0248
	16	11,1842	2,863433	0,435309	-3,2091	25,5775
2	3	-35,1316	2,863433	0,000000	-49,5248	-20,7383
	4	-22,9605	2,863433	0,000000	-37,3538	-8,5673
	5	-35,9211	2,863433	0,000000	-50,3143	-21,5278
	6	-32,3026	2,863433	0,000000	-46,6959	-17,9094
	7	-36,5132	2,863433	0,000000	-50,9064	-22,1199
	8	-3,8158	2,863433	0,999986	-18,2091	10,5775
	9	-36,5789	2,863433	0,000000	-50,9722	-22,1857
	10	-22,0395	2,863433	0,000001	-36,4327	-7,6462
	11	-29,3421	2,863433	0,000000	-43,7354	-14,9488
	12	-22,6974	2,863433	0,000000	-37,0906	-8,3041
	13	-27,9605	2,863433	0,000000	-42,3538	-13,5673
	14	-16,2500	2,863433	0,007138	-30,6433	-1,8567
	15	-32,0395	2,863433	0,000000	-46,4327	-17,6462
	16	-23,4868	2,863433	0,000000	-37,8801	-9,0936
3	4	12,1711	2,863433	0,263395	-2,2222	26,5643
	5	-0,7895	2,863433	1,000000	-15,1827	13,6038
	6	2,8289	2,863433	1,000000	-11,5643	17,2222
	7	-1,3816	2,863433	1,000000	-15,7748	13,0117
	8	31,3158	2,863433	0,000000	16,9225	45,7091
	9	-1,4474	2,863433	1,000000	-15,8406	12,9459
	10	13,0921	2,863433	0,144686	-1,3012	27,4854
	11	5,7895	2,863433	0,997315	-8,6038	20,1827
	12	12,4342	2,863433	0,224849	-1,9591	26,8275
	13	7,1711	2,863433	0,974069	-7,2222	21,5643
	14	18,8816	2,863433	0,000199	4,4883	33,2748
	15	3,0921	2,863433	0,999999	-11,3012	17,4854
	16	11,6447	2,863433	0,350483	-2,7485	26,0380
4	5	-12,9605	2,863433	0,158845	-27,3538	1,4327
	6	-9,3421	2,863433	0,775861	-23,7354	5,0512
	7	-13,5526	2,863433	0,102246	-27,9459	0,8406
	8	19,1447	2,863433	0,000132	4,7515	33,5380
	9	-13,6184	2,863433	0,097047	-28,0117	0,7748
	10	0,9211	2,863433	1,000000	-13,4722	15,3143
	11	-6,3816	2,863433	0,992105	-20,7748	8,0117
	12	0,2632	2,863433	1,000000	-14,1301	14,6564
	13	-5,0000	2,863433	0,999530	-19,3933	9,3933
	14	6,7105	2,863433	0,986622	-7,6827	21,1038
	15	-9,0789	2,863433	0,814724	-23,4722	5,3143
	16	-0,5263	2,863433	1,000000	-14,9196	13,8670
5	6	3,6184	2,863433	0,999993	-10,7748	18,0117
	7	-0,5921	2,863433	1,000000	-14,9854	13,8012
	8	32,1053	2,863433	0,000000	17,7120	46,4985
	9	-0,6579	2,863433	1,000000	-15,0512	13,7354
	10	13,8816	2,863433	0,078255	-0,5117	28,2748
	11	6,5789	2,863433	0,989104	-7,8143	20,9722
	12	13,2237	2,863433	0,131448	-1,1696	27,6170
	13	7,9605	2,863433	0,932858	-6,4327	22,3538
	14	19,6711	2,863433	0,000057	5,2778	34,0643
	15	3,8816	2,863433	0,999982	-10,5117	18,2748
	16	12,4342	2,863433	0,224849	-1,9591	26,8275
6	7	-4,2105	2,863433	0,999947	-18,6038	10,1827
	8	28,4868	2,863433	0,000000	14,0936	42,8801
	9	-4,2763	2,863433	0,999935	-18,6696	10,1170
	10	10,2632	2,863433	0,614018	-4,1301	24,6564
	11	2,9605	2,863433	1,000000	-11,4327	17,3538
	12	9,6053	2,863433	0,733248	-4,7880	23,9985
	13	4,3421	2,863433	0,999921	-10,0512	18,7354
	14	16,0526	2,863433	0,008987	1,6594	30,4459
	15	0,2632	2,863433	1,000000	-14,1301	14,6564
	16	8,8158	2,863433	0,849478	-5,5775	23,2091
7	8	32,6974	2,863433	0,000000	18,3041	47,0906
	9	-0,0658	2,863433	1,000000	-14,4591	14,3275
	10	14,4737	2,863433	0,046437	0,0804	28,8670
	11	7,1711	2,863433	0,974069	-7,2222	21,5643
	12	13,8158	2,863433	0,082661	-0,5775	28,2091
	13	8,5526	2,863433	0,879933	-5,8406	22,9459
	14	20,2632	2,863433	0,000021	5,8699	34,6564
	15	4,4737	2,863433	0,999884	-9,9196	18,8670
	16	13,0263	2,863433	0,151649	-1,3670	27,4196
8	9	-32,7632	2,863433	0,000000	-47,1564	-18,3699
	10	-18,2237	2,863433	0,000530	-32,6170	-3,8304
	11	-25,5263	2,863433	0,000000	-39,9196	-11,1330
	12	-18,8816	2,863433	0,000199	-33,2748	-4,4883
	13	-24,1447	2,863433	0,000000	-38,5380	-9,7515
	14	-12,4342	2,863433	0,224849	-26,8275	1,9591
	15	-28,2237	2,863433	0,000000	-42,6170	-13,8304
	16	-19,6711	2,863433	0,000057	-34,0643	-5,2778
9	10	14,5395	2,863433	0,043681	0,1462	28,9327
	11	7,2368	2,863433	0,971690	-7,1564	21,6301
	12	13,8816	2,863433	0,078255	-0,5117	28,2748
	13	8,6184	2,863433	0,872727	-5,7748	23,0117
	14	20,3289	2,863433	0,000019	5,9357	34,7222
	15	4,5395	2,863433	0,999860	-9,8538	18,9327
	16	13,0921	2,863433	0,144686	-1,3012	27,4854
10	11	-7,3026	2,863433	0,969143	-21,6959	7,0906
	12	-0,6579	2,863433	1,000000	-15,0512	13,7354
	13	-5,9211	2,863433	0,996535	-20,3143	8,4722
	14	5,7895	2,863433	0,997315	-8,6038	20,1827
	15	-10,0000	2,863433	0,663463	-24,3933	4,3933
	16	-1,4474	2,863433	1,000000	-15,8406	12,9459
11	12	6,6447	2,863433	0,987916	-7,7485	21,0380
	13	1,3816	2,863433	1,000000	-13,0117	15,7748
	14	13,0921	2,863433	0,144686	-1,3012	27,4854
	15	-2,6974	2,863433	1,000000	-17,0906	11,6959
	16	5,8553	2,863433	0,996947	-8,5380	20,2485
12	13	-5,2632	2,863433	0,999123	-19,6564	9,1301
	14	6,4474	2,863433	0,991193	-7,9459	20,8406
	15	-9,3421	2,863433	0,775861	-23,7354	5,0512
	16	-0,7895	2,863433	1,000000	-15,1827	13,6038
13	14	11,7105	2,863433	0,338944	-2,6827	26,1038
	15	-4,0789	2,863433	0,999965	-18,4722	10,3143
	16	4,4737	2,863433	0,999884	-9,9196	18,8670
14	15	-15,7895	2,863433	0,012115	-30,1827	-1,3962
	16	-7,2368	2,863433	0,971690	-21,6301	7,1564
15	16	8,5526	2,863433	0,879933	-5,8406	22,9459

Test de Scheffé ; variable VD_1
Intervalles de confiance simultanés
Erreur : MCE Intra = 1,1281, dl = 555,00

UTI F0	selon N°Cellu.	Moy. Différ.	Erreur Type	p	-95,00% Lim.Conf	+95,00% Lim.Conf
1	2	0,54605	0,243669	0,991627	-0,67877	1,770872
	3	-0,04605	0,243669	1,000000	-1,27087	1,178767
	4	0,56579	0,243669	0,987839	-0,65903	1,790609
	5	-0,36184	0,243669	0,999940	-1,58666	0,862977
	6	0,00658	0,243669	1,000000	-1,21824	1,231398
	7	-0,00658	0,243669	1,000000	-1,23140	1,218240
	8	1,23684	0,243669	0,043882	0,01202	2,461661
	9	0,01316	0,243669	1,000000	-1,21166	1,237977
	10	1,21711	0,243669	0,054283	-0,00771	2,441925
	11	0,90789	0,243669	0,535282	-0,31692	2,132714
	12	0,63158	0,243669	0,964074	-0,59324	1,856398
	13	0,32895	0,243669	0,999983	-0,89587	1,553767
	14	0,82895	0,243669	0,709924	-0,39587	2,053767
	15	1,63816	0,243669	0,000112	0,41334	2,862977
	16	2,30263	0,243669	0,000000	1,07781	3,527451
2	3	-0,59211	0,243669	0,980704	-1,81692	0,632714
	4	0,01974	0,243669	1,000000	-1,20508	1,244556
	5	-0,90789	0,243669	0,535282	-2,13271	0,316925
	6	-0,53947	0,243669	0,992646	-1,76429	0,685346
	7	-0,55263	0,243669	0,990492	-1,77745	0,672188
	8	0,69079	0,243669	0,920846	-0,53403	1,915609
	9	-0,53289	0,243669	0,993559	-1,75771	0,691925
	10	0,67105	0,243669	0,938084	-0,55377	1,895872
	11	0,36184	0,243669	0,999940	-0,86298	1,586661
	12	0,08553	0,243669	1,000000	-1,13929	1,310346
	13	-0,21711	0,243669	1,000000	-1,44192	1,007714
	14	0,28289	0,243669	0,999998	-0,94192	1,507714
	15	1,09211	0,243669	0,173375	-0,13271	2,316925
	16	1,75658	0,243669	0,000011	0,53176	2,981398
3	4	0,61184	0,243669	0,973402	-0,61298	1,836661
	5	-0,31579	0,243669	0,999990	-1,54061	0,909030
	6	0,05263	0,243669	1,000000	-1,17219	1,277451
	7	0,03947	0,243669	1,000000	-1,18535	1,264293
	8	1,28289	0,243669	0,025907	0,05808	2,507714
	9	0,05921	0,243669	1,000000	-1,16561	1,284030
	10	1,26316	0,243669	0,032642	0,03834	2,487977
	11	0,95395	0,243669	0,430375	-0,27087	2,178767
	12	0,67763	0,243669	0,932674	-0,54719	1,902451
	13	0,37500	0,243669	0,999905	-0,84982	1,599819
	14	0,87500	0,243669	0,610333	-0,34982	2,099819
	15	1,68421	0,243669	0,000047	0,45939	2,909030
	16	2,34868	0,243669	0,000000	1,12386	3,573504
4	5	-0,92763	0,243669	0,489959	-2,15245	0,297188
	6	-0,55921	0,243669	0,989233	-1,78403	0,665609
	7	-0,57237	0,243669	0,986300	-1,79719	0,652451
	8	0,67105	0,243669	0,938084	-0,55377	1,895872
	9	-0,55263	0,243669	0,990492	-1,77745	0,672188
	10	0,65132	0,243669	0,952403	-0,57350	1,876135
	11	0,34211	0,243669	0,999971	-0,88271	1,566925
	12	0,06579	0,243669	1,000000	-1,15903	1,290609
	13	-0,23684	0,243669	1,000000	-1,46166	0,987977
	14	0,26316	0,243669	0,999999	-0,96166	1,487977
	15	1,07237	0,243669	0,202208	-0,15245	2,297188
	16	1,73684	0,243669	0,000016	0,51202	2,961661
5	6	0,36842	0,243669	0,999924	-0,85640	1,593240
	7	0,35526	0,243669	0,999953	-0,86956	1,580083
	8	1,59868	0,243669	0,000230	0,37386	2,823504
	9	0,37500	0,243669	0,999905	-0,84982	1,599819
	10	1,57895	0,243669	0,000326	0,35413	2,803767
	11	1,26974	0,243669	0,030248	0,04492	2,494556
	12	0,99342	0,243669	0,345325	-0,23140	2,218240
	13	0,69079	0,243669	0,920846	-0,53403	1,915609
	14	1,19079	0,243669	0,071195	-0,03403	2,415609
	15	2,00000	0,243669	0,000000	0,77518	3,224819
	16	2,66447	0,243669	0,000000	1,43965	3,889293
6	7	-0,01316	0,243669	1,000000	-1,23798	1,211661
	8	1,23026	0,243669	0,047148	0,00544	2,455083
	9	0,00658	0,243669	1,000000	-1,21824	1,231398
	10	1,21053	0,243669	0,058168	-0,01429	2,435346
	11	0,90132	0,243669	0,550399	-0,32350	2,126135
	12	0,62500	0,243669	0,967428	-0,59982	1,849819
	13	0,32237	0,243669	0,999987	-0,90245	1,547188
	14	0,82237	0,243669	0,723287	-0,40245	2,047188
	15	1,63158	0,243669	0,000126	0,40676	2,856398
	16	2,29605	0,243669	0,000000	1,07123	3,520872
7	8	1,24342	0,243669	0,040807	0,01860	2,468240
	9	0,01974	0,243669	1,000000	-1,20508	1,244556
	10	1,22368	0,243669	0,050612	-0,00114	2,448504
	11	0,91447	0,243669	0,520156	-0,31035	2,139293
	12	0,63816	0,243669	0,960460	-0,58666	1,862977
	13	0,33553	0,243669	0,999978	-0,88929	1,560346
	14	0,83553	0,243669	0,696309	-0,38929	2,060346
	15	1,64474	0,243669	0,000099	0,41992	2,869556
	16	2,30921	0,243669	0,000000	1,08439	3,534030
8	9	-1,22368	0,243669	0,050612	-2,44850	0,001135
	10	-0,01974	0,243669	1,000000	-1,24456	1,205083
	11	-0,32895	0,243669	0,999983	-1,55377	0,895872
	12	-0,60526	0,243669	0,976045	-1,83008	0,619556
	13	-0,90789	0,243669	0,535282	-2,13271	0,316925
	14	-0,40789	0,243669	0,999722	-1,63271	0,816925
	15	0,40132	0,243669	0,999773	-0,82350	1,626135
	16	1,06579	0,243669	0,212468	-0,15903	2,290609
9	10	1,20395	0,243669	0,062277	-0,02087	2,428767
	11	0,89474	0,243669	0,565484	-0,33008	2,119556
	12	0,61842	0,243669	0,970533	-0,60640	1,843240
	13	0,31579	0,243669	0,999990	-0,90903	1,540609
	14	0,81579	0,243669	0,736381	-0,40903	2,040609
	15	1,62500	0,243669	0,000143	0,40018	2,849819
	16	2,28947	0,243669	0,000000	1,06465	3,514293
10	11	-0,30921	0,243669	0,999993	-1,53403	0,915609
	12	-0,58553	0,243669	0,982744	-1,81035	0,639293
	13	-0,88816	0,243669	0,580516	-2,11298	0,336661
	14	-0,38816	0,243669	0,999851	-1,61298	0,836661
	15	0,42105	0,243669	0,999587	-0,80377	1,645872
	16	1,08553	0,243669	0,182661	-0,13929	2,310346
11	12	-0,27632	0,243669	0,999998	-1,50114	0,948504
	13	-0,57895	0,243669	0,984605	-1,80377	0,645872
	14	-0,07895	0,243669	1,000000	-1,30377	1,145872
	15	0,73026	0,243669	0,876797	-0,49456	1,955083
	16	1,39474	0,243669	0,006041	0,16992	2,619556
12	13	-0,30263	0,243669	0,999994	-1,52745	0,922188
	14	0,19737	0,243669	1,000000	-1,02745	1,422188
	15	1,00658	0,243669	0,318663	-0,21824	2,231398
	16	1,67105	0,243669	0,000060	0,44623	2,895872
13	14	0,50000	0,243669	0,996824	-0,72482	1,724819
	15	1,30921	0,243669	0,018806	0,08439	2,534030
	16	1,97368	0,243669	0,000000	0,74886	3,198504
14	15	0,80921	0,243669	0,749192	-0,41561	2,034030
	16	1,47368	0,243669	0,001868	0,24886	2,698504
15	16	0,66447	0,243669	0,943169	-0,56035	1,889293

