



HAL
open science

Facteurs d'atmosphère des sites de e-commerce en trois dimensions (3D)

Bernard Gourvennec

► **To cite this version:**

Bernard Gourvennec. Facteurs d'atmosphère des sites de e-commerce en trois dimensions (3D). Psychologie. Université de Bretagne Sud, 2017. Français. NNT : 2017LORIL471 . tel-01919345

HAL Id: tel-01919345

<https://theses.hal.science/tel-01919345v1>

Submitted on 12 Nov 2018

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

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



THESE / UNIVERSITE DE BRETAGNE-SUD
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire

pour obtenir le titre de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE BRETAGNE-SUD

École doctorale : **ELICC/ SHS**
Mention Psychologie

Présentée par **Bernard GOURVENNEC**

Préparée à l'équipe d'accueil EA 1285

Laboratoire de Psychologie Cognition,
Comportement, Communication (LP3C)

Influence des facteurs d'atmosphère dans les sites marchands 3D

Thèse soutenue le 15/12/2017 à Vannes

devant le jury composé de :

Pr. Gilles COPPIN
IMT Atlantique / Rapporteur

Pr. Dominique BOURGEON-RENAULT
ESPE-Université de Dijon / Rapporteur

Dr. Aurélia MICHAUD-TRÉVINAL
Université de La Rochelle / Examinatrice

Pr. Nicolas GUÉGUEN
Université de Bretagne-Sud / Directeur

Dr. Céline JACOB
Université de Bretagne-Sud / Co-Directrice

Influence des facteurs d'atmosphère dans les univers marchands 3D.

Résumé :

À l'heure de l'internet haut débit, et à l'aube de la réalité virtuelle, les questions sur l'apport et l'efficacité des différents canaux de distribution mis à disposition du consommateur se posent avec encore plus d'acuité. Depuis l'article séminale de Kotler sur les « atmospherics » les chercheurs en marketing et en psychologie se sont attachés à mesurer les influences des différentes composantes de l'ambiance des points de vente, au départ uniquement sous forme de magasins physiques, puis, au fur et à mesure du développement d'internet, de magasins virtuels. L'explosion des performances matérielles et logicielles de ces dix dernières années a permis à ces magasins virtuels de proposer de nouvelles interfaces en offrant aux visiteurs une troisième dimension dans la visualisation de l'offre. La question de l'efficacité de ces nouveaux outils se pose pleinement, d'autant qu'internet est de plus en plus utilisé par les consommateurs dans leur processus d'achat.

La problématique de cette thèse est donc de mesurer l'influence potentielle des facteurs d'ambiance d'un magasin virtuel en trois dimensions (3D) en ligne, facteurs que nous appellerons « **3Dspérics** », sur le comportement des visiteurs.

Nos travaux sont composés de trois revues littéraires (marketing, informatique et psychophysiologie), d'une étude empirique et d'une étude expérimentale finale. Dans cette dernière, afin de pouvoir tester nos hypothèses, nous avons élaboré et réalisé un démonstrateur de magasin 3D reproduisant un magasin réel. En utilisant cette simulation nous avons observé les parcours de 44 personnes en leur assignant une tâche de magasinage de différents produits manipulables en 3D.

Notre protocole expérimental est basé sur le recueil de données issues de questionnaires auquel nous avons ajouté des mesures de données objectives (parcours) et physiologiques (principalement oculaires) obtenues durant le magasinage de nos testeurs.

Les résultats obtenus montrent que les composantes atmosphériques d'un site web marchand en 3D ont une influence directe sur l'immersion du visiteur et, de ce fait, contribuent positivement à la construction des comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreille.

Mots clés

Marketing, facteurs d'atmosphère, sites web, 3D, virtuel, comportement, immersion, IHM.

Influence of atmospheric factors in 3D merchant worlds.

Abstract :

In the era of high-speed Internet, and at the dawn of virtual reality, questions about the contribution and efficiency of the different distribution channels available to the consumer are even more acute. Since Kotler's seminal article on "atmospherics", researchers in marketing and psychology have focused on measuring the influences of the different components of the retail outlet environment, initially only in the form of physical stores, and as the development of internet, virtual stores. The explosion of hardware and software performance over the last ten years has allowed these virtual stores to offer new interfaces by offering visitors a third dimension in the visualization of the offer. The question of the effectiveness of these new tools is fully posed, especially since the Internet is increasingly used by consumers in their purchasing process.

The problem of this thesis is thus to measure the potential influence of the factors of atmosphere of an online virtual store in three dimensions (3D), factors that we will call "3Dspherics", on the behavior of the visitors.

Our work consists of three literature reviews (marketing, computer science and psychophysiology), an empirical study and a final experimental study. In the latter, in order to test our hypotheses, we have developed and realized a 3D store demonstrator reproducing a real store. Using this simulation we observed the routes of 44 people by assigning them a task of shopping of different manipulatable 3D products.

Our experimental protocol is based on the collection of data from questionnaires to which we added measures of objective data (pathways) and physiological (mainly ocular) data obtained during the shopping of our testers.

The results show that the atmospheric components of a 3D merchant web site have a direct influence on the immersion of the visitor and thus contribute positively to the construction of buying behavior, revisit intention and word of mouth.

Keywords :

Marketing, atmospherics, websites, 3D, virtual, behavior, immersion, HMI.

REMERCIEMENTS ET DÉDICACES DE A à Z

Qu'il est difficile de commencer une liste de remerciements, non pas pour le contenu mais pour définir l'ordre que l'on va choisir ! Qui plus est quand l'effort s'est prolongé et que les contributeurs se sont multipliés ! Par un triste hasard l'ordre alphabétique des prénoms met en avant la seule personne disparue... Débuter par Alain m'a donc semblé être un bel hommage que je pouvais lui rendre. Voici donc par ordre alphabétique tous les protagonistes de cette thèse.

A comme Alain Glavieux, disparu trop tôt, c'est lui qui le premier m'a incité à me lancer dans la voie du mastère recherche, c'était il y a si longtemps... Alain merci à toi d'avoir cru en moi, tu avais raison c'est passionnant... et j'y suis arrivé !

B comme Baptiste Leroy, ergonomiste de la plateforme LOUSTIC, a répondu infatigablement à mes sollicitations techniques et scientifiques ces deux dernières années. Sans lui la collecte de mes données n'aurait pas été possible de si fine manière, sans lui je n'aurais pas pu progresser autant dans l'exploitation de ces données.

C comme Céline Jacob, co-directrice de ma thèse, un grand MERCI à elle pour sa patience, ses relectures, ses conseils et surtout ses encouragements dans les moments, et ils ont été nombreux, ou j'ai eu envie d'arrêter...

D comme dilatation pupillaire, consulter la lettre suivante ...

E comme Eyes tracker. Bigre que fait cet engin ici ? Et bien c'est l'outil qui m'aura permis de proposer un petit « plus » à cette thèse. Pas simple à mettre en œuvre, mais surtout compliqué dans l'exploitation des résultats. Je ne le remercie pas pour les mauvaises nuits qu'il m'a offertes mais je le remercie pour cette valeur ajoutée et l'expertise supplémentaire qu'il m'aura permis d'acquérir.

F comme François Deltour : il y a (trop) longtemps François m'avait proposé son aide et notamment de relire mes premiers écrits. Depuis nos chemins ont quelque peu divergé mais j'ai gardé souvenir de cette amicale proposition. J'avais trouvé ça très sympathique je souhaitais l'en remercier ici.

G comme Gilles Coppin, Professeur, chercheur, musicien, gourou, infatigable.... Il a cru en une thèse pluridisciplinaire et a accepté de me faire l'honneur de l'évaluer.

H comme Heures de travail, ce n'est pas un remerciement mais un constat, faire une thèse en parallèle d'une activité professionnelle n'est pas, même avec l'aide de son employeur, une bonne solution pour avoir du temps pour ses loisirs...

H comme Haralambous, Professeur à TELECOM Bretagne que je remercie pour son aide dans la mise en œuvre d'IRaMuTeQ.

I comme Inavouable : spéciale dédicace à la mauvaise langue qui a dit que je n'irai pas au bout de ma thèse...

J comme Jean Marc Diverrez, je pourrais presque l'appeler « Monsieur LOUSTIC », car c'est en effet celui qui a mis au point et optimisé tous ces matériels de recueil de mesures de la plateforme. Toujours prêt à répondre à mes questions à m'aider dans l'utilisation d'un matériel ou d'un soft. Sans lui la dimension « mesures » de cette thèse serait minimaliste.

K comme Kerezoun, havre de paix où j'ai pu apprendre les bases de l'apiculture comme moyen de se détresser en cours de thèse, merci à toi **Michel Resibois** pour tes précieux enseignements, ton calme olympien et ton humour Absteinien.

K comme Kite surf, sport de thésard par excellence, garantit un dépaysement total... et une bonne nuit de sommeil à la clé. **Thierry, Yann, Olivier, Ludo** attention je reviens bientôt sur les spots, j'ai du retard à rattraper...