Annexe 13

Test de Scheffé ; variable VD_1 (DATA CLEAN COMPLET dans Exp3 06 03 2015)
Intervalles de confiance simultanés
Erreur : MCE Intra = 1,0628, dl = 555,00

RSK F0	selon N°Cellu.	Moy. Différ.	Erreur Type	p	-95,00% Lim.Conf	+95,00% Lim.Conf
1	2	2,34737	0,236511	0,000000	1,15853	3,53621
	3	0,77895	0,236511	0,761913	-0,40989	1,96779
	4	2,45789	0,236511	0,000000	1,26905	3,64674
	5	0,81579	0,236511	0,685906	-0,37305	2,00463
	6	2,34211	0,236511	0,000000	1,15326	3,53095
	7	0,99474	0,236511	0,283378	-0,19410	2,18358
	8	1,95263	0,236511	0,000000	0,76379	3,14147
	9	0,03158	0,236511	1,000000	-1,15726	1,22042
	10	1,44211	0,236511	0,001545	0,25326	2,63095
	11	1,80000	0,236511	0,000001	0,61116	2,98884
	12	1,67895	0,236511	0,000019	0,49011	2,86779
	13	1,86316	0,236511	0,000000	0,67432	3,05200
	14	2,17368	0,236511	0,000000	0,98484	3,36253
	15	2,06316	0,236511	0,000000	0,87432	3,25200
	16	2,24211	0,236511	0,000000	1,05326	3,43095
2	3	-1,56842	0,236511	0,000168	-2,75726	-0,37958
	4	0,11053	0,236511	1,000000	-1,07832	1,29937
	5	-1,53158	0,236511	0,000332	-2,72042	-0,34274
	6	-0,00526	0,236511	1,000000	-1,19410	1,18358
	7	-1,35263	0,236511	0,006142	-2,54147	-0,16379
	8	-0,39474	0,236511	0,999732	-1,58358	0,79410
	9	-2,31579	0,236511	0,000000	-3,50463	-1,12695
	10	-0,90526	0,236511	0,478469	-2,09410	0,28358
	11	-0,54737	0,236511	0,988247	-1,73621	0,64147
	12	-0,66842	0,236511	0,922864	-1,85726	0,52042
	13	-0,48421	0,236511	0,996905	-1,67305	0,70463
	14	-0,17368	0,236511	1,000000	-1,36253	1,01516
	15	-0,28421	0,236511	0,999996	-1,47305	0,90463
	16	-0,10526	0,236511	1,000000	-1,29410	1,08358
3	4	1,67895	0,236511	0,000019	0,49011	2,86779
	5	0,03684	0,236511	1,000000	-1,15200	1,22568
	6	1,56316	0,236511	0,000186	0,37432	2,75200
	7	0,21579	0,236511	1,000000	-0,97305	1,40463
	8	1,17368	0,236511	0,058977	-0,01516	2,36253
	9	-0,74737	0,236511	0,818979	-1,93621	0,44147
	10	0,66316	0,236511	0,927811	-0,52568	1,85200
	11	1,02105	0,236511	0,235089	-0,16779	2,20989
	12	0,90000	0,236511	0,490863	-0,28884	2,08884
	13	1,08421	0,236511	0,141138	-0,10463	2,27305
	14	1,39474	0,236511	0,003273	0,20590	2,58358
	15	1,28421	0,236511	0,015798	0,09537	2,47305
	16	1,46316	0,236511	0,001091	0,27432	2,65200
4	5	-1,64211	0,236511	0,000040	-2,83095	-0,45326
	6	-0,11579	0,236511	1,000000	-1,30463	1,07305
	7	-1,46316	0,236511	0,001091	-2,65200	-0,27432
	8	-0,50526	0,236511	0,995016	-1,69410	0,68358
	9	-2,42632	0,236511	0,000000	-3,61516	-1,23747
	10	-1,01579	0,236511	0,244334	-2,20463	0,17305
	11	-0,65789	0,236511	0,932528	-1,84674	0,53095
	12	-0,77895	0,236511	0,761913	-1,96779	0,40989
	13	-0,59474	0,236511	0,973026	-1,78358	0,59410
	14	-0,28421	0,236511	0,999996	-1,47305	0,90463
	15	-0,39474	0,236511	0,999732	-1,58358	0,79410
	16	-0,21579	0,236511	1,000000	-1,40463	0,97305
5	6	1,52632	0,236511	0,000365	0,33747	2,71516
	7	0,17895	0,236511	1,000000	-1,00989	1,36779
	8	1,13684	0,236511	0,086284	-0,05200	2,32568
	9	-0,78421	0,236511	0,751626	-1,97305	0,40463
	10	0,62632	0,236511	0,956246	-0,56253	1,81516
	11	0,98421	0,236511	0,304081	-0,20463	2,17305
	12	0,86316	0,236511	0,577958	-0,32568	2,05200
	13	1,04737	0,236511	0,192098	-0,14147	2,23621
	14	1,35789	0,236511	0,005689	0,16905	2,54674
	15	1,24737	0,236511	0,025229	0,05853	2,43621
	16	1,42632	0,236511	0,001994	0,23747	2,61516
6	7	-1,34737	0,236511	0,006628	-2,53621	-0,15853
	8	-0,38947	0,236511	0,999774	-1,57832	0,79937
	9	-2,31053	0,236511	0,000000	-3,49937	-1,12168
	10	-0,90000	0,236511	0,490863	-2,08884	0,28884
	11	-0,54211	0,236511	0,989373	-1,73095	0,64674
	12	-0,66316	0,236511	0,927811	-1,85200	0,52568
	13	-0,47895	0,236511	0,997267	-1,66779	0,70989
	14	-0,16842	0,236511	1,000000	-1,35726	1,02042
	15	-0,27895	0,236511	0,999997	-1,46779	0,90989
	16	-0,10000	0,236511	1,000000	-1,28884	1,08884
7	8	0,95789	0,236511	0,358923	-0,23095	2,14674
	9	-0,96316	0,236511	0,347629	-2,15200	0,22568
	10	0,44737	0,236511	0,998765	-0,74147	1,63621
	11	0,80526	0,236511	0,708517	-0,38358	1,99410
	12	0,68421	0,236511	0,906590	-0,50463	1,87305
	13	0,86842	0,236511	0,565564	-0,32042	2,05726
	14	1,17895	0,236511	0,055722	-0,00989	2,36779
	15	1,06842	0,236511	0,161661	-0,12042	2,25726
	16	1,24737	0,236511	0,025229	0,05853	2,43621
8	9	-1,92105	0,236511	0,000000	-3,10989	-0,73221
	10	-0,51053	0,236511	0,994414	-1,69937	0,67832
	11	-0,15263	0,236511	1,000000	-1,34147	1,03621
	12	-0,27368	0,236511	0,999998	-1,46253	0,91516
	13	-0,08947	0,236511	1,000000	-1,27832	1,09937
	14	0,22105	0,236511	1,000000	-0,96779	1,40989
	15	0,11053	0,236511	1,000000	-1,07832	1,29937
	16	0,28947	0,236511	0,999995	-0,89937	1,47832
9	10	1,41053	0,236511	0,002562	0,22168	2,59937
	11	1,76842	0,236511	0,000003	0,57958	2,95726
	12	1,64737	0,236511	0,000036	0,45853	2,83621
	13	1,83158	0,236511	0,000001	0,64274	3,02042
	14	2,14211	0,236511	0,000000	0,95326	3,33095
	15	2,03158	0,236511	0,000000	0,84274	3,22042
	16	2,21053	0,236511	0,000000	1,02168	3,39937
10	11	0,35789	0,236511	0,999923	-0,83095	1,54674
	12	0,23684	0,236511	1,000000	-0,95200	1,42568
	13	0,42105	0,236511	0,999405	-0,76779	1,60989
	14	0,73158	0,236511	0,844291	-0,45726	1,92042
	15	0,62105	0,236511	0,959488	-0,56779	1,80989
	16	0,80000	0,236511	0,719572	-0,38884	1,98884
11	12	-0,12105	0,236511	1,000000	-1,30989	1,06779
	13	0,06316	0,236511	1,000000	-1,12568	1,25200
	14	0,37368	0,236511	0,999866	-0,81516	1,56253
	15	0,26316	0,236511	0,999999	-0,92568	1,45200
	16	0,44211	0,236511	0,998927	-0,74674	1,63095
12	13	0,18421	0,236511	1,000000	-1,00463	1,37305
	14	0,49474	0,236511	0,996056	-0,69410	1,68358
	15	0,38421	0,236511	0,999809	-0,80463	1,57305
	16	0,56316	0,236511	0,984264	-0,62568	1,75200
13	14	0,31053	0,236511	0,999988	-0,87832	1,49937
	15	0,20000	0,236511	1,000000	-0,98884	1,38884
	16	0,37895	0,236511	0,999840	-0,80989	1,56779
14	15	-0,11053	0,236511	1,000000	-1,29937	1,07832
	16	0,06842	0,236511	1,000000	-1,12042	1,25726
15	16	0,17895	0,236511	1,000000	-1,00989	1,36779

Test de Scheffé ; variable VD_1
Intervalles de confiance simultanés
Erreur : MCE Intra = 1,7664, dl = 555,00

ACC F0.	selon N°Cellu.	Moy. Différ.	Erreur Type	p	-95,00% Lim.Conf	+95,00% Lim.Conf
1	2	0,75439	0,304904	0,976950	-0,77824	2,287008
	3	-0,03509	0,304904	1,000000	-1,56771	1,497535
	4	0,37719	0,304904	0,999995	-1,15543	1,909815
	5	-0,67544	0,304904	0,992600	-2,20806	0,857184
	6	0,54386	0,304904	0,999390	-0,98876	2,076482
	7	-0,56140	0,304904	0,999105	-2,09403	0,971219
	8	1,88596	0,304904	0,001095	0,35334	3,418587
	9	-0,33333	0,304904	0,999999	-1,86596	1,199289
	10	1,62281	0,304904	0,021886	0,09018	3,155429
	11	0,35088	0,304904	0,999998	-1,18175	1,883500
	12	0,52632	0,304904	0,999592	-1,00631	2,058938
	13	0,01754	0,304904	1,000000	-1,51508	1,550166
	14	0,37719	0,304904	0,999995	-1,15543	1,909815
	15	0,35088	0,304904	0,999998	-1,18175	1,883500
	16	1,56140	0,304904	0,038853	0,02878	3,094026
2	3	-0,78947	0,304904	0,964421	-2,32210	0,743149
	4	-0,37719	0,304904	0,999995	-1,90982	1,155429
	5	-1,42982	0,304904	0,112683	-2,96245	0,102798
	6	-0,21053	0,304904	1,000000	-1,74315	1,322096
	7	-1,31579	0,304904	0,235795	-2,84841	0,216833
	8	1,13158	0,304904	0,543500	-0,40104	2,664201
	9	-1,08772	0,304904	0,623185	-2,62034	0,444903
	10	0,86842	0,304904	0,917738	-0,66420	2,401043
	11	-0,40351	0,304904	0,999987	-1,93613	1,129114
	12	-0,22807	0,304904	1,000000	-1,76069	1,304552
	13	-0,73684	0,304904	0,981734	-2,26946	0,795780
	14	-0,37719	0,304904	0,999995	-1,90982	1,155429
	15	-0,40351	0,304904	0,999987	-1,93613	1,129114
	16	0,80702	0,304904	0,956448	-0,72560	2,339640
3	4	0,41228	0,304904	0,999983	-1,12034	1,944903
	5	-0,64035	0,304904	0,995876	-2,17297	0,892272
	6	0,57895	0,304904	0,998707	-0,95368	2,111570
	7	-0,52632	0,304904	0,999592	-2,05894	1,006307
	8	1,92105	0,304904	0,000690	0,38843	3,453675
	9	-0,29825	0,304904	1,000000	-1,83087	1,234377
	10	1,65789	0,304904	0,015429	0,12527	3,190517
	11	0,38596	0,304904	0,999993	-1,14666	1,918587
	12	0,56140	0,304904	0,999105	-0,97122	2,094026
	13	0,05263	0,304904	1,000000	-1,47999	1,585254
	14	0,41228	0,304904	0,999983	-1,12034	1,944903
	15	0,38596	0,304904	0,999993	-1,14666	1,918587
	16	1,59649	0,304904	0,028156	0,06387	3,129114
4	5	-1,05263	0,304904	0,684320	-2,58525	0,479991
	6	0,16667	0,304904	1,000000	-1,36596	1,699289
	7	-0,93860	0,304904	0,849624	-2,47122	0,594026
	8	1,50877	0,304904	0,061123	-0,02385	3,041394
	9	-0,71053	0,304904	0,987378	-2,24315	0,822096
	10	1,24561	0,304904	0,341147	-0,28701	2,778236
	11	-0,02632	0,304904	1,000000	-1,55894	1,506307
	12	0,14912	0,304904	1,000000	-1,38350	1,681745
	13	-0,35965	0,304904	0,999997	-1,89227	1,172973
	14	0,00000	0,304904	1,000000	-1,53262	1,532622
	15	-0,02632	0,304904	1,000000	-1,55894	1,506307
	16	1,18421	0,304904	0,447343	-0,34841	2,716833
5	6	1,21930	0,304904	0,385425	-0,31332	2,751921
	7	0,11404	0,304904	1,000000	-1,41859	1,646658
	8	2,56140	0,304904	0,000000	1,02878	4,094026
	9	0,34211	0,304904	0,999999	-1,19052	1,874728
	10	2,29825	0,304904	0,000002	0,76562	3,830868
	11	1,02632	0,304904	0,727640	-0,50631	2,558938
	12	1,20175	0,304904	0,416041	-0,33087	2,734377
	13	0,69298	0,304904	0,990276	-0,83964	2,225605
	14	1,05263	0,304904	0,684320	-0,47999	2,585254
	15	1,02632	0,304904	0,727640	-0,50631	2,558938
	16	2,23684	0,304904	0,000006	0,70422	3,769465
6	7	-1,10526	0,304904	0,591594	-2,63789	0,427359
	8	1,34211	0,304904	0,201907	-0,19052	2,874728
	9	-0,87719	0,304904	0,910684	-2,40982	0,655429
	10	1,07895	0,304904	0,638762	-0,45368	2,611570
	11	-0,19298	0,304904	1,000000	-1,72560	1,339640
	12	-0,01754	0,304904	1,000000	-1,55017	1,515079
	13	-0,52632	0,304904	0,999592	-2,05894	1,006307
	14	-0,16667	0,304904	1,000000	-1,69929	1,365956
	15	-0,19298	0,304904	1,000000	-1,72560	1,339640
	16	1,01754	0,304904	0,741485	-0,51508	2,550166
7	8	2,44737	0,304904	0,000000	0,91475	3,979991
	9	0,22807	0,304904	1,000000	-1,30455	1,760693
	10	2,18421	0,304904	0,000014	0,65159	3,716833
	11	0,91228	0,304904	0,878332	-0,62034	2,444903
	12	1,08772	0,304904	0,623185	-0,44490	2,620342
	13	0,57895	0,304904	0,998707	-0,95368	2,111570
	14	0,93860	0,304904	0,849624	-0,59403	2,471219
	15	0,91228	0,304904	0,878332	-0,62034	2,444903
	16	2,12281	0,304904	0,000037	0,59018	3,655429
8	9	-2,21930	0,304904	0,000008	-3,75192	-0,686676
	10	-0,26316	0,304904	1,000000	-1,79578	1,269465
	11	-1,53509	0,304904	0,048952	-3,06771	-0,002465
	12	-1,35965	0,304904	0,181145	-2,89227	0,172973
	13	-1,86842	0,304904	0,001373	-3,40104	-0,335799
	14	-1,50877	0,304904	0,061123	-3,04139	0,023850
	15	-1,53509	0,304904	0,048952	-3,06771	-0,002465
	16	-0,32456	0,304904	0,999999	-1,85718	1,208061
9	10	1,95614	0,304904	0,000428	0,42352	3,488763
	11	0,68421	0,304904	0,991504	-0,84841	2,216833
	12	0,85965	0,304904	0,924391	-0,67297	2,392272
	13	0,35088	0,304904	0,999998	-1,18175	1,883500
	14	0,71053	0,304904	0,987378	-0,82210	2,243149
	15	0,68421	0,304904	0,991504	-0,84841	2,216833
	16	1,89474	0,304904	0,000977	0,36211	3,427359
10	11	-1,27193	0,304904	0,299267	-2,80455	0,260693
	12	-1,09649	0,304904	0,607454	-2,62911	0,436131
	13	-1,60526	0,304904	0,025914	-3,13789	-0,072641
	14	-1,24561	0,304904	0,341147	-2,77824	0,287008
	15	-1,27193	0,304904	0,299267	-2,80455	0,260693
	16	-0,06140	0,304904	1,000000	-1,59403	1,471219
11	12	0,17544	0,304904	1,000000	-1,35718	1,708061
	13	-0,33333	0,304904	0,999999	-1,86596	1,199289
	14	0,02632	0,304904	1,000000	-1,50631	1,558938
	15	-0,00000	0,304904	1,000000	-1,53262	1,532622
	16	1,21053	0,304904	0,400637	-0,32210	2,743149
12	13	-0,50877	0,304904	0,999733	-2,04139	1,023850
	14	-0,14912	0,304904	1,000000	-1,68175	1,383500
	15	-0,17544	0,304904	1,000000	-1,70806	1,357184
	16	1,03509	0,304904	0,713485	-0,49753	2,567710
13	14	0,35965	0,304904	0,999997	-1,17297	1,892272
	15	0,33333	0,304904	0,999999	-1,19929	1,865956
	16	1,54386	0,304904	0,045368	0,01124	3,076482
14	15	-0,02632	0,304904	1,000000	-1,55894	1,506307
	16	1,18421	0,304904	0,447343	-0,34841	2,716833
15	16	1,21053	0,304904	0,400637	-0,32210	2,743149

22. Effets des facteurs sur chaque dimension

Analyses des effets des facteurs Rôle (ROL), Contexte (CTX), et Type d'objet (TYP) sur les évaluations dans les dimensions Utilisabilité (SUS), Utilité (UTI), Risque (RSK) et Acceptabilité (ACC).

Les analyses présentées dans cette section ont été réalisées avec le logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général). Pour chaque dimension, le tableau d'analyse de variance présente les principales valeurs relatives aux effets des variables indiquées et de leurs interactions : la somme des carrés (*SC*), les degrés de liberté, le carré moyen (*MC*), l'effet des facteurs sur la variance (*F*), le seuil de significativité de cet effet (*p*), et la gradeur de cet effet (*éta-deux partiel*).

22.1. Utilisabilité (SUS) : analyses F1 (par participant) et F2 (par objet)

Tableau 50 : Analyse par participant (F1) des effets et des interactions des facteurs Rôle (ROL), Contexte (CTX), et Type d'objet (TYP) sur l'évaluation de l'utilisabilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F1 SUS	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	2277676	1	2277676	4586,975	0,000000	0,991998	4586,975	1,000000
Erreur	18372	37	497					
CTX	34	1	34	0,293	0,591677	0,007851	0,293	0,082400
Erreur	4261	37	115					
ROL	52	1	52	0,691	0,411292	0,018323	0,691	0,127806
Erreur	2809	37	76					
TYP	18263	1	18263	73,754	0,000000	0,665925	73,754	1,000000
Erreur	9162	37	248					
CTX*ROL	59	1	59	0,710	0,404750	0,018836	0,710	0,130088
Erreur	3065	37	83					
CTX*TYP	86	1	86	0,633	0,431508	0,016808	0,633	0,121101
Erreur	5003	37	135					
ROL*TYP	0	1	0	0,000	0,992814	0,000002	0,000	0,050009
Erreur	2313	37	63					
CTX*ROL*T	55	1	55	0,877	0,355122	0,023152	0,877	0,149432
Erreur	2301	37	62					

Tableau 51 : Analyse par objet (F2) des effets et des interactions des facteurs Rôle (ROL), Contexte (CTX), et Type d'objet (type) sur l'évaluation de l'utilisabilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F2 SUS	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0.05)
Ord.Orig.	480252,6	1	480252,6	1855,306	0,000000	0,992511	1855,306	1,000000
type	3742,7	1	3742,7	14,459	0,001941	0,508063	14,459	0,941908
Erreur	3624,0	14	258,9					
CTX	5,7	1	5,7	0,121	0,733347	0,008554	0,121	0,062138
CTX*type	9,7	1	9,7	0,205	0,657673	0,014430	0,205	0,070689
Erreur	660,0	14	47,1					
ROL	12,5	1	12,5	0,499	0,491541	0,034414	0,499	0,101054
ROL*type	0,0	1	0,0	0,002	0,969107	0,000111	0,002	0,050155
Erreur	349,7	14	25,0					
CTX*ROL	10,3	1	10,3	1,102	0,311582	0,072979	1,102	0,164966
CTX*ROL*ty	11,3	1	11,3	1,210	0,289946	0,079534	1,210	0,176485
Erreur	130,5	14	9,3					

22.2. Utilité (UTI) : analyses F1 (par participant) et F2 (par objet)

Tableau 52 : Analyse par participant (F1) des effets et des interactions des facteurs Rôle (ROL), Contexte (CTX), et Type d'objet (TYP) sur l'évaluation de l'utilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F1 UTI	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	1793815	1	1793815	2325,458	,000000	0,984338	2325,458	1,000000
Erreur	28541	37	771					
CTX	577	1	577	1,170	,286470	0,030644	1,170	0,183661
Erreur	18246	37	493					
ROL	8	1	8	0,022	,884057	0,000582	0,022	0,052348
Erreur	12961	37	350					
TYP	7546	1	7546	26,895	,000008	0,420926	26,895	0,998991
Erreur	10381	37	281					
CTX*ROL	468	1	468	2,929	,095347	0,073367	2,929	0,384982
Erreur	5908	37	160					
CTX*TYP	53	1	53	0,271	,606082	0,007258	0,271	0,079899
Erreur	7266	37	196					
ROL*TYP	146	1	146	1,660	,205568	0,042945	1,660	0,241129
Erreur	3246	37	88					
CTX*ROL*	2	1	2	0,018	,894142	0,000485	0,018	0,051954
Erreur	4973	37	134					

Tableau 53 : Analyse par objet (F2) des effets et des interactions des facteurs Rôle (ROL), Contexte (CTX), et Type d'objet (type) sur l'évaluation de l'utilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F2 UTI	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0.05)
Ord.Orig.	2021,986	1	2021,986	1131,987	0,000000	0,987783	1131,987	1,000000
type	5,368	1	5,368	3,005	0,104961	0,176716	3,005	0,365236
Erreur	25,007	14	1,786					
CTX	0,267	1	0,267	0,631	0,440258	0,043126	0,631	0,114893
CTX*type	0,052	1	0,052	0,124	0,729950	0,008781	0,124	0,062466
Erreur	5,919	14	0,423					
ROL	0,009	1	0,009	0,055	0,817588	0,003930	0,055	0,055531
ROL*type	0,109	1	0,109	0,642	0,436541	0,043816	0,642	0,116004
Erreur	2,387	14	0,171					
CTX*ROL	0,347	1	0,347	6,420	0,023859	0,314387	6,420	0,654523
CTX*ROL*typ	0,001	1	0,001	0,026	0,873587	0,001872	0,026	0,052625
Erreur	0,757	14	0,054					

22.3. Risque (RSK) : analyses F1 (par participant) et F2 (par objet)

Tableau 54 : Analyse par participant (F1) des effets et des interactions des facteurs Rôle (ROL), Contexte (CTX), et Type d'objet (TYP) sur l'évaluation du risque.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F1 RSK	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	164734,2	1	164734,2	141,1970	,000000	0,792365	141,1970	1,000000
Erreur	43167,8	37	1166,7					
CTX	571,1	1	571,1	2,7960	,102938	0,070258	2,7960	0,370407
Erreur	7557,4	37	204,3					
ROL	6,2	1	6,2	0,0312	,860836	0,000842	0,0312	0,053396
Erreur	7333,4	37	198,2					
TYP	22695,3	1	22695,3	116,5418	,000000	0,759023	116,5418	1,000000
Erreur	7205,4	37	194,7					
CTX*ROL	39,8	1	39,8	0,2005	,656939	0,005389	0,2005	0,072072
Erreur	7345,6	37	198,5					
CTX*TYP	1,3	1	1,3	0,0037	,951647	0,000101	0,0037	0,050405
Erreur	13061,9	37	353,0					
ROL*TYP	32,9	1	32,9	0,1549	,696168	0,004169	0,1549	0,067007
Erreur	7858,1	37	212,4					
CTX*ROL*	2,3	1	2,3	0,0133	,908979	0,000358	0,0133	0,051442
Erreur	6531,7	37	176,5					

Tableau 55 : Analyse par objet (F2) des effets et des interactions des facteurs Rôle (ROL), Contexte (CTX), et Type d'objet (type) sur l'évaluation du risque.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F2 RSK	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0.05)
Ord.Orig.	366,6693	1	366,6693	230,9489	0,000000	0,942845	230,9489	1,000000
type	16,9401	1	16,9401	10,6698	0,005625	0,432505	10,6698	0,858995
Erreur	22,2273	14	1,5877					
CTX	0,5006	1	0,5006	3,5971	0,078707	0,204414	3,5971	0,423387
CTX*type	0,0371	1	0,0371	0,2663	0,613883	0,018666	0,2663	0,076962
Erreur	1,9482	14	0,1392					
ROL	0,0009	1	0,0009	0,0080	0,930067	0,000570	0,0080	0,050797
ROL*type	0,0358	1	0,0358	0,3116	0,585488	0,021776	0,3116	0,081623
Erreur	1,6075	14	0,1148					
CTX*ROL	0,0128	1	0,0128	0,1276	0,726249	0,009033	0,1276	0,062828
CTX*ROL*typ	0,0019	1	0,0019	0,0185	0,893722	0,001320	0,0185	0,051849
Erreur	1,4022	14	0,1002					