L comme L'Hareng. Jeune retraité de la DCNS cet ex garde-chiourme chez Bistade Inc s'est rendu célèbre par la fameuse formule : « Bernard et ta thèse ? » qu'il a dû prononcer 3522 fois durant ces six dernières années ! Merci à lui pour sa constance...

M comme Maryse, épouse de Mr L'Hareng, merci à toi Maryse pour avoir su diviser par deux la densité des harcèlements de mon ami ces deux dernières années, sans doute en avais tu marre. Merci surtout pour les moments chaleureux passés en votre compagnie à tous deux, à terre ou sur l'eau.

M comme Mathieu Drula et Mathieu Simonnet : je remercie le premier pour son aide dans la construction de ma simulation 3D et le second pour ses « boîtes à moustaches » et les discussions statistiques. Je sais maintenant que Kruskal Wallis n'est pas une île française du Pacifique...

N comme Nicolas Guéguen. Le Professeur Guéguen, directeur de cette thèse est l'inventeur du concept de la « tête d'épingle ». Concept choc qui m'a fait comprendre à l'issue de nos premiers points d'avancement qu'une thèse n'était pas une encyclopédie mais un focus sur une seule thématique !

O comme Œnologie. Sport plus dangereux que le kite-surf si il est pratiqué de façon extrême, toutefois très efficace à petites doses, merci à **Hervé Nourry** pour ses cours si passionnants qui, l'espace d'une soirée, et en se concentrant sur son verre, font oublier bien des choses !

P comme Patrick Meyer, ou « le meilleur », mon (ex) copropriétaire d'un splendide voilier, accessoirement brillant chercheur sérieux. Grâce à lui j'ai pu penser « bateau » et naviguer de temps à autre et bien sûr déguster quelques bonnes bières luxembourgeoises. Ceci n'est d'ailleurs pas terminé...

P pour Philippe. Les Philippe devrais-je dire. Il y a le beau barbu, **Philippe Tanguy**, mon compagnon de cellule, qui durant toutes ces années a pu constater de visu combien il était difficile de se lancer dans une thèse un âge avancé comme le nôtre. Merci à toi pour ta lucidité et ton aide aux différents (nombreux) moments où l'envie de tout abandonner s'est présentée.

Philippe Lenca est quant à lui l'auteur d'une autre maxime « c'est pas tout mais Bernard tu as une thèse à finir... ». Grâce à lui j'ai pu dégager suffisamment de temps de travail durant ces 12 derniers mois pour terminer mon manuscrit. J'avais parié qu'il arrêterait de fumer avant la fin de ma thèse... j'ai perdu !

R comme « R » et surtout comme **Romain Billot**, le Roi, l'as des as sur ce logiciel ! Romain est celui qui m'a apporté le coup de main (et pas de grâce...) salutaire en fin de thèse pour compiler mes données et surtout proposer des traitements statistiques pertinents pour mes hypothèses, sans lui ce travail ne serait sans doute pas terminé ! L'ambition est désormais de publier un article ensemble.

S ce sont Six « petits » enfants : pour vous point de remerciements mais une promesse : « ça y est papa/beau-papa a fini sa thèse, on va pouvoir faire du bateau tous les week-ends ensemble » !

T pour Thierry Duval pour sa relecture et ses annotations sur la partie informatique de ma thèse, les magasins 3D sont sûrement dans le futur de la RV, nous nous reverrons donc...

Y c'est Yvon Kermarrec qui, à TELECOM Bretagne, a vécu le début de mes travaux en tant que Chef de Département. Lui aussi m'a incité à m'engager dans cette thèse. Si j'avais su, en détails, ce qui m'attendait je ne l'aurais peut-être pas écouté non plus... Mais merci à lui pour son aide.

Z comme Zhe END : le meilleur moment dans la rédaction d'une thèse... est celui où l'on arrive, enfin, à sa fin !!

Et hors de l'alphabet, hors du temps, hors de l'espace... mais dans ma galaxie et bien au chaud dans mon cœur : Claudine mon amour à qui je dédicace ce travail. Merci pour ta constance, ta confiance et ta patience tout au long de ces dernières années.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GÉNÉRALE	15
PARTIE 1 : ASPECTS THÉORIQUES DES FACTEURS D’AMBIANCE RÉELS ET VIRTUELS.....	23
Chapitre 1 ÉTAT DE L’ART INFORMATIQUE	24
1 Perspective historique : les origines de la réalité virtuelle et de la 3D, du « cyberspace » aux sites web 3D d’aujourd’hui.....	25
1.1 Introduction	25
1.2 Les grandes familles de métaverses.....	27
1.3 Le concept d’avatar	29
1.4 L’expérience de « Habitat » et ses conclusions.....	31
1.5 Principaux faits marquants depuis 1990.....	32
1.6 Bilan de cet historique	39
2 Etat de l’art des technologies informatiques.....	40
2.1 Le contexte	40
2.2 Les perspectives et les technologies d’avenir	43
2.3 Les Interfaces Homme Machines (IHM).....	48
2.4 Conclusions	49
Chapitre 2 ÉTAT DE L’ART « MARKETING »	51
1 Perspective historique : émergence et développement du commerce en ligne	52
1.1 Le Minitel, un ancêtre novateur.....	52
1.2 L’émergence et le développement d’Internet	54
2 Les principaux enjeux économiques du commerce en ligne actuellement.....	56
2.1 L’offre	56
2.2 La demande.....	57
2.3 Conclusions	60
3 Les facteurs d’atmosphère dans les magasins	61
3.1 Les facteurs d’atmosphère dans les magasins réels	62
3.2 Les facteurs d’atmosphère en e-marketing « traditionnel » 2D.....	84
3.3 Les facteurs d’ambiance en e-marketing 3D.....	97
3.4 Conclusions du chapitre 2	111

Chapitre 3	ÉTAT DE L'ART DES MESURES PSYCHOPHYSIOLOGIQUES	112
1	Introduction	112
2	Les outils de mesure d'impact mobilisés et leurs caractéristiques	113
2.1	Différents types de variables.....	114
2.2	Le système nerveux.....	115
2.3	Mesures oculaires	119
2.4	L'activité électrodermale	123
3	Conclusions du chapitre 3.....	125
Chapitre 4	Du monde réel au monde virtuel : quels facteurs d'atmosphère pour la 3D ?.....	127
1	Du monde réel au monde virtuel : des « atmospherics » aux « 3Dspherics »	128
2	Quels sont nos choix de facteurs d'atmosphère pour la 3D ?.....	129
PARTIE 2 : ÉTUDES EXPLORATOIRES		133
Chapitre 5	ANALYSE DE SITES D'E-COMMERCE PROPOSANT DE LA 3D	134
1	Introduction	134
2	Galleries d'objet 3D	135
2.1	Potoroze Mode.....	137
2.2	Configurateurs 3D	141
2.3	Espaces de vente interactifs.....	144
2.4	Espaces communautaires.....	150
3	Conclusions de l'analyse initiale de sites existants.....	155
Chapitre 6	FOCUS GROUP EXPLORATOIRE	156
1	Introduction	156
2	Présentation des sites web marchands 3D utilisés pour le focus group	157
3	Méthodologie du focus group	162
3.1	Recrutement.....	163
3.2	Méthodologie et déroulement du focus group	163
3.3	Résultats du focus group exploratoire	164
3.4	Les déceptions vis-à-vis du e-commerce.....	165
3.5	Les usages du e-commerce	166
3.6	Flâner sur Internet.....	166
3.7	Le e-commerce en 3D	167
4	Conclusions du focus group exploratoire	178

Chapitre 7	ETUDE EXPLORATOIRE QUALITATIVE : MISE EN SITUATION D'UN PANEL DE CONSOMMATEURS SUR DES SITES 3D MARCHANDS EXISTANTS	180
1	Identification des critères d'un site commercial en 3D à analyser	180
1.1	Choix des supports retenus	181
1.2	Présentation simplifiée des univers choisis	183
2	Périmètre de l'expérimentation	186
2.1	Éléments d'évaluation	186
2.2	Résultats attendus	187
2.3	Limites de l'expérience	189
2.4	Critères ergonomiques à évaluer	190
2.5	Déroulement global du test	191
2.6	Outils	191
2.7	Préparation du test	192
2.8	Navigation dans les différents univers	193
2.9	Questionnaire	198
2.10	Entretien	198
3	Bilan méthodologique	199
3.1	FaceReader	199
3.2	Eye Tracker	200
3.3	Questionnaire	201
3.4	Entretiens	201
4	Résultats	202
4.1	Hypothèse n°1 : la superficie perçue de l'univers influence la perception de l'utilisateur	202
4.2	Hypothèse n°2 : la luminosité influence la perception de l'utilisateur	206
4.3	Hypothèse n°3 : le réalisme de l'univers influence la perception de l'utilisateur	208
4.4	Hypothèse n°4 : la présence de balisage dans l'univers influence la perception de l'utilisateur	210
4.5	Hypothèse n°5 : la présence d'un plan dans l'univers influence la perception de l'utilisateur	213
4.6	Hypothèse n°6 : les degrés de liberté dans le déplacement influencent la perception de l'utilisateur	216
4.7	Hypothèse n°7 : la possibilité de voler influence la perception de l'utilisateur	220
5	Statistiques sur les mots-clefs	222