22.4. Acceptabilité (ACC) : analyses F1 (par participant) et F2 (par objet)

Tableau 56 : Analyse par participant (F1) des effets et des interactions des facteurs Rôle (ROL), Contexte (CTX), et Type d'objet (TYP) sur l'évaluation de l'acceptabilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F1 ACC	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	1555729	1	1555729	883,4325	0,000000	0,959802	883,4325	1,000000
Erreur	65157	37	1761					
CTX	107	1	107	0,3345	0,566547	0,008959	0,3345	0,087091
Erreur	11863	37	321					
ROL	347	1	347	1,1730	0,285789	0,030729	1,1730	0,184055
Erreur	10959	37	296					
TYP	23636	1	23636	51,1892	0,000000	0,580448	51,1892	1,000000
Erreur	17084	37	462					
CTX*ROL	249	1	249	0,8309	0,367910	0,021964	0,8309	0,144078
Erreur	11077	37	299					
CTX*TYP	347	1	347	1,7995	0,187944	0,046380	1,7995	0,257360
Erreur	7144	37	193					
ROL*TYP	61	1	61	0,4169	0,522480	0,011142	0,4169	0,096421
Erreur	5409	37	146					
CTX*ROL*T	0	1	0	0,0013	0,971012	0,000036	0,0013	0,050146
Erreur	6314	37	171					

Tableau 57 : Analyse par objet (F2) des effets et des interactions des facteurs Rôle (ROL), Contexte (CTX), et Type d'objet (type) sur l'évaluation de l'acceptabilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F2 ACC	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0.05)
Ord.Orig.	1805,325	1	1805,325	1619,947	0,000000	0,991432	1619,947	1,000000
type	16,930	1	16,930	15,191	0,001609	0,520406	15,191	0,951421
Erreur	15,602	14	1,114					
CTX	0,076	1	0,076	0,092	0,765661	0,006554	0,092	0,059267
CTX*type	0,192	1	0,192	0,234	0,636316	0,016414	0,234	0,073617
Erreur	11,482	14	0,820					
ROL	0,307	1	0,307	1,050	0,322975	0,069743	1,050	0,159348
ROL*type	0,037	1	0,037	0,127	0,727315	0,008960	0,127	0,062723
Erreur	4,093	14	0,292					
CTX*ROL	0,143	1	0,143	0,785	0,390440	0,053125	0,785	0,131217
CTX*ROL*type	0,001	1	0,001	0,005	0,946936	0,000328	0,005	0,050458
Erreur	2,553	14	0,182					

Annexe 14. Analyses des évaluations de l'étude 3

23. Discrimination des objets, sur chaque dimension

Analyses de la discrimination des objets sur les évaluations dans les dimensions Utilisabilité, Utilité, Risque et Acceptabilité. Chaque analyse est précédée d'un test de sphéricité de Mauchly puis une correction GG a été appliquée.

Les analyses présentées dans cette section ont été réalisées avec le logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général). Pour chaque tableau d'analyse des effets, *DEGRE DE liberté* indique le degré de liberté original, *F* indique l'effet des objets sur l'évaluation de l'utilisabilité, *p* indique le seuil de significativité de cet effet, *GG dl1 aj* et *GG dl2 aj* indiquent les degrés de liberté corrigés pour le *F*.

Ces analyses sont suivies d'une partie détaillant le test de Scheffé pour chaque dimension.

23.1. Utilisabilité (SUS) : Sphéricité, Correction GG, ANOVA.

Tableau 58 : Test de sphéricité du facteur objet sur l'évaluation de l'utilisabilité. Les valeurs sont indiquées en rouge lorsque les données sont sphériques.

	Test de Sphéricité de Mauchly (Score (Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse			
F0 SU	W	Chi ²	dl	p
OBG	0,000697	589,8145	152	0,00

Tableau 59 : Effets des objets sur l'évaluation de l'utilisabilité avec une correction GG des degrés de liberté.

	Tests Univariés Ajustés pour Mesures Répétées Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse														
F0 SUS	Degré de Liberté	F	p	G-G Epsilon	G-G dl1 aj.	G-G dl2 aj.	G-G p aj.	H-F Epsilon	H-F dl1 aj.	H-F dl2 aj.	H-F p aj.	Borne Inf Epsilon	Borne Inf dl1 aj.	Borne Inf dl2 aj.	Borne Inf p aj.
OBG	17,00	61,00	0,00	0,53	9,06	787,93	0,00	0,60	10,20	887,36	0,00	0,06	1,00	87,00	0,00
Erreur	1479,00														

23.2. Utilité (UTI) : Sphéricité, Correction GG, ANOVA.

Tableau 60 : Test de sphéricité du facteur objet sur l'évaluation de l'utilité. Les valeurs sont indiquées en rouge lorsque les données sont sphériques.

	Test de Sphéricité de Mauchly (Score (Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse			
F0 UT	W	Chi ²	dl	p
OBG	0,030169	284,0917	152	0,000000

Tableau 61 : Effets des objets sur l'évaluation de l'utilité avec une correction GG des degrés de liberté.

	Tests Univariés Ajustés pour Mesures Répétées Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse														
F0 UTI	Degré de Liberté	F	p	G-G Epsilon	G-G dl1 aj.	G-G dl2 aj.	G-G p aj.	H-F Epsilon	H-F dl1 aj.	H-F dl2 aj.	H-F p aj.	Borne Inf Epsilon	Borne Inf dl1 aj.	Borne Inf dl2 aj.	Borne Inf p aj.
OBG	17,00	24,46	0,00	0,71	12,11	1053,36	0,00	0,84	14,20	1235,40	0,00	0,06	1,00	87,00	0,00
Erreur	1479,00														

23.3. Risque (RSK) : Sphéricité, Correction GG, ANOVA.

Tableau 62 : Test de sphéricité du facteur objet sur l'évaluation du risque. Les valeurs sont indiquées en rouge lorsque les données sont sphériques.

	Test de Sphéricité de Mauchly (Score (Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse			
F0 RS	W	Chi ²	dl	p
OBG	0,007515	396,8744	152	0,00

Tableau 63 : Effets des objets sur l'évaluation du risque avec une correction GG des degrés de liberté.

	Tests Univariés Ajustés pour Mesures Répétées Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse														
F0 RSK	Degré de Liberté	F	p	G-G Epsilon	G-G dl1 aj.	G-G dl2 aj.	G-G p aj.	H-F Epsilon	H-F dl1 aj.	H-F dl2 aj.	H-F p aj.	Borne Inf Epsilon	Bornel nf dl1 aj.	Borne Inf dl2 aj.	Bornel nf p aj.
OBG	17,00	70,96	0,00	0,62	10,50	913,62	0,00	0,71	12,05	1048,70	0,00	0,06	1,00	87,00	0,00
Erreur	1479,00														

23.4. Acceptabilité (ACC) : Sphéricité, Correction GG, ANOVA.

Tableau 64 : Test de sphéricité du facteur objet sur l'évaluation de l'acceptabilité. Les valeurs sont indiquées en rouge lorsque les données sont sphériques.

	Test de Sphéricité de Mauchly (Score (Trie S-I) dans EXP Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse			
F0 AC	W	Chi ²	dl	p
OBG	0,025442	297,9197	152	0,000000

Tableau 65 : Effets des objets sur l'évaluation de l'acceptabilité avec une correction GG des degrés de liberté.

	Tests Univariés Ajustés pour Mesures Répétées : VD_1 Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse														
F0 ACC	Degré de Liberté	F	p	G-G Epsilon	G-G dl1 aj.	G-G dl2 aj.	G-G p aj.	H-F Epsilon	H-F dl1 aj.	H-F dl2 aj.	H-F p aj.	Borne Inf Epsilon	Borne Inf dl1 aj.	Borne Inf dl2 aj.	Borne Inf p aj.
OBG	17,00	22,45	0,00	0,72	12,28	1067,95	0,00	0,85	14,43	1255,34	0,00	0,06	1,00	87,00	0,00
Erreur	1479,00														

23.5. Tests de Scheffé pour l'utilisabilité, l'utilité, le risque et l'acceptabilité

Comparaison des objets 2 à 2 sur l'évaluation de chaque dimension, selon un test de Scheffé. Les valeurs indiquées en rouge indiquent une différenciation significative entre 2 fauteuils. Chaque numéro, de 1 à 9 correspond à un objet structurant, chaque numéro de 10 à 18 correspond à un objet instrument (les objets sont présentés dans le Chapitre 5 : *Appareillage et Matériel*).

La première case de chaque tableau indique la dimension d'évaluation sur laquelle les objets sont comparés : SUS pour l'utilisabilité, UTI pour l'utilité, RSK pour le risque, ACC pour l'acceptabilité.

Test de Scheffé ; variable VD_1 (Score (Trie S-I) dans EXP4)
Intervalles de confiance simultanés
Erreur : MCE Intra = 128,56, dl = 1479,0

F0 SUS	selon N°Cellu.	Moy. Différ.	Erreur Type	p	-95,00% Lim.Conf	+95,00% Lim.Conf
1	2	1,3636	1,709365	1,000000	-7,6336	10,3609
	3	1,2784	1,709365	1,000000	-7,7189	10,2757
	4	0,6250	1,709365	1,000000	-8,3723	9,6223
	5	-0,1136	1,709365	1,000000	-9,1109	8,8836
	6	2,0455	1,709365	1,000000	-6,9518	11,0427
	7	-1,8466	1,709365	1,000000	-10,8439	7,1507
	8	5,9943	1,709365	0,781110	-3,0029	14,9916
	9	4,1761	1,709365	0,993274	-4,8211	13,1734
	10	13,4091	1,709365	0,000001	4,4118	22,4064
	11	29,3466	1,709365	0,000000	20,3493	38,3439
	12	3,0682	1,709365	0,999881	-5,9291	12,0654
	13	30,4830	1,709365	0,000000	21,4857	39,4802
	14	14,5455	1,709365	0,000000	5,5482	23,5427
	15	5,7102	1,709365	0,847393	-3,2870	14,7075
	16	2,3011	1,709365	0,999998	-6,6961	11,2984
	17	7,3580	1,709365	0,357567	-1,6393	16,3552
	18	10,3693	1,709365	0,003892	1,3721	19,3666
2	3	-0,0852	1,709365	1,000000	-9,0825	8,9120
	4	-0,7386	1,709365	1,000000	-9,7359	8,2586
	5	-1,4773	1,709365	1,000000	-10,4745	7,5200
	6	0,6818	1,709365	1,000000	-8,3154	9,6791
	7	-3,2102	1,709365	0,999776	-12,2075	5,7870
	8	4,6307	1,709365	0,978428	-4,3666	13,6279
	9	2,8125	1,709365	0,999966	-6,1848	11,8098
	10	12,0455	1,709365	0,000058	3,0482	21,0427
	11	27,9830	1,709365	0,000000	18,9857	36,9802
	12	1,7045	1,709365	1,000000	-7,2927	10,7018
	13	29,1193	1,709365	0,000000	20,1221	38,1166
	14	13,1818	1,709365	0,000002	4,1846	22,1791
	15	4,3466	1,709365	0,989294	-4,6507	13,3439
	16	0,9375	1,709365	1,000000	-8,0598	9,9348
	17	5,9943	1,709365	0,781110	-3,0029	14,9916
	18	9,0057	1,709365	0,049347	0,0084	18,0029
3	4	-0,6534	1,709365	1,000000	-9,6507	8,3439
	5	-1,3920	1,709365	1,000000	-10,3893	7,6052
	6	0,7670	1,709365	1,000000	-8,2302	9,7643
	7	-3,1250	1,709365	0,999846	-12,1223	5,8723
	8	4,7159	1,709365	0,973827	-4,2814	13,7132
	9	2,8977	1,709365	0,999947	-6,0995	11,8950
	10	12,1307	1,709365	0,000046	3,1334	21,1279
	11	28,0682	1,709365	0,000000	19,0709	37,0654
	12	1,7898	1,709365	1,000000	-7,2075	10,7870
	13	29,2045	1,709365	0,000000	20,2073	38,2018
	14	13,2670	1,709365	0,000001	4,2698	22,2643
	15	4,4318	1,709365	0,986665	-4,5654	13,4291
	16	1,0227	1,709365	1,000000	-7,9745	10,0200
	17	6,0795	1,709365	0,758669	-2,9177	15,0768
	18	9,0909	1,709365	0,043115	0,0936	18,0882
4	5	-0,7386	1,709365	1,000000	-9,7359	8,2586
	6	1,4205	1,709365	1,000000	-7,5768	10,4177
	7	-2,4716	1,709365	0,999995	-11,4689	6,5257
	8	5,3693	1,709365	0,908419	-3,6279	14,3666
	9	3,5511	1,709365	0,999120	-5,4461	12,5484
	10	12,7841	1,709365	0,000006	3,7868	21,7814
	11	28,7216	1,709365	0,000000	19,7243	37,7189
	12	2,4432	1,709365	0,999996	-6,5541	11,4404
	13	29,8580	1,709365	0,000000	20,8607	38,8552
	14	13,9205	1,709365	0,000000	4,9232	22,9177
	15	5,0852	1,709365	0,944298	-3,9120	14,0825
	16	1,6761	1,709365	1,000000	-7,3211	10,6734
	17	6,7330	1,709365	0,558658	-2,2643	15,7302
	18	9,7443	1,709365	0,013779	0,7471	18,7416
5	6	2,1591	1,709365	0,999999	-6,8382	11,1564
	7	-1,7330	1,709365	1,000000	-10,7302	7,2643
	8	6,1080	1,709365	0,750947	-2,8893	15,1052
	9	4,2898	1,709365	0,990795	-4,7075	13,2870
	10	13,5227	1,709365	0,000001	4,5255	22,5200
	11	29,4602	1,709365	0,000000	20,4630	38,4575
	12	3,1818	1,709365	0,999802	-5,8154	12,1791
	13	30,5966	1,709365	0,000000	21,5993	39,5939
	14	14,6591	1,709365	0,000000	5,6618	23,6564
	15	5,8239	1,709365	0,822519	-3,1734	14,8211
	16	2,4148	1,709365	0,999996	-6,5825	11,4120
	17	7,4716	1,709365	0,324010	-1,5257	16,4689
	18	10,4830	1,709365	0,003038	1,4857	19,4802
6	7	-3,8920	1,709365	0,997142	-12,8893	5,1052
	8	3,9489	1,709365	0,996580	-5,0484	12,9461
	9	2,1307	1,709365	0,999999	-6,8666	11,1279
	10	11,3636	1,709365	0,000371	2,3664	20,3609
	11	27,3011	1,709365	0,000000	18,3039	36,2984
	12	1,0227	1,709365	1,000000	-7,9745	10,0200
	13	28,4375	1,709365	0,000000	19,4402	37,4348
	14	12,5000	1,709365	0,000015	3,5027	21,4973
	15	3,6648	1,709365	0,998671	-5,3325	12,6620
	16	0,2557	1,709365	1,000000	-8,7416	9,2529
	17	5,3125	1,709365	0,916635	-3,6848	14,3098
	18	8,3239	1,709365	0,129447	-0,6734	17,3211
7	8	7,8409	1,709365	0,226367	-1,1564	16,8382
	9	6,0227	1,709365	0,773753	-2,9745	15,0200
	10	15,2557	1,709365	0,000000	6,2584	24,2529
	11	31,1932	1,709365	0,000000	22,1959	40,1904
	12	4,9148	1,709365	0,960055	-4,0825	13,9120
	13	32,3295	1,709365	0,000000	23,3323	41,3268
	14	16,3920	1,709365	0,000000	7,3948	25,3893
	15	7,5568	1,709365	0,299838	-1,4404	16,5541
	16	4,1477	1,709365	0,993796	-4,8495	13,1450
	17	9,2045	1,709365	0,035835	0,2073	18,2018
	18	12,2159	1,709365	0,000036	3,2186	21,2132
8	9	-1,8182	1,709365	1,000000	-10,8154	7,1791
	10	7,4148	1,709365	0,340609	-1,5825	16,4120
	11	23,3523	1,709365	0,000000	14,3550	32,3495
	12	-2,9261	1,709365	0,999940	-11,9234	6,0711
	13	24,4886	1,709365	0,000000	15,4914	33,4859
	14	8,5511	1,709365	0,096029	-0,4461	17,5484
	15	-0,2841	1,709365	1,000000	-9,2814	8,7132
	16	-3,6932	1,709365	0,998531	-12,6904	5,3041
	17	1,3636	1,709365	1,000000	-7,6336	10,3609
	18	4,3750	1,709365	0,988470	-4,6223	13,3723
9	10	9,2330	1,709365	0,034185	0,2357	18,2302
	11	25,1705	1,709365	0,000000	16,1732	34,1677
	12	-1,1080	1,709365	1,000000	-10,1052	7,8893
	13	26,3068	1,709365	0,000000	17,3096	35,3041
	14	10,3693	1,709365	0,003892	1,3721	19,3666
	15	1,5341	1,709365	1,000000	-7,4632	10,5314
	16	-1,8750	1,709365	1,000000	-10,8723	7,1223
	17	3,1818	1,709365	0,999802	-5,8154	12,1791
	18	6,1932	1,709365	0,727102	-2,8041	15,1904
10	11	15,9375	1,709365	0,000000	6,9402	24,9348
	12	-10,3409	1,709365	0,004137	-19,3382	-1,3436
	13	17,0739	1,709365	0,000000	8,0766	26,0711
	14	1,1364	1,709365	1,000000	-7,8609	10,1336
	15	-7,6989	1,709365	0,261668	-16,6961	1,2984
	16	-11,1080	1,709365	0,000706	-20,1052	-2,1107
	17	-6,0511	1,709365	0,766271	-15,0484	2,9461
	18	-3,0398	1,709365	0,999896	-12,0370	5,9575
11	12	-26,2784	1,709365	0,000000	-35,2757	-17,2811
	13	1,1364	1,709365	1,000000	-7,8609	10,1336
	14	-14,8011	1,709365	0,000000	-23,7984	-5,8039
	15	-23,6364	1,709365	0,000000	-32,6336	-14,6391
	16	-27,0455	1,709365	0,000000	-36,0427	-18,0482
	17	-21,9886	1,709365	0,000000	-30,9859	-12,9914
	18	-18,9773	1,709365	0,000000	-27,9745	-9,9800
12	13	27,4148	1,709365	0,000000	18,4175	36,4120
	14	11,4773	1,709365	0,000276	2,4800	20,4745
	15	2,6420	1,709365	0,999986	-6,3552	11,6393
	16	-0,7670	1,709365	1,000000	-9,7643	8,2302
	17	4,2898	1,709365	0,990795	-4,7075	13,2870
	18	7,3011	1,709365	0,374857	-1,6961	16,2984
13	14	-15,9375	1,709365	0,000000	-24,9348	-6,9402
	15	-24,7727	1,709365	0,000000	-33,7700	-15,7755
	16	-28,1818	1,709365	0,000000	-37,1791	-19,1846
	17	-23,1250	1,709365	0,000000	-32,1223	-14,1277
	18	-20,1136	1,709365	0,000000	-29,1109	-11,1164
14	15	-8,8352	1,709365	0,064023	-17,8325	0,1620
	16	-12,2443	1,709365	0,000033	-21,2416	-3,2471
	17	-7,1875	1,709365	0,410312	-16,1848	1,8098
	18	-4,1761	1,709365	0,993274	-13,1734	4,8211
15	16	-3,4091	1,709365	0,999490	-12,4064	5,5882
	17	1,6477	1,709365	1,000000	-7,3495	10,6450
	18	4,6591	1,709365	0,976973	-4,3382	13,6564
16	17	5,0568	1,709365	0,947204	-3,9404	14,0541
	18	8,0682	1,709365	0,176256	-0,9291	17,0654
17	18	3,0114	1,709365	0,999909	-5,9859	12,0086

Test de Scheffé ; variable VD_1 (Score (Trie S-I) dans EXP4)
Intervalles de confiance simultanés
Erreur : MCE Intra = ,75914, dl = 1479,0

F0 UTI	selon N°Cellu.	Moy. Différ.	Erreur Type	p	-95,00% Lim.Conf	+95,00% Lim.Conf
1	2	0,34091	0,131352	0,986507	-0,35046	1,032281
	3	0,21591	0,131352	0,999966	-0,47546	0,907281
	4	0,29545	0,131352	0,997547	-0,39592	0,986826
	5	0,10227	0,131352	1,000000	-0,58910	0,793645
	6	0,40341	0,131352	0,925079	-0,28796	1,094781
	7	-0,10511	0,131352	1,000000	-0,79649	0,586258
	8	0,36364	0,131352	0,972863	-0,32774	1,055008
	9	0,50568	0,131352	0,608297	-0,18569	1,197054
	10	0,50568	0,131352	0,608297	-0,18569	1,197054
	11	1,57955	0,131352	0,000000	0,88817	2,270917
	12	-0,00568	0,131352	1,000000	-0,69705	0,685690
	13	0,54830	0,131352	0,426927	-0,14308	1,239667
	14	1,55966	0,131352	0,000000	0,86829	2,251031
	15	0,60795	0,131352	0,299903	-0,08342	1,299326
	16	0,34375	0,131352	0,985200	-0,34762	1,035122
	17	0,53125	0,131352	0,499146	-0,16012	1,222622
	18	0,16193	0,131352	1,000000	-0,52944	0,853304
2	3	-0,12500	0,131352	1,000000	-0,81637	0,566372
	4	-0,04545	0,131352	1,000000	-0,73683	0,645917
	5	-0,23864	0,131352	0,999859	-0,93001	0,452735
	6	0,06250	0,131352	1,000000	-0,62887	0,753872
	7	-0,44602	0,131352	0,826942	-1,13739	0,245349
	8	0,02273	0,131352	1,000000	-0,66864	0,714099
	9	0,16477	0,131352	0,999999	-0,52660	0,856145
	10	0,16477	0,131352	0,999999	-0,52660	0,856145
	11	1,23864	0,131352	0,000000	0,54726	1,930008
	12	-0,34659	0,131352	0,983790	-1,03796	0,344781
	13	0,20739	0,131352	0,999981	-0,48399	0,898758
	14	1,21875	0,131352	0,000000	0,52738	1,910122
	15	0,26705	0,131352	0,999339	-0,42433	0,958417
	16	0,00284	0,131352	1,000000	-0,68853	0,694213
	17	0,19034	0,131352	0,999995	-0,50103	0,881713
	18	-0,17898	0,131352	0,999998	-0,87035	0,512395
3	4	0,07955	0,131352	1,000000	-0,61183	0,770917
	5	-0,11364	0,131352	1,000000	-0,80501	0,577735
	6	0,18750	0,131352	0,999996	-0,50387	0,878872
	7	-0,32102	0,131352	0,993244	-1,01239	0,370349
	8	0,14773	0,131352	1,000000	-0,54364	0,839099
	9	0,28977	0,131352	0,998081	-0,40160	0,981145
	10	0,28977	0,131352	0,998081	-0,40160	0,981145
	11	1,36364	0,131352	0,000000	0,67226	2,055008
	12	-0,22159	0,131352	0,999951	-0,91296	0,469781
	13	0,33239	0,131352	0,989872	-0,35899	1,023758
	14	1,34375	0,131352	0,000000	0,65238	2,035122
	15	0,39205	0,131352	0,942534	-0,29933	1,083417
	16	0,12784	0,131352	1,000000	-0,56353	0,819213
	17	0,31534	0,131352	0,994538	-0,37603	1,006713
	18	-0,05398	0,131352	1,000000	-0,74535	0,637395
4	5	-0,19318	0,131352	0,999994	-0,88455	0,498190
	6	0,10795	0,131352	1,000000	-0,58342	0,799326
	7	-0,40057	0,131352	0,929762	-1,09194	0,290804
	8	0,06818	0,131352	1,000000	-0,62319	0,759554
	9	0,21023	0,131352	0,999977	-0,48114	0,901599
	10	0,21023	0,131352	0,999977	-0,48114	0,901599
	11	1,28409	0,131352	0,000000	0,59272	1,975463
	12	-0,30114	0,131352	0,996887	-0,99251	0,390235
	13	0,25284	0,131352	0,999685	-0,43853	0,944213
	14	1,26420	0,131352	0,000000	0,57283	1,955576
	15	0,31250	0,131352	0,995101	-0,37887	1,003872
	16	0,04830	0,131352	1,000000	-0,64308	0,739667
	17	0,23580	0,131352	0,999881	-0,45558	0,927167
	18	-0,13352	0,131352	1,000000	-0,82489	0,557849
5	6	0,30114	0,131352	0,996887	-0,39024	0,992508
	7	-0,20739	0,131352	0,999981	-0,89876	0,483985
	8	0,26136	0,131352	0,999505	-0,43001	0,952735
	9	0,40341	0,131352	0,925079	-0,28796	1,094781
	10	0,40341	0,131352	0,925079	-0,28796	1,094781
	11	1,47727	0,131352	0,000000	0,78590	2,168645
	12	-0,10795	0,131352	1,000000	-0,79933	0,583417
	13	0,44602	0,131352	0,826942	-0,24535	1,137395
	14	1,45739	0,131352	0,000000	0,76601	2,148758
	15	0,50568	0,131352	0,608297	-0,18569	1,197054
	16	0,24148	0,131352	0,999834	-0,44989	0,932849
	17	0,42898	0,131352	0,872639	-0,26239	1,120349
	18	0,05966	0,131352	1,000000	-0,63171	0,751031
6	7	-0,50852	0,131352	0,596330	-1,19989	0,182849
	8	-0,03977	0,131352	1,000000	-0,73114	0,651599
	9	0,10227	0,131352	1,000000	-0,58910	0,793645
	10	0,10227	0,131352	1,000000	-0,58910	0,793645
	11	1,17614	0,131352	0,000000	0,48476	1,867508
	12	-0,40909	0,131352	0,915049	-1,10046	0,282281
	13	0,14489	0,131352	1,000000	-0,54649	0,836258
	14	1,15625	0,131352	0,000000	0,46488	1,847622
	15	0,20455	0,131352	0,999985	-0,48683	0,895917
	16	-0,05966	0,131352	1,000000	-0,75103	0,631713
	17	0,12784	0,131352	1,000000	-0,56353	0,819213
	18	-0,24148	0,131352	0,999834	-0,93285	0,449895
7	8	0,46875	0,131352	0,753081	-0,22262	1,160122
	9	0,61080	0,131352	0,201610	-0,08058	1,302167
	10	0,61080	0,131352	0,201610	-0,08058	1,302167
	11	1,68466	0,131352	0,000000	0,99329	2,376031
	12	0,09943	0,131352	1,000000	-0,59194	0,790804
	13	0,65341	0,131352	0,102462	-0,03796	1,344781
	14	1,66477	0,131352	0,000000	0,97340	2,356145
	15	0,71307	0,131352	0,031615	0,02170	1,404440
	16	0,44886	0,131352	0,818493	-0,24251	1,140235
	17	0,63636	0,131352	0,136527	-0,05501	1,327735
	18	0,26705	0,131352	0,999339	-0,42433	0,958417
8	9	0,14205	0,131352	1,000000	-0,54933	0,833417
	10	0,14205	0,131352	1,000000	-0,54933	0,833417
	11	1,21591	0,131352	0,000000	0,52454	1,907281
	12	-0,36932	0,131352	0,968137	-1,06069	0,322054
	13	0,18466	0,131352	0,999997	-0,50671	0,876031
	14	1,19602	0,131352	0,000000	0,50465	1,887395
	15	0,24432	0,131352	0,999804	-0,44705	0,935690
	16	-0,01989	0,131352	1,000000	-0,71126	0,671485
	17	0,16761	0,131352	0,999999	-0,52376	0,858985
	18	-0,20170	0,131352	0,999998	-0,89308	0,489667
9	10	0,00000	0,131352	1,000000	-0,69137	0,691372
	11	1,07386	0,131352	0,000000	0,38249	1,765235
	12	-0,51136	0,131352	0,584297	-1,20274	0,180008
	13	0,04261	0,131352	1,000000	-0,64876	0,733985
	14	1,05398	0,131352	0,000000	0,36261	1,745349
	15	0,10227	0,131352	1,000000	-0,58910	0,793645
	16	-0,16193	0,131352	1,000000	-0,85330	0,529440
	17	0,02557	0,131352	1,000000	-0,66580	0,716940
	18	-0,34375	0,131352	0,985200	-1,03512	0,347622
10	11	1,07386	0,131352	0,000000	0,38249	1,765235
	12	-0,51136	0,131352	0,584297	-1,20274	0,180008
	13	0,04261	0,131352	1,000000	-0,64876	0,733985
	14	1,05398	0,131352	0,000000	0,36261	1,745349
	15	0,10227	0,131352	1,000000	-0,58910	0,793645
	16	-0,16193	0,131352	1,000000	-0,85330	0,529440
	17	0,02557	0,131352	1,000000	-0,66580	0,716940
	18	-0,34375	0,131352	0,985200	-1,03512	0,347622
11	12	-1,58523	0,131352	0,000000	-2,27660	-0,893855
	13	-1,03125	0,131352	0,000001	-1,72262	-0,339878
	14	-0,01989	0,131352	1,000000	-0,71126	0,671485
	15	-0,97159	0,131352	0,000010	-1,66296	-0,280219
	16	-1,23580	0,131352	0,000000	-1,92717	-0,544424
	17	-0,74830	0,131352	0,000000	-1,73967	-0,356904
	18	-1,41761	0,131352	0,000000	-2,10899	-0,726242
12	13	0,55398	0,131352	0,403440	-0,13739	1,245349
	14	1,56534	0,131352	0,000000	0,87397	2,256713
	15	0,61364	0,131352	0,193529	-0,07774	1,305008
	16	0,34943	0,131352	0,982272	-0,34194	1,040804
	17	0,53693	0,131352	0,474863	-0,15444	1,228304
	18	0,16761	0,131352	0,999999	-0,52376	0,858985
13	14	1,01136	0,131352	0,000002	0,31999	1,702735
	15	0,05966	0,131352	1,000000	-0,63171	0,751031
	16	-0,20455	0,131352	0,999985	-0,89592	0,486826
	17	-0,01705	0,131352	1,000000	-0,70842	0,674326
	18	-0,38636	0,131352	0,950034	-1,07774	0,305008
14	15	-0,95170	0,131352	0,000022	-1,64308	-0,260333
	16	-1,21591	0,131352	0,000000	-1,90728	-0,524537
	17	-1,02841	0,131352	0,000001	-1,71978	-0,337037
	18	-1,39773	0,131352	0,000000	-2,08910	-0,706355
15	16	-0,26420	0,131352	0,999428	-0,95558	0,427167
	17	-0,07670	0,131352	1,000000	-0,76808	0,614667
	18	-0,44602	0,131352	0,826942	-1,13739	0,245349
16	17	0,18750	0,131352	0,999996	-0,50387	0,878872
	18	-0,18182	0,131352	0,999997	-0,87319	0,509554
17	18	-0,36932	0,131352	0,968137	-1,06069	0,322054