6	Les limites de notre étude exploratoire de mise en situation.....	223
6.1	Commentaires et limites sur la méthodologie utilisée	223
6.2	Contraintes et limites sur les outils utilisés.....	224
7	Conclusions apportées par l'ensemble de l'étude exploratoire qualitative.....	226
Chapitre 8	ENQUÊTE EXPLORATOIRE QUANTITATIVE	229
1	Introduction	229
2	Objectifs : Présentation des hypothèses à tester	230
3	Présentation de l'échantillon obtenu	230
4	Un échantillon technophile	233
5	Appétence à la navigation dans un univers 3D.....	233
6	La facilité de navigation ressentie dans un univers 3D dépend-t-elle de l'âge ou du genre ?.....	235
7	La 3D sur les sites marchands peut-elle inciter à choisir d'acheter en ligne ?	237
8	Les avantages et les inconvénients des sites 3D perçus par les sondés.....	238
9	Conclusions de notre étude quantitative	239
Chapitre 9	CONCLUSIONS GLOBALES SUR L'ENSEMBLE DE NOS ETUDES EXPLORATOIRES	241
1	Introduction	241
2	Conclusions : hypothèses et modèle définitif.....	242
 PARTIE 3 : MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES FACTEURS D'AMBIANCE DANS UN MAGASIN 3D.....		
Chapitre 10	CAHIER DES CHARGES DE NOTRE MAGASIN 3D	248
Chapitre 11	CHOIX TECHNOLOGIQUES ET CONCEPTION DU MAGASIN 3D	250
Chapitre 12	PROTOCOLE DE TEST ET MESURES	253
1	Acquisition, mesure et traitement des données	253
1.1	Principes et fonctionnement de la méthode d'acquisition vidéo-oculographique	253
1.2	Protocole de mise en œuvre	254
1.3	Mesures.....	255
1.4	Traitement.....	256
2	Plan d'expérience	256
2.1	Configurations des facteurs d'ambiance (variables à tester).....	256
2.2	Hauteur de facing :.....	257
2.3	Plan d'expérience	257
2.4	Conditions d'expérimentation	258

2.5	Scénario général.....	259
2.6	Scénario détaillé.....	259
3	Recueil des informations.....	263
3.1	Le questionnaire.....	263
3.2	Les mesures physiologiques.....	271
3.3	Entretien final.....	271
PARTIE 4 : RÉSULTATS DE LA RECHERCHE		273
Chapitre 13 RESULTATS DES MESURES SUBJECTIVES.....		274
1	Description et analyse de l'échantillon de nos testeurs.....	274
1.1	Le genre.....	274
1.2	L'âge.....	275
1.3	PCS (Professions et Catégories Sociales).....	275
1.4	Niveau de vie.....	276
1.5	Jeux et supports numériques utilisés.....	276
1.6	Potentiel immersif.....	278
1.7	Utilisation quotidienne d'internet.....	278
1.8	Achats sur internet.....	279
1.9	Conclusions sur notre échantillon.....	280
2	Analyse des résultats des questionnaires administrés post-expérience.....	280
2.1	Test des échelles de mesures.....	283
3	Résultats détaillés par hypothèse.....	286
3.1	Première hypothèse et sous-hypothèses en découlant.....	286
3.2	Seconde hypothèse et sous hypothèses en découlant.....	293
3.3	Troisième hypothèse et sous hypothèses en découlant.....	296
3.4	Quatrième hypothèse et sous-hypothèses en découlant.....	297
3.5	Cinquième hypothèse et sous-hypothèses en découlant.....	298
3.6	Sixième hypothèse et sous-hypothèses en découlant.....	299
3.7	Conclusions sur l'ensemble des hypothèses.....	301
3.8	Autres éléments.....	301
3.8.1	La couleur de la signalétique a-t-elle été perçue.....	301
4	Résultats des entretiens de débriefing.....	303
4.1	Analyse qualitative des contenus.....	303
4.2	Analyse quantitative des contenus.....	308

5	Conclusions du chapitre 13.....	314
Chapitre 14 RESULTATS DES MESURES OBJECTIVES ET PSYCHOPHYSIOLOGIQUES..... 315		
1	Introduction.....	315
2	Méthodologie.....	316
2.1	Nos mesures de conductivité électrodermale et leur utilisabilité.....	317
2.2	L'analyse quantitative des parcours.....	318
3	Résultats.....	321
3.1	Facing hauteur : Influence de la position du produit sur le choix des testeurs.....	322
3.2	Influence de l'éclairage d'une colonne de produit sur le choix objectif des testeurs ..	324
3.3	Influence de la signalétique et de sa couleur.....	325
4	L'analyse quantitative des réactions pupillaires.....	326
4.1	Méthodologie d'analyse des données.....	327
4.2	Résultats globaux.....	330
4.3	Influence mesurée des facteurs d'atmosphère.....	332
4.4	Conclusions.....	335
Chapitre 15 CONSOLIDATION ET COMPARAISON DES RÉSULTATS 337		
1	Les résultats en lien direct avec notre modèle.....	339
1.1	L'influence des composantes expérientielles perçues sur l'immersion (H1).....	339
1.2	L'influence des caractéristiques des individus sur l'immersion (H2).....	341
1.3	L'influence de l'immersion sur les valeurs perçues (H3).....	341
1.4	L'influence de l'immersion sur les comportements (H4).....	343
1.5	L'influence des composantes expérientielles perçues sur les valeurs perçues (H5)	344
1.6	L'influence des composantes expérientielles perçues sur les comportements (H6)....	345
2	Synthèse des résultats globaux pour notre modèle.....	346
3	Elargissement des résultats de nos expérimentations à d'autres 3Dsphériques.....	350
3.1	Les autres variables d'ambiance.....	350
3.2	Les facteurs de design.....	353
3.3	Les facteurs sociaux : les variables humaines virtuelles.....	357
4	Conclusions sur l'agrégation des résultats provenant des différents outils de mesure.....	358
Chapitre 16 LES FACTEURS D'AMBIANCE POUR LES MAGASINS 3D EN LIGNE : UNE ÉTUDE EXPÉRIMENTALE 359		
1	Discussion des résultats.....	360
2	Limites du travail de recherche.....	366

2.1	Les limites technologiques	366
2.2	Les limites méthodologiques.....	368
3	Conclusion générale	370
3.1	Principaux résultats de recherche.....	370
3.2	Contributions de notre étude	370
3.3	Voies de recherche.....	374
3.4	Vers la réalité virtuelle ?.....	374
BIBLIOGRAPHIE		376
WEBOGRAPHIE		400

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Depuis une dizaine d'années, nous assistons à une évolution spectaculaire en matière de commerce. En effet, si pendant des siècles la majorité des transactions commerciales ont été effectuées par des individus en face à face, près de 8% de l'ensemble des ventes de produits et services au détail sont aujourd'hui réalisées à distance en France (Source FEVAD, Chiffres clés, juin 2017), ce qui représente 72 milliards d'euros. Ce montant est, depuis 1995, en constante augmentation en France et dans le monde entier.

Dès le 18^e siècle, les catalogues des imprimeurs européens permettaient d'acheter des livres à distance ; au cours du 19^e siècle, certains magasins, dits « de nouveautés », s'ouvrirent à ce mode de distribution. Le catalogue du magasin « Le Printemps », édité en 1870 possède déjà 144 pages et est traduit en 12 langues¹, plus tard le long succès de Manufrance (1885-1985) permettra à de nombreuses entreprises de continuer à toucher des clients hors des grandes villes. Mais l'interaction entre le client et le fournisseur est faible limitant donc l'attractivité et, par conséquent, le taux de pénétration de ce mode de distribution. L'apparition du minitel en France (son homologue aux USA étant le système NAPLPS) au tout début des années 1980, puis la création du réseau internet et son implantation progressive chez les particuliers et dans les entreprises a ouvert de nouvelles voies dans les modalités d'échange. La fin de l'année 2015 aura même vu la naissance des premières offres grand public en matière de réalité virtuelle, ouvrant ainsi la voie à une multitude de futures possibilités en matière d'interface entre une entreprise et un individu.

Le siècle dernier a vu naître et se développer des recherches en marketing et en psychologie visant à mieux comprendre et expliquer le comportement des consommateurs face à des vendeurs dans des espaces de vente réels. Initiateur de ces recherches, P. Kotler proposa dès 1973² des grilles de lectures sur l'influence des variables atmosphériques des points de vente sur le comportement des consommateurs. C'est dans la lignée de ces travaux que le merchandising est né et s'est développé, devenant à la fois, un sujet d'étude pour les chercheurs, et un élément incontournable à maîtriser pour les managers des entreprises de distribution.

¹ Fondanèche D. (2012), *La littérature d'imagination scientifique*, Ed Rodopi P 263

² Kotler P. (1973), Atmospheric as Marketing Tool, *Journal of Retailing*, 49, 4, 48-64.

La démocratisation d'internet, dans les années 1990, a créé un nouveau paradigme. En effet, le e-commerce modifie la donne en proposant un canal de distribution supplémentaire possédant ses propres règles. En ce début du XXI^e siècle, les technologies de l'information et de la communication, encore plus performantes, permettent de renouveler une seconde fois cette médiation entre acheteur et vendeur. La possibilité technique de pouvoir proposer aux internautes une interface virtuelle en trois dimensions offre un potentiel pour de nouvelles interactions³. Par voie de conséquence, le questionnement sur l'efficacité et les résultats de certains paramètres d'ergonomie, d'interaction et de choix se trouve à nouveau posé, ouvrant ainsi de nouvelles voies de recherche que nous avons pu explorer.

Nos travaux partent donc du constat que les sites marchands sur Internet se démocratisent. En France, selon l'Observatoire des Usages Internet de Médiamétrie⁴, 36,6 millions d'internautes ont acheté en ligne au premier trimestre 2017 soit une progression de 100 000 personnes sur un an. Plus de huit internautes sur 10 concrétisent un achat en ligne. Avec 72 milliards d'euros de chiffre d'affaires sur un an (à comparer à 12 Mrd en 2006 et 45 Mrd en 2012⁵), la valeur est en hausse de plus de 14,5% par rapport à la même date il y a un an. Les sites marchands sont également de plus en plus nombreux, de 951 sites marchands recensés fin juin 1999, ils étaient 48 650 fin 2008⁶ et 204 000 à fin 2016⁷.

Face à une concurrence de plus en plus importante, et un public de plus en plus nombreux et averti, les sites marchands doivent se différencier. Pour cela, les progrès technologiques permettent aujourd'hui à certains sites d'augmenter « l'expérience utilisateur ». Naviguer dans un monde virtuel en 3 dimensions (3D), découvrir et manipuler des objets virtuels avant de faire son choix, tout ceci est désormais techniquement possible. Les premières études publiées font état d'un accroissement des connaissances du consommateur vis-à-vis du produit et d'une attitude positive générée par la

³ Voir par exemple la simulation de magasins en réalité virtuelle : <https://www.youtube.com/watch?v=Wz-PahxnY88>

⁴ Source : Médiamétrie.fr consulté le 20.09.2017

⁵ Source : Ecommerce Europe 23.05.2013, consulté le 20.12.2013

⁶ Source : Fevad, bilan e-commerce 2008 - Panel ICE-PSP/Fevad, consulté le 20.12.2013

⁷ Source : Fevad, bilan e-commerce 1er trimestre 2017, consulté le 20.09.2017

manipulation en 3D de produits virtuels (Daugherty⁸, Suh et Lee 2005⁹). Le concept d'**Environnement Collaboratif Virtuel** (ECV), issu essentiellement d'applications ludiques, s'ouvre progressivement aux activités marchandes, avec l'emblématique plateforme Second-Life comme un des « premiers entrants ». Toutefois, comme toute innovation poussée par la technologie, la question de la pertinence de tout ou partie de ces possibilités est posée et notamment celle de l'influence de ces technologies sur le comportement des consommateurs.

Notre recherche, contemporaine de ce moment charnière, utilisera donc les concepts et les outils du marketing que l'on pourrait qualifier de « classiques » afin de comprendre lesquels sont pertinents ou non dans des nouveaux, et futurs, magasins en ligne. La caractéristique distinctive des magasins que nous avons étudiés est qu'ils utilisent un concept technologique relativement novateur permettant de reproduire sur un écran d'ordinateur **un univers virtuel en trois dimensions (3D)**. Nous mobiliserons donc également les concepts, relativement récents, du e-marketing puisque de nombreux travaux se sont intéressés aux facteurs d'ambiance dans les sites web et nous interrogerons sur leur utilisabilité dans le cas d'un site 3D.

En résumé, notre travail doctoral s'est donc focalisé sur l'étude du comportement des acheteurs face à un nouveau type de magasin 3D et plus précisément l'influence que peuvent avoir certaines des caractéristiques de l'ambiance de ce magasin sur ce comportement. Plus spécifiquement, nous tâcherons de répondre à la problématique suivante : quels sont les facteurs de l'atmosphère des univers 3D marchands susceptibles d'influencer le comportement des consommateurs ?

Intérêts de cette recherche doctorale

L'innovation numérique permet aujourd'hui de proposer un niveau d'interaction et de personnalisation potentiellement identique à la vente en magasin. Notre recherche doctorale a donc trois intérêts.

⁸ Daugherty T., Li H., et Biocca F. (2005). Experiential ecommerce: A summary of research investigating the impact of virtual experience on consumer learning, *Online Consumer Psychology: Understanding and Influencing Consumer Behavior in the Virtual World* (pp. 428-459). Lawrence Erlbaum Associates.

⁹ Suh K. et Lee K. (2005), The Effects of Virtual Reality on Consumer Learning: An Empirical Investigation, *MIS Quarterly*, 29.4 , 673–97.

Le premier intérêt de cette thèse est théorique. En effet, de par la jeunesse relative des technologies utilisées très peu de travaux se sont intéressés aux univers marchands en 3D et *a fortiori* encore moins aux facteurs d'atmosphère spécifiques à ces univers. Modéliser certains de ces facteurs et analyser leur influence respective sera donc un de nos objectifs.

Le second intérêt de nos travaux est méthodologique. En effet pour pouvoir analyser l'influence des différents facteurs d'ambiance que nous pensions être pertinents, nous avons été amenés à concevoir puis à développer un outil spécifique et original, nous permettant de réaliser des mesures optimales de ces facteurs. Nos travaux personnels seront donc détaillés et explicités, du cahier des charges jusqu'à la réalisation de notre prototype de magasin 3D.

Le troisième intérêt est managérial. Effectivement à l'aube du lancement à grande échelle de la réalité virtuelle (technologie que nous détaillerons ultérieurement) permettant une plus grande immersion dans des univers virtuels, les possibilités de choix techniques, ergonomiques, et, plus globalement marketing, sont très variés. Les implications managériales de notre étude seraient donc de pouvoir, dès à présent, guider un décideur sur l'opportunité d'investir dans un site web marchand en 3 dimensions voire même à le conseiller dans l'ergonomie du site qu'il doit proposer.

Il est à noter que, dans nos travaux, nous ne nous intéresserons qu'aux sites en 3D que nous qualifierons de « 3D passive ». Utilisables sur un ordinateur individuel (PC) ordinaire avec un accès internet, ces sites ne demandent aucun matériel complémentaire (type lunettes spécifiques ou casque de réalité virtuelle) pour simuler les sens de l'internaute.

Structure du document doctoral

Nos travaux se décomposent en quatre parties :

La première partie, dont l'objectif est de dresser un cadre théorique sur les facteurs d'ambiance à la fois en réel et en virtuel, comporte un état de l'art à quatre niveaux :

- Un premier niveau que l'on pourrait qualifier de technologique présente les possibilités offertes aujourd'hui par l'informatique dans le domaine des technologies 3D et leurs perspectives.
- Un second niveau plus marketing propose un état de l'art sur les connaissances en matière de magasinage traditionnel et de e-marketing.
- Un troisième niveau se focalise sur les mesures physiologiques utilisées dans nos expériences terrain pour valider nos hypothèses. Pour notre étude terrain, nous avons en effet utilisé du

matériel permettant de mesurer dilatation pupillaire et conductivité électrodermale avec comme ambition d'obtenir des mesures objectives sur l'état physiologique de nos testeurs. Nous avons donc effectué un état de l'art qui nous a permis de valider l'utilisation de ce matériel. Toutefois n'étant pas lié directement au sujet ce document est présenté en annexe.

- Enfin un quatrième niveau qui synthétise les trois précédents et qui propose un bilan des possibles et ses conséquences sur notre recherche.

La seconde partie du document présente nos **études exploratoires**, réalisées courant 2012-13. Elle se décompose elle-même en quatre sous-parties :