Test de Scheffé ; variable VD_1 (Score (Trie S-I) dans EXP4)
Intervalles de confiance simultanés
Erreur : MCE Intra = 1,5204, dl = 1479,0

F0 ACC	selon N°Cellu.	Moy. Différ.	Erreur Type	p	-95,00% Lim.Conf	+95,00% Lim.Conf
1	2	0,36352	0,185890	0,999609	-0,61491	1,341957
	3	0,10602	0,185890	1,000000	-0,87241	1,084457
	4	0,42068	0,185890	0,997352	-0,55775	1,399116
	5	0,56443	0,185890	0,932515	-0,41400	1,542866
	6	0,74591	0,185890	0,517090	-0,23253	1,724343
	7	-0,17045	0,185890	1,000000	-1,14889	0,807980
	8	0,02250	0,185890	1,000000	-0,95593	1,000093
	9	0,89432	0,185890	0,146576	-0,08412	1,872753
	10	0,65136	0,185890	0,782304	-0,32707	1,629798
	11	1,98864	0,185890	0,000000	1,01020	2,967071
	12	0,21568	0,185890	1,000000	-0,76275	1,194116
	13	0,72000	0,185890	0,595330	-0,25843	1,698434
	14	1,92068	0,185890	0,000000	0,94225	2,899116
	15	1,40500	0,185890	0,000004	0,42657	2,383434
	16	1,17818	0,185890	0,001365	0,19975	2,156616
	17	1,01511	0,185890	0,028799	0,03668	1,993548
	18	0,43193	0,185890	0,996326	-0,54650	1,410366
2	3	-0,25750	0,185890	0,999997	-1,23593	0,720934
	4	0,05716	0,185890	1,000000	-0,92128	1,035593
	5	0,20091	0,185890	1,000000	-0,77753	1,179343
	6	0,38239	0,185890	0,999228	-0,59605	1,360821
	7	-0,53398	0,185890	0,960422	-1,51241	0,444457
	8	-0,34102	0,185890	0,999838	-1,31946	0,637412
	9	0,53080	0,185890	0,962724	-0,44764	1,509230
	10	0,28784	0,185890	0,999986	-0,69059	1,266275
	11	1,62511	0,185890	0,000000	0,64668	2,603548
	12	-0,14784	0,185890	1,000000	-1,12628	0,830593
	13	0,35648	0,185890	0,999701	-0,62196	1,334912
	14	1,55716	0,185890	0,000000	0,57872	2,535593
	15	1,04148	0,185890	0,018785	0,06304	2,019912
	16	0,81466	0,185890	0,318352	-0,16378	1,793093
	17	0,65159	0,185890	0,781768	-0,32684	1,630025
	18	0,06841	0,185890	1,000000	-0,91003	1,046843
3	4	0,31466	0,185890	0,999949	-0,66378	1,293093
	5	0,45841	0,185890	0,992492	-0,52003	1,436843
	6	0,63989	0,185890	0,808429	-0,33855	1,618321
	7	-0,27648	0,185890	0,999992	-1,25491	0,701957
	8	-0,08352	0,185890	1,000000	-1,06196	0,894912
	9	0,78830	0,185890	0,391042	-0,19014	1,766730
	10	0,54534	0,185890	0,951298	-0,43309	1,523775
	11	1,88261	0,185890	0,000000	0,90418	2,861043
	12	0,10966	0,185890	1,000000	-0,86878	1,088093
	13	0,61398	0,185890	0,860478	-0,36446	1,592412
	14	1,81466	0,185890	0,000000	0,83622	2,793093
	15	1,29898	0,185890	0,000078	0,32054	2,277412
	16	1,07216	0,185890	0,011062	0,09372	2,050593
	17	0,90909	0,185890	0,123694	-0,06934	1,887525
	18	0,32591	0,185890	0,999915	-0,65253	1,304343
4	5	0,14375	0,185890	1,000000	-0,83468	1,122184
	6	0,32523	0,185890	0,999917	-0,65321	1,303662
	7	-0,59114	0,185890	0,898104	-1,56957	0,387298
	8	-0,39818	0,185890	0,998686	-1,37662	0,580253
	9	0,47364	0,185890	0,989045	-0,50480	1,452071
	10	0,23068	0,185890	1,000000	-0,74775	1,209116
	11	1,56795	0,185890	0,000000	0,58952	2,546389
	12	-0,20500	0,185890	1,000000	-1,18343	0,773434
	13	0,29932	0,185890	0,999975	-0,67912	1,277753
	14	1,50000	0,185890	0,000000	0,52157	2,478434
	15	0,98432	0,185890	0,045920	0,00588	1,962753
	16	0,75750	0,185890	0,482004	-0,22093	1,735934
	17	0,59443	0,185890	0,893153	-0,38400	1,572866
	18	0,01125	0,185890	1,000000	-0,96718	0,989684
5	6	0,18148	0,185890	1,000000	-0,79696	1,159912
	7	-0,73489	0,185890	0,550515	-1,71332	0,243548
	8	-0,54193	0,185890	0,954188	-1,52037	0,436503
	9	0,32989	0,185890	0,999899	-0,64855	1,308321
	10	0,08693	0,185890	1,000000	-0,89150	1,065366
	11	1,42420	0,185890	0,000002	0,44577	2,402639
	12	-0,34875	0,185890	0,999779	-1,32718	0,629684
	13	0,15557	0,185890	1,000000	-0,82287	1,134003
	14	1,35625	0,185890	0,000017	0,37782	2,334684
	15	0,84057	0,185890	0,253802	-0,13787	1,819003
	16	0,61375	0,185890	0,860891	-0,36468	1,592184
	17	0,45068	0,185890	0,993857	-0,52775	1,429116
	18	-0,13250	0,185890	1,000000	-1,11093	0,845934
6	7	-0,91636	0,185890	0,113438	-1,89480	0,062071
	8	-0,72341	0,185890	0,585126	-1,70184	0,255025
	9	0,14841	0,185890	1,000000	-0,83003	1,126843
	10	-0,09455	0,185890	1,000000	-1,07298	0,883889
	11	1,24273	0,185890	0,000314	0,26429	2,221162
	12	-0,53023	0,185890	0,963123	-1,50866	0,448207
	13	-0,02591	0,185890	1,000000	-1,00434	0,952525
	14	1,17477	0,185890	0,001469	0,19634	2,153207
	15	0,65909	0,185890	0,763720	-0,31934	1,637525
	16	0,43227	0,185890	0,996290	-0,54616	1,410707
	17	0,26920	0,185890	0,999995	-0,70923	1,247639
	18	-0,31398	0,185890	0,999950	-1,29241	0,664457
7	8	0,19295	0,185890	1,000000	-0,78548	1,171389
	9	1,06477	0,185890	0,012606	0,08634	2,043207
	10	0,82182	0,185890	0,299762	-0,15662	1,800253
	11	2,15909	0,185890	0,000000	1,18066	3,137525
	12	0,38614	0,185890	0,999121	-0,59230	1,364571
	13	0,89045	0,185890	0,153024	-0,08798	1,868889
	14	2,09114	0,185890	0,000000	1,11270	3,069571
	15	1,57545	0,185890	0,000000	0,59702	2,553889
	16	1,34864	0,185890	0,000021	0,37020	2,327071
	17	1,18557	0,185890	0,001162	0,20713	2,164003
	18	0,60239	0,185890	0,880541	-0,37605	1,580821
8	9	0,87182	0,185890	0,186870	-0,10662	1,850253
	10	0,62886	0,185890	0,831774	-0,34957	1,607298
	11	1,96614	0,185890	0,000000	0,98770	2,944571
	12	0,19318	0,185890	1,000000	-0,78525	1,171616
	13	0,69750	0,185890	0,661184	-0,28093	1,675934
	14	1,89818	0,185890	0,000000	0,91975	2,876616
	15	1,38250	0,185890	0,000008	0,40407	2,360934
	16	1,15568	0,185890	0,002201	0,17725	2,134116
	17	0,99261	0,185890	0,040638	0,01418	1,971048
	18	0,40943	0,185890	0,998120	-0,56900	1,387866
9	10	-0,24295	0,185890	0,999999	-1,22139	0,735480
	11	1,09432	0,185890	0,007387	0,11588	2,072753
	12	-0,67864	0,185890	0,713461	-1,65707	0,299798
	13	-0,17432	0,185890	1,000000	-1,15275	0,804116
	14	1,02636	0,185890	0,024075	0,04793	2,004798
	15	0,51068	0,185890	0,974965	-0,46775	1,489116
	16	0,28386	0,185890	0,999989	-0,69457	1,262298
	17	0,12080	0,185890	1,000000	-0,85764	1,099230
	18	-0,46239	0,185890	0,991694	-1,44082	0,516048
10	11	1,33727	0,185890	0,000028	0,35884	2,315707
	12	-0,43568	0,185890	0,995915	-1,41412	0,542753
	13	0,06864	0,185890	1,000000	-0,90980	1,047071
	14	1,26932	0,185890	0,000165	0,29088	2,247753
	15	0,75364	0,185890	0,493676	-0,22480	1,732071
	16	0,52682	0,185890	0,965453	-0,45162	1,505253
	17	0,36375	0,185890	0,999606	-0,61468	1,342184
	18	-0,21943	0,185890	1,000000	-1,19787	0,759003
11	12	-1,77295	0,185890	0,000000	-2,75139	-0,794520
	13	-1,26864	0,185890	0,000167	-2,24707	-0,290202
	14	-0,06795	0,185890	1,000000	-1,04639	0,910480
	15	-0,58364	0,185890	0,908783	-1,56207	0,394798
	16	-0,81045	0,185890	0,329517	-1,78889	0,167980
	17	-0,97352	0,185890	0,053629	-1,95196	0,004912
	18	-1,55670	0,185890	0,000000	-2,53514	-0,578270
12	13	0,50432	0,185890	0,978086	-0,47412	1,482753
	14	1,70500	0,185890	0,000000	0,72657	2,683434
	15	1,18932	0,185890	0,001071	0,21088	2,167753
	16	0,96250	0,185890	0,062556	-0,01593	1,940934
	17	0,79943	0,185890	0,359595	-0,17900	1,777866
	18	0,21625	0,185890	1,000000	-0,76218	1,194684
13	14	1,20068	0,185890	0,000832	0,22225	2,179116
	15	0,68500	0,185890	0,696194	-0,29343	1,663434
	16	0,45818	0,185890	0,992535	-0,52025	1,436616
	17	0,29511	0,185890	0,999980	-0,68332	1,273548
	18	-0,28807	0,185890	0,999986	-1,26650	0,690366
14	15	-0,51568	0,185890	0,972273	-1,49412	0,462753
	16	-0,74250	0,185890	0,527432	-1,72093	0,235934
	17	-0,90557	0,185890	0,128899	-1,88400	0,072866
	18	-1,48875	0,185890	0,000000	-2,46718	-0,510316
15	16	-0,22682	0,185890	1,000000	-1,20525	0,751616
	17	-0,38989	0,185890	0,999002	-1,36832	0,588548
	18	-0,97307	0,185890	0,053976	-1,95150	0,005366
16	17	-0,16307	0,185890	1,000000	-1,14150	0,815366
	18	-0,74625	0,185890	0,516056	-1,72468	0,232184
17	18	-0,58318	0,185890	0,909405	-1,56162	0,395253