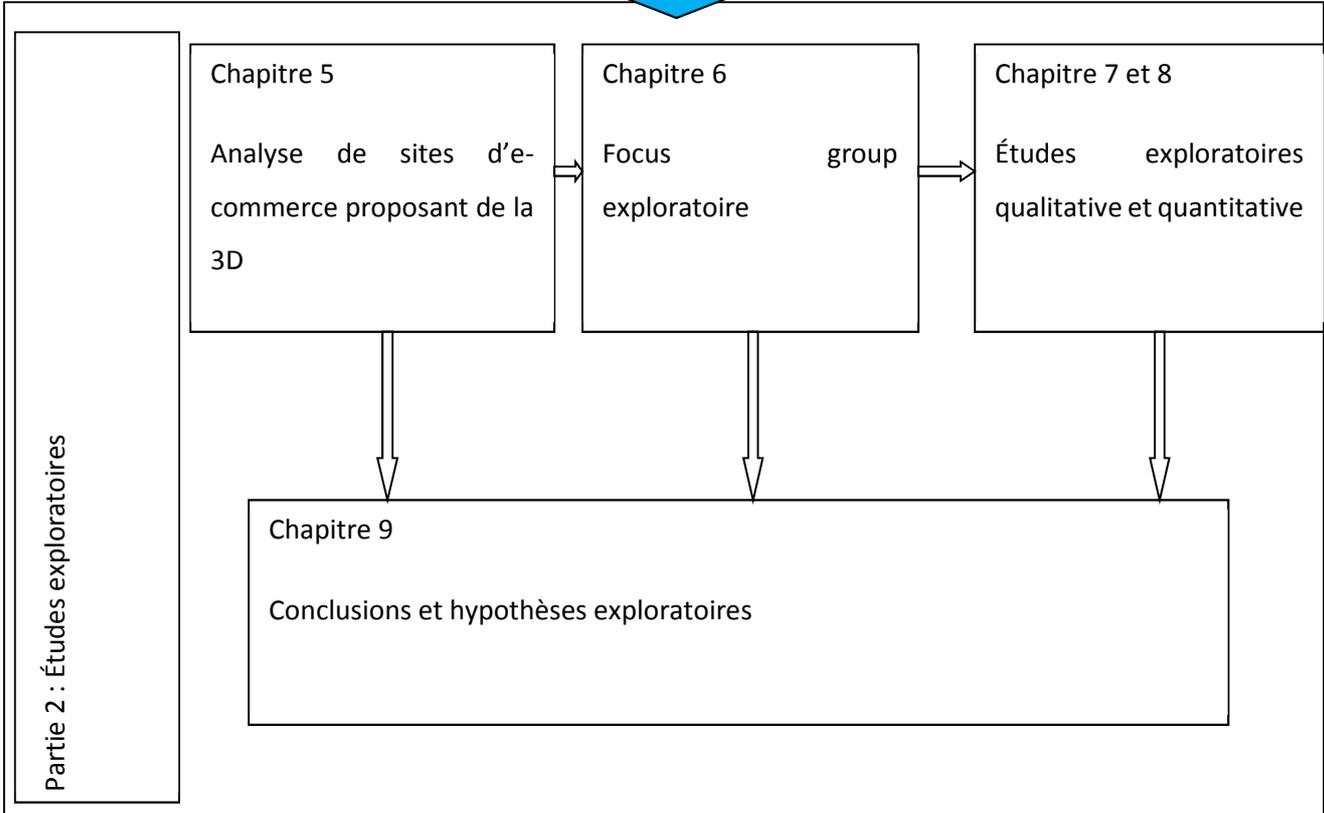
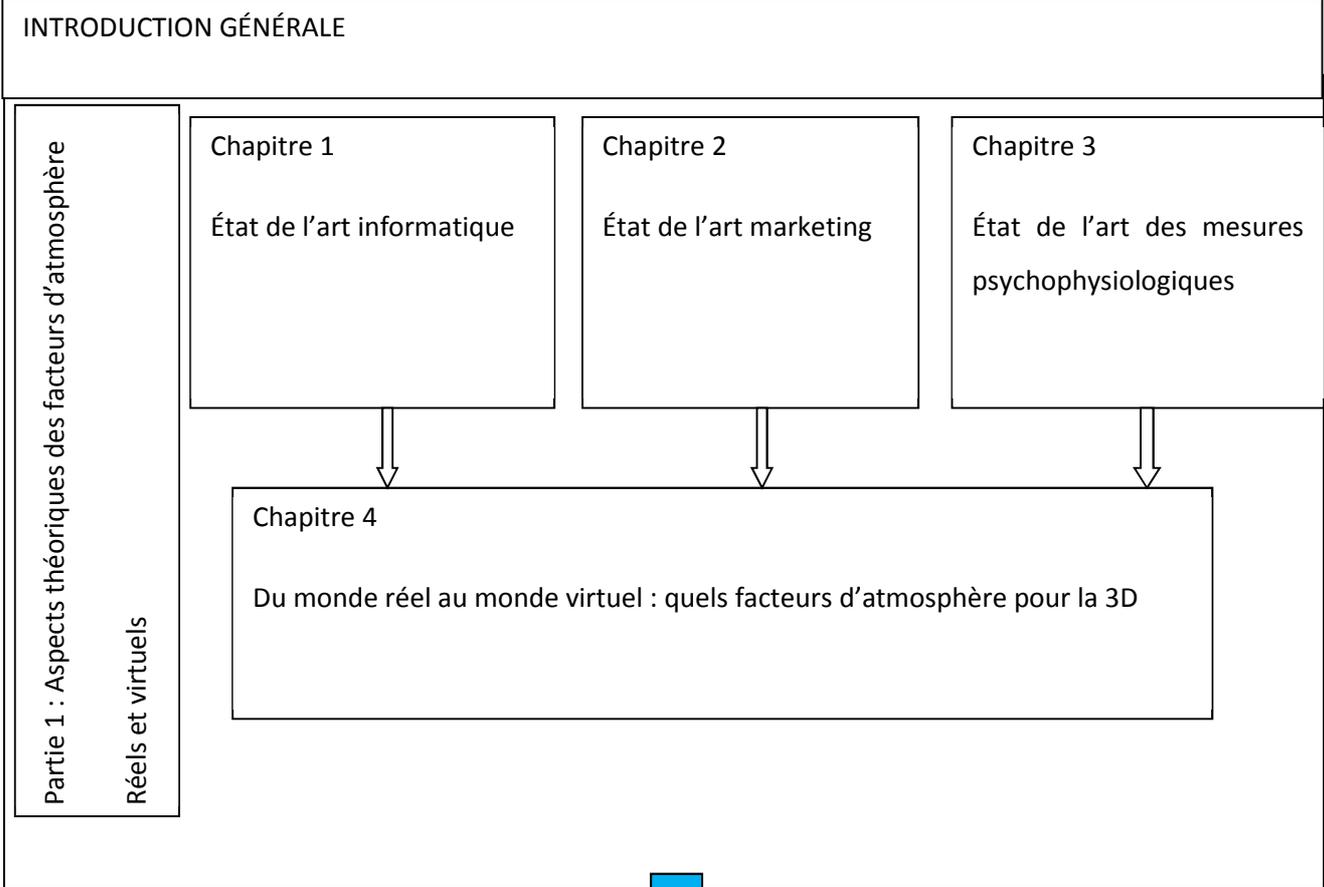
- Une analyse de l'existant. Cette étape de nos travaux nous a permis de recenser les principales fonctionnalités proposées sur le web en termes de navigation 3D au sein de sites marchands. Grâce à ce travail, nous avons pu également préparer l'étape suivante en sélectionnant quelques sites remarquables utilisables pour une mise en situation effective.
- Un focus group exploratoire organisé en utilisant quelques sites remarquables.
- Une mise en situation au sein d'un monde virtuel existant (Second Life) : elle a eu pour objectif principal de déterminer les facteurs influençant les consommateurs dans un site web 3D. Pour cela, nous avons tenté de répondre aux questions suivantes :
 - Qu'est-ce que la 3D apporte en plus aux consommateurs par rapport à la 2D ?
 - Est-ce que certains produits sont plus adaptés aux technologies 3D que d'autres ? Si oui, lesquels ?
 - Les consommateurs cherchent-ils, via les sites web 3D, une complémentarité ou une alternative aux magasins réels ?
- Dans une dernière étude, et en complément de nos trois outils précédents, nous avons tenté d'approfondir certains éléments via une enquête en ligne.