Test de Scheffé ; variable VD_1 (Score (Trie S-I) dans EXP4)
Intervalles de confiance simultanés
Erreur : MCE Intra = ,88311, dl = 1479,0

F0 RSK	selon N°Cellu.	Moy. Différ.	Erreur Type	p	-95,00% Lim.Conf	+95,00% Lim.Conf
1	2	-0,09773	0,141671	1,000000	-0,84342	0,64796
	3	-0,37045	0,141671	0,985333	-1,11614	0,37523
	4	0,19545	0,141671	0,999998	-0,55023	0,94114
	5	-0,48182	0,141671	0,824884	-1,22751	0,26387
	6	-0,30455	0,141671	0,998624	-1,05023	0,44114
	7	0,10682	0,141671	1,000000	-0,63887	0,85251
	8	-0,96364	0,141671	0,000186	-1,70933	-0,21795
	9	-0,86136	0,141671	0,003698	-1,60705	-0,11567
	10	-1,35909	0,141671	0,000000	-2,10478	-0,61340
	11	-1,98409	0,141671	0,000000	-2,72978	-1,23840
	12	-0,06591	0,141671	1,000000	-0,81160	0,67978
	13	-2,33182	0,141671	0,000000	-3,07751	-1,58613
	14	-2,29773	0,141671	0,000000	-3,14342	-1,65204
	15	-0,13182	0,141671	1,000000	-0,87751	0,61387
	16	-1,34545	0,141671	0,000000	-2,09114	-0,59977
	17	-0,19091	0,141671	0,999998	-0,93660	0,55478
	18	-0,09773	0,141671	1,000000	-0,84342	0,64796
2	3	-0,27273	0,141671	0,999685	-1,01842	0,47296
	4	0,29318	0,141671	0,999164	-0,45251	1,03887
	5	-0,38409	0,141671	0,978245	-1,12978	0,36160
	6	-0,20682	0,141671	0,999994	-0,95251	0,53887
	7	0,20455	0,141671	0,999995	-0,54114	0,95023
	8	-0,86591	0,141671	0,003282	-1,61160	-0,12022
	9	-0,76364	0,141671	0,035289	-1,50933	-0,01795
	10	-1,26136	0,141671	0,000000	-2,00705	-0,51567
	11	-1,88636	0,141671	0,000000	-2,63205	-1,14067
	12	0,03182	0,141671	1,000000	-0,71387	0,77751
	13	-2,23409	0,141671	0,000000	-2,97978	-1,48840
	14	-2,30000	0,141671	0,000000	-3,04569	-1,55431
	15	-0,03409	0,141671	1,000000	-0,77978	0,71160
	16	-1,24773	0,141671	0,000000	-1,99342	-0,50204
	17	-0,09318	0,141671	1,000000	-0,83887	0,65251
	18	0,00000	0,141671	1,000000	-0,74569	0,74569
3	4	0,56591	0,141671	0,527306	-0,17978	1,31160
	5	-0,11136	0,141671	1,000000	-0,85705	0,63433
	6	0,06591	0,141671	1,000000	-0,67978	0,81160
	7	0,47727	0,141671	0,837071	-0,26842	1,22296
	8	-0,59318	0,141671	0,419949	-1,33887	0,15251
	9	-0,49091	0,141671	0,798975	-1,23660	0,25478
	10	-0,98864	0,141671	0,000081	-1,73433	-0,24295
	11	-1,61364	0,141671	0,000000	-2,35933	-0,86795
	12	0,30455	0,141671	0,998624	-0,44114	1,05023
	13	-1,96136	0,141671	0,000000	-2,70705	-1,21567
	14	-2,02727	0,141671	0,000000	-2,77296	-1,28158
	15	0,23864	0,141671	0,999952	-0,50705	0,98433
	16	-0,97500	0,141671	0,000128	-1,72069	-0,22931
	17	0,17955	0,141671	0,999999	-0,56614	0,92523
	18	0,27273	0,141671	0,999685	-0,47296	1,01842
4	5	-0,67727	0,141671	0,156077	-1,42296	0,06842
	6	-0,50000	0,141671	0,771099	-1,24569	0,24569
	7	-0,08864	0,141671	1,000000	-0,83433	0,65705
	8	-1,15909	0,141671	0,000000	-1,90478	-0,41340
	9	-1,05682	0,141671	0,000007	-1,80251	-0,31113
	10	-1,55455	0,141671	0,000000	-2,30023	-0,80886
	11	-2,17955	0,141671	0,000000	-2,92523	-1,43386
	12	-0,26136	0,141671	0,999825	-1,00705	0,48433
	13	-2,52727	0,141671	0,000000	-3,27296	-1,78158
	14	-2,59318	0,141671	0,000000	-3,33887	-1,84749
	15	-0,32727	0,141671	0,996580	-1,07296	0,41842
	16	-1,54091	0,141671	0,000000	-2,28660	-0,79522
	17	-0,38636	0,141671	0,976832	-1,13205	0,35933
	18	-0,29318	0,141671	0,999164	-1,03887	0,45251
5	6	0,17727	0,141671	0,999999	-0,56842	0,92296
	7	0,58864	0,141671	0,437527	-0,15705	1,33433
	8	-0,48182	0,141671	0,824884	-1,22751	0,26387
	9	-0,37955	0,141671	0,980862	-1,12523	0,36614
	10	-0,87727	0,141671	0,002421	-1,62296	-0,13158
	11	-1,50227	0,141671	0,000000	-2,24796	-0,75658
	12	0,41591	0,141671	0,950966	-0,32978	1,16160
	13	-1,85000	0,141671	0,000000	-2,59569	-1,10431
	14	-1,91591	0,141671	0,000000	-2,66160	-1,17022
	15	0,35000	0,141671	0,992330	-0,39569	1,09569
	16	-0,86364	0,141671	0,003484	-1,60933	-0,11795
	17	0,29091	0,141671	0,999246	-0,45478	1,03660
	18	0,38409	0,141671	0,978245	-0,36160	1,12978
6	7	0,41136	0,141671	0,955960	-0,33433	1,15705
	8	-0,65909	0,141671	0,200786	-1,40478	0,08660
	9	-0,55682	0,141671	0,563438	-1,30251	0,18887
	10	-1,05455	0,141671	0,000008	-1,80023	-0,30886
	11	-1,67955	0,141671	0,000000	-2,42523	-0,93386
	12	0,23864	0,141671	0,999952	-0,50705	0,98433
	13	-2,02727	0,141671	0,000000	-2,77296	-1,28158
	14	-2,09318	0,141671	0,000000	-2,83887	-1,34749
	15	0,17273	0,141671	1,000000	-0,57296	0,91842
	16	-1,04091	0,141671	0,000013	-1,78660	-0,29522
	17	0,11364	0,141671	1,000000	-0,63205	0,85933
	18	0,20682	0,141671	0,999994	-0,53887	0,95251
7	8	-1,07045	0,141671	0,000004	-1,81614	-0,32477
	9	-0,98818	0,141671	0,000160	-1,71387	-0,22249
	10	-1,46591	0,141671	0,000000	-2,21160	-0,72022
	11	-2,09091	0,141671	0,000000	-2,83660	-1,34522
	12	-0,17273	0,141671	1,000000	-0,91842	0,57296
	13	-2,43864	0,141671	0,000000	-3,18433	-1,69295
	14	-2,50455	0,141671	0,000000	-3,25023	-1,75886
	15	0,23864	0,141671	0,999952	-0,98433	0,50705
	16	-1,45227	0,141671	0,000000	-2,19796	-0,70658
	17	-0,29773	0,141671	0,998976	-1,04342	0,44796
	18	-0,20455	0,141671	0,999995	-0,95023	0,54114
8	9	0,10227	0,141671	1,000000	-0,64342	0,84796
	10	-0,39545	0,141671	0,970431	-1,14114	0,35023
	11	-1,02045	0,141671	0,000027	-1,76614	-0,27477
	12	-0,89773	0,141671	0,001373	-1,65204	-0,14342
	13	-1,36818	0,141671	0,000000	-2,11387	-0,62249
	14	-1,43409	0,141671	0,000000	-2,17978	-0,68840
	15	0,83182	0,141671	0,007792	0,08613	1,57751
	16	-0,38182	0,141671	0,979587	-1,12751	0,36387
	17	0,77273	0,141671	0,029348	0,02704	1,51842
	18	0,86591	0,141671	0,003282	0,12022	1,61160
9	10	-0,49773	0,141671	0,778246	-1,24342	0,24796
	11	-1,12273	0,141671	0,000001	-1,86842	-0,37704
	12	0,79545	0,141671	0,018089	0,04977	1,54114
	13	-1,47045	0,141671	0,000000	-2,21614	-0,72477
	14	-1,53636	0,141671	0,000000	-2,28205	-0,79067
	15	0,72955	0,141671	0,067207	-0,01614	1,47523
	16	-0,48409	0,141671	0,818597	-1,22978	0,26160
	17	0,27046	0,141671	0,171965	-0,07523	1,41614
	18	0,76364	0,141671	0,035289	0,01795	1,50933
10	11	-0,62500	0,141671	0,304235	-1,37069	0,12069
	12	1,29318	0,141671	0,000000	0,54749	2,03887
	13	-0,97273	0,141671	0,000138	-1,71842	-0,22704
	14	-1,03864	0,141671	0,000014	-1,78433	-0,29295
	15	1,22727	0,141671	0,000000	0,48158	1,97296
	16	0,91364	0,141671	1,000000	-0,73205	0,75933
	17	1,16818	0,141671	0,000000	0,42249	1,91387
	18	1,26136	0,141671	0,000000	0,51567	2,00705
11	12	1,91818	0,141671	0,000000	1,17249	2,66387
	13	-0,34773	0,141671	0,992895	-1,09342	0,39796
	14	-0,41364	0,141671	0,953514	-1,15933	0,33205
	15	1,45227	0,141671	0,000000	1,10658	2,59796
	16	0,63864	0,141671	0,259926	-0,10705	1,38433
	17	1,79318	0,141671	0,000000	1,04749	2,53887
	18	1,88636	0,141671	0,000000	1,14067	2,63205
12	13	-2,26591	0,141671	0,000000	-3,01160	-1,52022
	14	-2,33182	0,141671	0,000000	-3,07751	-1,58613
	15	-0,06591	0,141671	1,000000	-0,81160	0,67978
	16	-1,27955	0,141671	0,000000	-2,02523	-0,53386
	17	-0,12500	0,141671	1,000000	-0,87069	0,62069
	18	-0,03182	0,141671	1,000000	-0,77751	0,71387
13	14	-0,06591	0,141671	1,000000	-0,81160	0,67978
	15	2,20000	0,141671	0,000000	1,45431	2,94569
	16	0,98636	0,141671	0,000088	0,24067	1,73205
	17	2,14091	0,141671	0,000000	1,39522	2,88660
	18	2,23409	0,141671	0,000000	1,48840	2,97978
14	15	2,26591	0,141671	0,000000	1,52022	3,01160
	16	1,05227	0,141671	0,000008	0,30658	1,79796
	17	2,20682	0,141671	0,000000	1,46113	2,95251
	18	2,30000	0,141671	0,000000	1,55431	3,04569
15	16	-1,21364	0,141671	0,000000	-1,95933	-0,46795
	17	-0,05909	0,141671	1,000000	-0,80478	0,68660
	18	0,03409	0,141671	1,000000	-0,71160	0,77978
16	17	1,15455	0,141671	0,000000	0,40886	1,90023
	18	1,24773	0,141671	0,000000	0,50204	1,99342
17	18	0,09318	0,141671	1,000000	-0,65251	0,83887

24. Effets des facteurs sur chaque dimension (ANOVA à mesures répétées).

Analyses des effets des facteurs Cadrage (Vue), Contexte (Envt), et Type d'objet (TYP) sur les évaluations dans les dimensions Utilisabilité (SUS), Utilité (UTI), Risque (RSK) et Acceptabilité (ACC).

Les analyses présentées dans cette section ont été réalisées avec le logiciel Statistica 10, par une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général). Pour chaque dimension, le tableau d'analyse de variance présente les principales valeurs relatives aux effets des variables indiquées et de leurs interactions : la somme des carrés (*SC*), les degrés de liberté, le carré moyen (*MC*), l'effet des facteurs sur la variance (*F*), le seuil de significativité de cet effet (*p*), et la gradeur de cet effet (*éta-deux partiel*).

24.1. Utilisabilité (SUS) : analyses F1 (par participant) et F2 (par objet)

Tableau 66 : Analyse par participant (F1) des effets et des interactions des facteurs Cadrage (Vue), Contexte (Envt), et Type d'objet (TYP) sur l'évaluation de l'utilisabilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F1 SUS	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	1320127	1	1320127	10796,18	0,000000	0,992280	10796,18	1,000000
Vue	257	1	257	2,10	0,150662	0,024433	2,10	0,299754
Envt	10	1	10	0,08	0,774198	0,000985	0,08	0,059325
Vue*Envt	58	1	58	0,48	0,492572	0,005624	0,48	0,104652
Erreur	10271	84	122					
TYP	5771	1	5771	247,19	0,000000	0,746366	247,19	1,000000
TYP*Vue	20	1	20	0,84	0,360876	0,009948	0,84	0,148527
TYP*Envt	35	1	35	1,49	0,225102	0,017468	1,49	0,226838
TYP*Vue*Env	1	1	1	0,03	0,869595	0,000323	0,03	0,053042
Erreur	1961	84	23					

Tableau 67 : Test de d'homogénéité des variances de l'évaluation de l'utilisabilité selon le Cadrage, respectivement pour les objets structurants (S) et instruments (I)

	Test de Levene d'Homogénéité des Variances Effet : Vue Degrés de liberté de tous les F : 1, 86			
F1 SUS	MC Effet	MC Erreur	F	p
SUS-S	90,8869	20,76037	4,377906	0,039355
SUS-I	241,3817	27,12423	8,899117	0,003712

Tableau 68 : Test de d'homogénéité des variances de l'évaluation de l'utilisabilité selon le Contexte, respectivement pour les objets structurants (S) et instruments (I)

	Test de Levene d'Homogénéité des Variances Effet : Envt Degrés de liberté de tous les F : 1, 86			
F1 SUS	MC Effet	MC Erreur	F	p
SUS-S	0,54205	21,76601	0,024904	0,874977
SUS-I	36,52243	30,47917	1,198275	0,276723

Tableau 69 : Analyse par objet (F2) des effets et des interactions des facteurs Cadrage (Vue), Contexte (ENV), et Type d'objet (Typ) sur l'évaluation de l'utilisabilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F2 SUS	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	540051,8	1	540051,8	2335,492	0,000000	0,993196	2335,492	1,000000
typ	2360,7	1	2360,7	10,209	0,005635	0,389521	10,209	0,850490
Erreur	3699,8	16	231,2					
VUE	105,2	1	105,2	24,109	0,000157	0,601086	24,109	0,995835
VUE*typ	8,1	1	8,1	1,847	0,193019	0,103475	1,847	0,248272
Erreur	69,8	16	4,4					
ENV	4,1	1	4,1	0,485	0,496152	0,029422	0,485	0,100489
ENV*typ	14,3	1	14,3	1,669	0,214685	0,094482	1,669	0,228996
Erreur	136,7	16	8,5					
VUE*ENV	23,8	1	23,8	4,304	0,054512	0,211984	4,304	0,495920
VUE*ENV*typ	0,3	1	0,3	0,047	0,831270	0,002923	0,047	0,054776
Erreur	88,3	16	5,5					

Tableau 70 : Test de d'homogénéité des variances (F2) de l'évaluation de l'utilisabilité selon le type d'objet, respectivement pour les évaluation en conditions 1ère P-dégradé ; 1ère P-Neurte ; 3ème P-dégradé, 3ème P-Neurte

	Test de Levene d'Homogénéité des Variance Effet : typ Degrés de liberté de tous les F : 1, 16			
F2 SUS	MC Effet	MC Erreur	F	p
sus_Moy_1eD	129,6484	16,49593	7,859414	0,012750
sus_Moy_1eN	170,6892	20,31951	8,400263	0,010477
sus_Moy_3eD	126,0145	17,77663	7,088773	0,017030
sus_Moy_3eN	230,9079	32,69632	7,062198	0,017205

24.2. Utilité (UTI) : analyses F1 (par participant) et F2 (par objet)

Tableau 71 : Analyse par participant (F1) des effets et des interactions des facteurs Cadrage (Vue), Contexte (Envt), et Type d'objet (TYP) sur l'évaluation de l'utilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F1 UTI	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	5879,211	1	5879,211	8438,625	0,000000	0,990144	8438,625	1,000000
Vue	1,685	1	1,685	2,419	0,123639	0,027990	2,419	0,336582
Envt	0,364	1	0,364	0,522	0,472022	0,006175	0,522	0,110175
Vue*Envt	0,849	1	0,849	1,218	0,272854	0,014296	1,218	0,193617
Erreur	58,523	84	0,697					
TYP	7,478	1	7,478	59,771	0,000000	0,415737	59,771	1,000000
TYP*Vue	0,015	1	0,015	0,118	0,732197	0,001401	0,118	0,063301
TYP*Envt	0,009	1	0,009	0,074	0,786054	0,000882	0,074	0,058343
TYP*Vue*Env	0,029	1	0,029	0,236	0,628643	0,002797	0,236	0,076774
Erreur	10,509	84	0,125					

Tableau 72 : Test de d'homogénéité des variances de l'évaluation de l'utilité selon le Contexte, respectivement pour les objets structurants (S) et instruments (I)

	Test de Levene d'Homogénéité des Variances Effet : Envt Degrés de liberté de tous les F : 1, 86			
F1 UTI	MC Effet	MC Erreur	F	p
UTI-S	0,011857	0,176189	0,067296	0,795935
UTI-I	0,179872	0,185141	0,971537	0,327062

Tableau 73 : Test de d'homogénéité des variances de l'évaluation de l'utilité selon le Cadrage, respectivement pour les objets structurants (S) et instruments (I)

	Test de Levene d'Homogénéité des Variances Effet : Vue Degrés de liberté de tous les F : 1, 86			
F1 UTI	MC Effet	MC Erreur	F	p
UTI-S	0,580158	0,160502	3,614653	0,060622
UTI-I	0,250025	0,175518	1,424501	0,235946

Tableau 74 : Analyse par objet (F2) des effets et des interactions des facteurs Cadrage (Vue), Contexte (ENV), et Type d'objet (Typ) sur l'évaluation de l'utilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F2 UTI	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	2405,132	1	2405,132	3408,650	0,000000	0,995328	3408,650	1,000000
typ	3,059	1	3,059	4,335	0,053737	0,213196	4,335	0,498732
Erreur	11,290	16	0,706					
VUE	0,689	1	0,689	13,568	0,002011	0,458874	13,568	0,932513
VUE*typ	0,006	1	0,006	0,119	0,734897	0,007366	0,119	0,062140
Erreur	0,813	16	0,051					
ENV	0,149	1	0,149	2,240	0,153912	0,122826	2,240	0,290718
ENV*typ	0,004	1	0,004	0,057	0,814085	0,003560	0,057	0,055823
Erreur	1,062	16	0,066					
VUE*ENV	0,347	1	0,347	11,177	0,004126	0,411264	11,177	0,880384
VUE*ENV*typ	0,012	1	0,012	0,388	0,542034	0,023687	0,388	0,090237
Erreur	0,497	16	0,031					

Tableau 75 : Test de d'homogénéité des variances (F2) de l'évaluation de l'utilité selon le type d'objet, respectivement pour les évaluation en conditions 1ère P-dégradé ; 1ère P-Neurte ; 3ème P-dégradé, 3ème P-Neurte

	Test de Levene d'Homogénéité des Variances Effet : typ Degrés de liberté de tous les F : 1, 16			
F2 UTI	MC Effet	MC Erreur	F	p
uti_Moy_1eD	0,344422	0,065778	5,236162	0,036067
uti_Moy_1eN	0,204628	0,063034	3,246309	0,090457
uti_Moy_3eD	0,368585	0,063806	5,776600	0,028721
uti_Moy_3eN	0,260802	0,086701	3,008076	0,102071

24.3. Risque (RSK) : analyses F1 (par participant) et F2 (par objet)

Tableau 76 : Analyse par participant (F1) des effets et des interactions des facteurs Cadrage (Vue), Contexte (Envt), et Type d'objet (TYP) sur l'évaluation du risque.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F1 RSK	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	1112,033	1	1112,033	1173,038	0,000000	0,933176	1173,038	1,000000
Vue	1,520	1	1,520	1,603	0,208938	0,018729	1,603	0,240069
Envt	0,047	1	0,047	0,050	0,823572	0,000595	0,050	0,055619
Vue*Envt	0,243	1	0,243	0,256	0,614325	0,003036	0,256	0,079102
Erreur	79,631	84	0,948					
TYP	27,594	1	27,594	169,040	0,000000	0,668037	169,040	1,000000
TYP*Vue	0,026	1	0,026	0,158	0,691634	0,001882	0,158	0,067918
TYP*Envt	0,106	1	0,106	0,647	0,423491	0,007642	0,647	0,124979
TYP*Vue*Env	0,005	1	0,005	0,030	0,862184	0,000361	0,030	0,053402
Erreur	13,712	84	0,163					

Tableau 77 : Test de d'homogénéité des variances de l'évaluation du risque selon le Cadrage, respectivement pour les objets structurants (S) et instruments (I)

	Test de Levene d'Homogénéité des Variance Effet : Vue Degrés de liberté de tous les F : 1, 86			
F1 RSK	MC Effet	MC Erreur	F	p
RSK-S	0,289048	0,177846	1,625272	0,205792
RSK-I	1,033215	0,179988	5,740477	0,018747

Tableau 78 : Test de d'homogénéité des variances de l'évaluation du risque selon le Contexte, respectivement pour les objets structurants (S) et instruments (I)

	Test de Levene d'Homogénéité des Variance Effet : Envt Degrés de liberté de tous les F : 1, 86			
F1 RSK	MC Effet	MC Erreur	F	p
RSK-S	0,007108	0,188499	0,037710	0,846484
RSK-I	0,038913	0,184595	0,210803	0,647297

Tableau 79 : Analyse par objet (F2) des effets et des interactions des facteurs Cadrage (Vue), Contexte (ENV), et Type d'objet (Typ) sur l'évaluation du risque.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F2 RSK	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	454,9225	1	454,9225	196,0241	0,000000	0,924537	196,0241	1,000000
typ	11,2884	1	11,2884	4,8641	0,042393	0,233134	4,8641	0,544725
Erreur	37,1320	16	2,3207					
VUE	0,6218	1	0,6218	13,0300	0,002351	0,448846	13,0300	0,923050
VUE*typ	0,0106	1	0,0106	0,2217	0,644116	0,013666	0,2217	0,072792
Erreur	0,7635	16	0,0477					
ENV	0,0194	1	0,0194	0,7220	0,408020	0,043177	0,7220	0,125850
ENV*typ	0,0432	1	0,0432	1,6079	0,222930	0,091317	1,6079	0,222287
Erreur	0,4299	16	0,0269					
VUE*ENV	0,0992	1	0,0992	2,4762	0,135144	0,134022	2,4762	0,315797
VUE*ENV*typ	0,0020	1	0,0020	0,0505	0,824979	0,003149	0,0505	0,055147
Erreur	0,6411	16	0,0401					

Tableau 80 : Test de d'homogénéité des variances (F2) de l'évaluation du risque selon le type d'objet, respectivement pour les évaluation en conditions 1ère P-dégradé ; 1ère P-Neurte ; 3ème P-dégradé, 3ème P-Neurte

	Test de Levene d'Homogénéité des Variances Effet : typ Degrés de liberté de tous les F : 1, 16			
F2 RSK	MC Effet	MC Erreur	F	p
rsk_Moy_1eD	1,216171	0,083590	14,54919	0,001526
rsk_Moy_1eN	1,469718	0,099161	14,82153	0,001416
rsk_Moy_3eD	1,345463	0,099501	13,52215	0,002038
rsk_Moy_3eN	1,233031	0,095137	12,96052	0,002399

24.4. Acceptabilité (ACC) : analyses F1 (par participant) et F2 (par objet)

Tableau 81 : Analyse par participant (F1) des effets et des interactions des facteurs Cadrage (Vue), Contexte (Envt), et Type d'objet (TYP) sur l'évaluation de l'acceptabilité.

	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
F1 ACC	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	4467,222	1	4467,222	2743,194	0,000000	0,970289	2743,194	1,000000
Vue	2,317	1	2,317	1,423	0,236288	0,016657	1,423	0,218328
Envt	0,917	1	0,917	0,563	0,455133	0,006658	0,563	0,115032
Vue*Envt	0,250	1	0,250	0,153	0,696233	0,001824	0,153	0,067354
Erreur	136,792	84	1,628					
TYP	23,517	1	23,517	115,701	0,000000	0,579371	115,701	1,000000
TYP*Vue	0,930	1	0,930	4,574	0,035355	0,051646	4,574	0,561355
TYP*Envt	0,001	1	0,001	0,004	0,946985	0,000053	0,004	0,050498
TYP*Vue*Env	0,296	1	0,296	1,456	0,230975	0,017037	1,456	0,222308
Erreur	17,073	84	0,203					

Tableau 82 : Test de d'homogénéité des variances de l'évaluation de l'acceptabilité selon le Cadrage, respectivement pour les objets structurants (S) et instruments (I)

	Test de Levene d'Homogénéité des Variances Effet : Vue Degrés de liberté de tous les F : 1, 86			
F1 ACC	MC Effet	MC Erreur	F	p
ACC-I	1,124092	0,368488	3,050555	0,084280
ACC-S	2,127812	0,345402	6,160390	0,015009

Tableau 83 : Test de d'homogénéité des variances de l'évaluation de l'acceptabilité selon le Contexte, respectivement pour les objets structurants (S) et instruments (I)

	Test de Levene d'Homogénéité des Variances Effet : Envt Degrés de liberté de tous les F : 1, 86			
F1 ACC	MC Effet	MC Erreur	F	p
ACC-I	0,000032	0,403603	0,000079	0,992908
ACC-S	0,405998	0,408232	0,994528	0,321436

Tableau 84 : Analyse par objet (F2) des effets et des interactions des facteurs Cadrage (Vue), Contexte (ENV), et Type d'objet (Typ) sur l'évaluation de l'acceptabilité.

F2 ACC	Analyse de Variance de Mesures Répétées avec Taille des Effets et Puissance Paramétrisation sigma-restreint Décomposition efficace de l'hypothèse							
	SC	Degré de Liberté	MC	F	p	Eta-deux partiel	Non-centralité	Puissance observée (alpha=0,05)
Ord.Orig.	1827,500	1	1827,500	1745,542	0,000000	0,990917	1745,542	1,000000
typ	9,620	1	9,620	9,189	0,007943	0,364801	9,189	0,812024
Erreur	16,751	16	1,047					
VUE	0,948	1	0,948	17,500	0,000703	0,522383	17,500	0,975070
VUE*typ	0,380	1	0,380	7,022	0,017473	0,305011	7,022	0,701428
Erreur	0,867	16	0,054					
ENV	0,375	1	0,375	4,678	0,046042	0,226220	4,678	0,528844
ENV*typ	0,000	1	0,000	0,005	0,946696	0,000288	0,005	0,050468
Erreur	1,283	16	0,080					
VUE*ENV	0,102	1	0,102	1,718	0,208477	0,096954	1,718	0,234264
VUE*ENV*typ	0,121	1	0,121	2,034	0,173046	0,112782	2,034	0,268531
Erreur	0,952	16	0,060					

Tableau 85 : Test de d'homogénéité des variances (F2) de l'évaluation de l'acceptabilité selon le type d'objet, respectivement pour les évaluation en conditions 1ère P-dégradé ; 1ère P-Neurte ; 3ème P-dégradé, 3ème P-Neurte

F2 ACC	Test de Levene d'Homogénéité des Variances Effet : typ Degrés de liberté de tous les F : 1, 16			
	MC Effet	MC Erreur	F	p
acc_Moy_1eD	0,252122	0,084084	2,998467	0,102575
acc_Moy_1eN	0,000333	0,079348	0,004191	0,949182
acc_Moy_3eD	0,517525	0,072297	7,158357	0,016582
acc_Moy_3eN	0,109140	0,107894	1,011555	0,329500