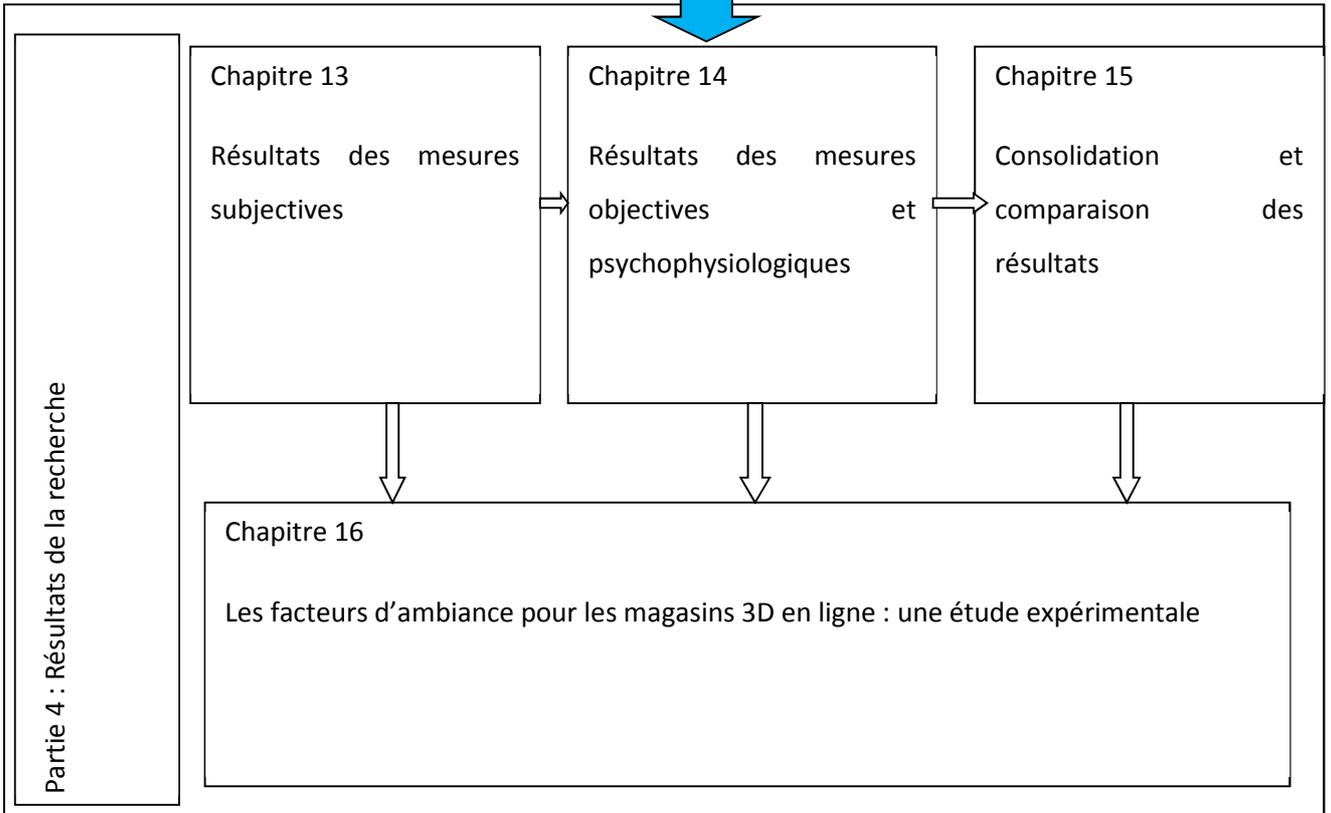
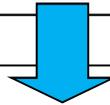
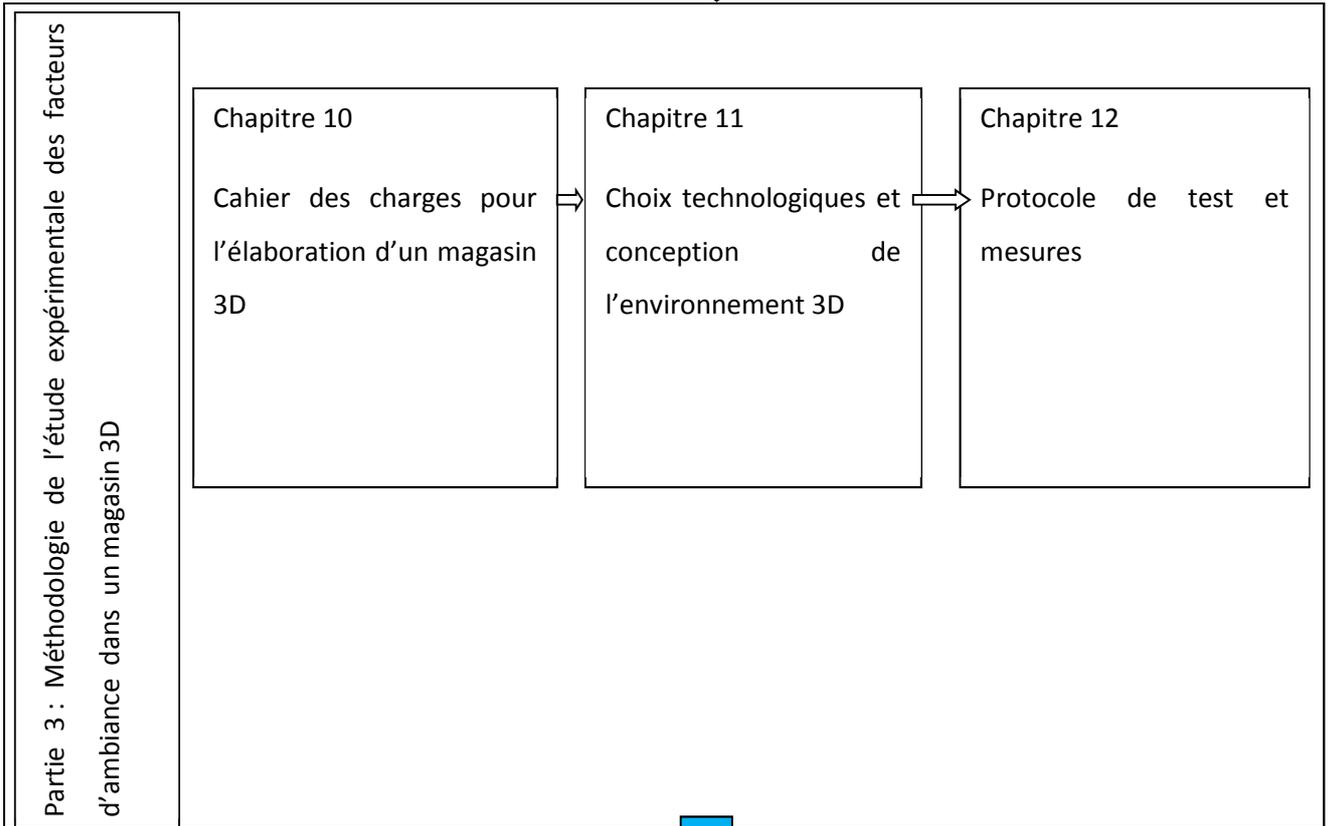
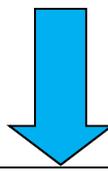
Les résultats de l'ensemble de nos études exploratoires, confrontés à ceux des différents états de l'art (informatique et marketing), nous ont permis d'orienter notre réflexion et de proposer un modèle permettant d'expliquer l'influence de certains facteurs de **l'atmosphère des sites 3D marchands sur l'immersion et le comportement des consommateurs utilisant ce type de site.**

La troisième partie de nos travaux consiste donc en **l’approfondissement de certains résultats de notre étude exploratoire via l’expérimentation**. En effet certains facteurs d’atmosphère ont été mis en avant par cette étude liminaire comme pouvant impacter le sentiment d’immersion des visiteurs. Nous avons donc **entièrement élaboré une étude spécifique** permettant de tester l’influence de trois facteurs : luminosité, facing et signalétique dans ce sentiment d’immersion au sein un magasin virtuel en trois dimensions. Pour cela nous avons élaboré un cahier des charges afin de concevoir et **réaliser un magasin 3D** de ce type. Ce magasin virtuel a ensuite été développé sur une période de six mois puis présenté à un échantillon de 42 testeurs auprès desquels nous avons pu tester nos hypothèses.

Enfin la quatrième et dernière partie de nos travaux est consacrée à l’analyse, l’interprétation et la discussion des résultats de notre étude « terrain » croisée avec les résultats des études exploratoires. Les conclusions présenteront les apports de notre recherche, ses limites et ses voies éventuelles de prolongation. Le tableau ci-après synthétise notre cheminement méthodologique.

Le schéma ci-après synthétise ce plan.



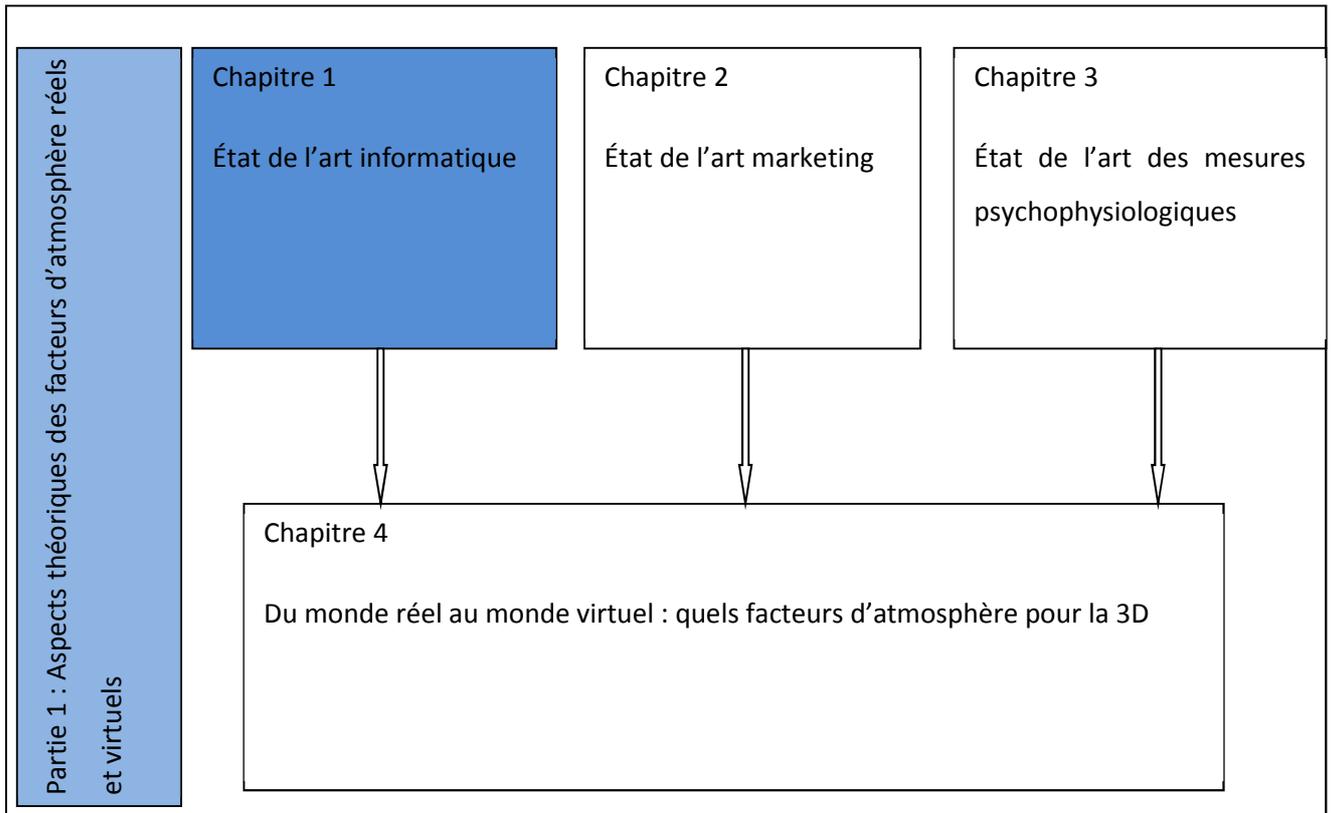


PARTIE 1 : ASPECTS THÉORIQUES DES FACTEURS D'AMBIANCE RÉELS ET VIRTUELS

Selon Churchill et Snowdon¹⁰ les Environnements Virtuels Collaboratifs (EVC) se situent au confluent de plusieurs disciplines : la psychologie cognitive, l'ergonomie, les Interfaces Homme-Machine, l'ergonomie, la sociologie la réalité virtuelle et le design. Notre travail doctoral a donc nécessité la mobilisation de champs disciplinaires différents, mais complémentaires, sur le sujet choisi. Pour notre état de l'art, nous avons choisi de nous focaliser sur trois des domaines essentiels à la compréhension de notre sujet : informatique, marketing et psychologique. Nous allons présenter, ci-après, les principaux concepts qui, dans chacune de ces disciplines, ont été mobilisés.

¹⁰ Churchill E. F. et Snowdon D. (1998), *Collaboratif Virtual Environment*, SIGGROUP Bulletin vol 19 N° 2.

Chapitre 1 ÉTAT DE L'ART INFORMATIQUE



Ce chapitre a pour objectif de contextualiser notre recherche au sein d'un environnement technologique en perpétuel mouvement. En effet, l'avènement du virtuel, et de toutes ses déclinaisons (jeux, commerce, services...) est intimement lié aux progrès technologiques foudroyants des quarante dernières années. Dans une première partie, nous présenterons donc, à travers une perspective historique, la naissance et le développement du virtuel et de ses applications. Puis dans une seconde partie nous expliquerons comment les technologies actuelles, et notamment la 3D, permettent de proposer une expérience virtuelle convaincante à de plus en plus d'internautes depuis leur domicile. Enfin nous concluons par quelques éléments de perspectives sur les technologies et les applications.

1 Perspective historique : les origines de la réalité virtuelle et de la 3D, du « cyberspace » aux sites web 3D d'aujourd'hui.

1.1 Introduction

On peut considérer que la notion de virtualité informatique a tout d'abord été conceptualisée dans la littérature de science-fiction. En effet, dans le courant des années 1980 des romans précurseurs anticipent des usages futurs à partir des premières potentialités des ordinateurs. Le terme de « Cyberspace » a été créé par le romancier de science-fiction William Gibson, dans son livre « Neuromancien¹¹ », écrit en 1984 : « Cyberspace : hallucination consensuelle vécue quotidiennement par des milliards d'opérateurs, en toute légalité et dans tous les pays, par des enfants à qui des concepts mathématiques sont ainsi enseignés... Représentation graphique des données issues de toutes les banques de tous les ordinateurs gérés par l'homme... amas et constellations de données ».

Les personnages du cyberspace de Gibson alternent des passages dans leur vie réelle et des plongées dans ce cyberspace en « branchant » directement leur système nerveux à la « Matrice », nom donné par Gibson à l'infrastructure globale de calcul et de communication donnant naissance à ce nouveau royaume.

Le mot « **métaverse** » quant à lui a été utilisé pour la première fois par l'auteur de science-fiction Neal Stephenson en 1992 dans sa nouvelle « Snow Crash »¹² (Stephenson, 1992) pour décrire un monde virtuel en trois dimensions dans lequel les individus interagissent entre eux via des « avatars ». C'est un néologisme construit à partir du préfixe grec « méta » (signifiant généralement « à propos » ou « à côté », mais englobant aussi une notion de réflexion et le fait « d'aller au-delà ») et du mot univers.

L'informatique et les réseaux ont repris à leur compte cette terminologie et **le concept de métaverse se définit désormais comme une collectivité en ligne partageant un cyberspace commun**. On trouve aujourd'hui également l'acronyme « EVC », pour Environnement Virtuel Collaboratif, qui recouvre le même concept. Les chercheurs en informatique distinguent également les *EVC non-*

¹¹ Gibson W. (1984), *Neuromancer*, New York, Ace Books

¹² Stephenson N. (1992), *Snow Crash*, New York, Batam Books.

immersifs pour lesquels l'utilisateur est devant un terminal et utilise des périphériques (souris, clavier) pour interagir avec la simulation et contrôler son avatar, *des EVC immersifs* pour lesquels le corps sert à l'interaction mais il est nécessaire de disposer de capteurs de mouvements spécifiques¹³, ce qui représente une solution nécessairement plus coûteuse.

En utilisant un EVC, un individu peut soit interagir avec un « objet » virtuel (jeu, site web, monde virtuel), soit interagir avec d'autres utilisateurs via l'EVC. Si les premiers EVC proposaient un environnement graphique en deux dimensions, nous verrons ultérieurement que les progrès technologiques à tous les niveaux de la chaîne de l'information font que, de nos jours, la majorité des solutions proposées sont en trois dimensions (3D). **Notre étude se situera donc dans le domaine des EVC non-immersifs en 3D.**

Naviguer dans un EVC

Dans un EVC il est possible de « naviguer » virtuellement de cinq différentes façons :

- la marche qui reprend les contraintes physiques du monde réel (pesanteur, impossibilité de traverser des murs ou des objets) ;
- le vol qui donne une liberté de mouvements et de vision plus ample ;
- l'examen des objets qui se fait en circulant virtuellement autour de lui ;
- le zoom sur un objet afin d'en saisir les détails les plus fins, voire de lire des informations disponibles sur l'objet ;
- et enfin la téléportation au sein de l'environnement qui donne la possibilité de se déplacer très rapidement d'un point à un autre sans avoir à manipuler son avatar.

Tan *et al.*¹⁴ distinguent trois familles dans les types de navigations réalisées dans un environnement 3D, *l'exploration, la recherche et l'observation*. *L'exploration* permet de découvrir et de comprendre un environnement 3D nouveau, *la recherche* qui va de la localisation jusqu'à l'arrivée face à un élément et enfin *l'observation* qui a pour objectif de se focaliser sur un élément spécifique. **Notre étude portera sur ces trois familles de navigation.**

¹³ Chaillou C., Degrande S. et Plénacoste P. (2006), *Environnements collaboratifs 3D*, INRIA , www.lifl.fr/~chaillou consulté le 10.06.2015

¹⁴ Tan D., Robertson G. et Czerwinski M. (2001): Exploring 3D navigation : combining speed-coupled flying with orbiting, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 418-425.

Les interactions dans un univers virtuel en 3D

Nous retiendrons la définition de l'interaction 3D proposée par Bowman et al (2004)¹⁵ : « interaction Homme-machine dans laquelle les tâches de l'utilisateur sont effectuées dans un contexte spatial en 3D ». Dans la plupart des univers 3D, l'interaction entre le contenu (logiciel) et l'individu se fait via une souris, mais il existe d'autres moyens (tactile, stylet, joystick). Pour des raisons de facilité de mise en œuvre et de plus grande diffusion de cette modalité, ce sera l'analyse et l'utilisation du mode « souris » que nous retiendrons pour notre étude. Trois interactions basiques sont alors possibles (Rousset 2016)¹⁶ permettant chacune de modifier la visualisation et donc de se mouvoir virtuellement dans l'univers :

- « Rotate » : qui est une interaction consistant à faire tourner la visualisation autour d'un pivot.
- « Pan » : permet le déplacement de la visualisation dans le plan de l'écran sans modification de l'orientation.
- Et enfin le « Zoom » qui est un déplacement de la visualisation le long de la ligne de vue (c'est-à-dire perpendiculairement à l'écran).

En utilisant l'intégralité de ces interactions l'individu a donc la possibilité de maîtriser l'ensemble des degrés de libertés de sa navigation dans un univers 3D virtuel.

1.2 Les grandes familles de métaverses

Au fur et à mesure de la progression de la technologie (matériels, logiciel et réseaux) les possibilités d'interaction avec les EVC se sont multipliées. On distingue aujourd'hui différents types de métaverses **en fonction du nombre d'interlocuteurs et du type d'interactions.**

* **Les MMOG** (Acronyme de l'expression anglaise Massively Multiplayer Online Games), en français : « jeux en ligne massivement multi-joueurs ». Les exemples sont nombreux avec sans doute le plus médiatisé ces dernières années : Second Life. Moins connus mais tout aussi prisés par les joueurs : Active Worlds, Three, Entropia Universe, HiPiHi ... Même le géant Google s'est, un temps, lancé sur ce concept avec « Google Lively » qui a fonctionné 6 mois entre juillet et décembre 2008.

¹⁵ Bowman D., Kruijff E., Laviola J. et Poupyrev I.(2004) : *3D User Interfaces : Theory and Practice*. Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., Redwood City, CA, USA, 2004. ISBN 0201758679.

¹⁶ Rousset E. (2016), *Peinture numérique sur modèles 3D en usage récréatif*, Thèse de doctorat, Université de Grenoble.

Les MMOG sont donc des univers virtuels que nous pourrions définir par quatre critères cumulatifs :

- Accessibles uniquement en ligne, sur Internet.
- Persistants c'est-à-dire qu'une session interrompue (par exemple une partie de jeu) reprendra au même « endroit » si l'utilisateur en a décidé ainsi.
- Permanents car accessible 24h/24, sept jours sur sept.
- Ouverts à plus de 128 participants (en deçà, le caractère "massivement multi-joueurs" est discuté), en effet un MMOG classique accueille traditionnellement quelques milliers de participant par serveurs.

Les MMOG sont donc des mondes virtuels (imaginaires ou inspirés de la réalité) auxquels l'internaute se connecte. Il est représenté par le biais d'un avatar dont les fonctionnalités (déplacement, propriétés, dialogues) lui permettent d'interagir avec le monde virtuel dans lequel il évolue et éventuellement d'interagir également avec les autres internautes connectés. Certains MMOG permettent aux utilisateurs de générer leur propre contenu. Dans ce cas, on utilisera l'acronyme anglais de « UGC » pour User Generated Content. Dans le monde virtuel en ligne « Second Life », il est par exemple possible de créer des vêtements ou des objets virtuels. Ceux-ci peuvent ensuite être commercialisés vers d'autres participants générant ainsi des flux d'argent virtuel au sein de ces univers.

* **Les MMORPG** (Massively Multiplayer Online Role-Playing Games): World of Warcraft, Everquest, City of heroes,

En français : « jeux **de rôle** en ligne massivement multi-joueurs ». Les MMORPG suivent les mêmes principes que les MMOG mais incluent la notion de "jeu de rôle". Dans le cadre d'un MMORPG, le joueur est censé incarner un personnage doté d'une personnalité et jouer le rôle du personnage dans le monde virtuel.

* **Les MMOFPS** (massively multiplayer online first person shooters): World War II Online, Planet Side...

Les principes de ces univers en ligne sont identiques à ceux des MMOG mais ce sont des **jeux dits « de tirs »** dans lesquels il faut détruire des adversaires virtuels qui peuvent être des personnages du logiciel et/ou d'autres avatars.

Notre étude se base sur l'utilisation des premiers types de métaverses, les MMOG, qui permettent, de par leurs fonctionnalités, de proposer à des internautes la possibilité de « se déplacer » et de réaliser des transactions. Un acheteur d'aujourd'hui est donc potentiellement en capacité de se connecter à un site web en 3D au sein duquel il pourra « se déplacer » à l'intérieur d'un univers virtuel en utilisant l'interface de son ordinateur. Parfois il pourra même être représenté par un personnage virtuel : un avatar. Nous retrouvons dans ces caractéristiques la définition d'un monde virtuel telle que proposée par Bell (2008)¹⁷ « *a synchronous, persistent network of people, represented as avatars, facilitated by networked computers* ».

1.3 Le concept d'avatar

Le mot « avatar » vient du mot sanscrit « avatara » dont la signification littérale est « qui descend de très haut ». C'est « une descente de l'Atma au niveau du corps » Swami (1804)¹⁸. C'est le nom du corps que Dieu habite durant son passage sur Terre. Et l'auteur de poursuivre : « un avatar peut tout, à tout moment ». Le terme avatar a été repris pour la première fois en 1985 par Chip Morningstar¹⁹ pour décrire la représentation visuelle des utilisateurs dans le cyberspace avec cette omnipotence sous-jacente. Les avatars de C. Morningstar ayant en effet dans le monde virtuel des possibilités d'actions inimaginables pour leurs homologues humains.

¹⁷ Bell M. W. (2008), Toward a Definition of Virtual Worlds, *Journal for Virtual Worlds Research*, 1, 1, 1–5.

¹⁸ Swami N. (1804), *The Yama Danda* .

¹⁹ Morningstar C., Randall Farmer F. (1991), *Le Projet Habitat, les leçons d'un séjour dans l'espace cybernétique*, éd. MIT Press.

Grâce aux progrès des ordinateurs, les premiers concepts d'avatars et de mondes virtuels sont mis en ligne dans les années 1995 à 1999 et sont « habités » rapidement par des avatars animés à distance par des passionnés d'informatique : Worldschat, Blaxxun, Oz...

Ce concept d'avatar est donc devenu un sujet d'étude tout d'abord en psychologie puis en marketing. En effet, dans le prolongement de l'idée que l'amélioration de l'expérience sur internet peut améliorer le taux de conversion des visiteurs d'un site en acheteurs (Childers *et al.* 2001²⁰), certains auteurs tels Redmond (2002²¹), ou Barlow *et al.*, 2004²² se sont intéressés aux avatars et plus spécifiquement à l'influence que ceux-ci pourraient avoir sur le comportement des acheteurs en ligne. Dans un contexte marchand les avatars peuvent, en effet, être de deux types :

- soit compagnon virtuel qui représente le magasin et peut servir d'aide ou de conseil dans la visite du site Web
- soit une représentation virtuelle du visiteur avec comme objectif de rendre la navigation plus plaisante et plus immersive.

Nous présenterons dans notre première étude empirique les réactions et les remarques de nos premiers expérimentateurs sur ce concept d'avatar dans des univers 3D. Toutefois, et afin de limiter le focus de notre étude doctorale, nous **avons fait le choix de ne pas nous appesantir sur cette thématique de l'avatar** qui continue à faire l'objet de recherches spécifiques en marketing.

La conséquence directe de notre choix est que, dans nos expérimentations, nous avons pris le soin d'utiliser la vue subjective, parfois appelée « FPS » dans les jeux vidéo (First Person Shooter). Cette vision de l'univers virtuel est directe, c'est-à-dire qu'il n'y a aucune représentation (avatar) du testeur présentée à l'écran. Ceci va permettre aux utilisateurs d'avoir une vision de la simulation à l'écran la

²⁰ Childers M., Terry L., Carr C. L., Peck J. et Carson S. (2001), Hedonic and Utilitarian Motivations for Online Retail Shopping Behavior, *Journal of Retailing*, 77 (Winter), 511–35.

²¹ Redmond W. (2001), The Potential Impact of Artificial Shopping Agents in E-Commerce Markets, *Journal of Interactive Marketing*, 16 (December), 56–66.

²² Barlow A., Noreen Q. et Mannion M. (2004), "Development in Information and Communication Technologies for Retail Marketing Channels, *International Journal of Retail and Distribution Management*, 32 (March), 157–63.

plus proche possible de la réalité leur permettant de mieux s’immerger, en se détachant d’un avatar auquel ils pourraient éventuellement avoir du mal à s’identifier pleinement (Grimshaw, 2008²³).

1.4 L’expérience de « Habitat » et ses conclusions

Le premier projet de métaverse ayant abouti à une mise en ligne opérationnelle fut HABITAT. Né de l’association entre Lucasfilm Games et Quantum Computer Services Inc. il fonctionna de 1986 à 1988, sous sa forme initiale, sur une plateforme de test interne. Le concept fut ensuite lancé auprès du public américain en janvier 1988. La licence accordée ultérieurement à la société Fujitsu permettra à une version plus riche de fonctionner également au Japon sous le nom de Dreamscape. Ce monde virtuel, proposé par la communauté en ligne « VZones » fonctionne toujours actuellement²⁴. Dans HABITAT, tout est novateur. Les personnages, avatars, représentés en deux dimensions, pouvaient se mouvoir dans un monde lui aussi représenté en deux dimensions. Ces premiers avatars avaient la possibilité d’interagir et de permettre à leurs « propriétaires » de communiquer entre eux en écrivant des messages via le clavier de leur ordinateur.



Figure 1 : copie d'écran de Habitat, © 1986 LucasArts Entertainment Company

²³ Grimshaw M. (2008), *The Acoustic Ecology of the First-Person Shooter: The Player, Sound and Immersion in the First-Person Shooter Computer Game*, Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Mueller e.K. ISBN: 3639024087.

²⁴ <http://www.vzones.com/about.php> consulté le 15.11.2015

A partir de cette date, l'information distribuée devient progressivement réellement accessible à tous et partout. C'est le début de l'internet que nous connaissons aujourd'hui rendant possible la consultation d'informations multimédias à distance (sites Web, bases de données, etc.).

- En parallèle de ces développements logiciels, on assiste à une montée en puissance des capacités des composants électroniques et des matériels. Le marché du jeu et ses consoles (Sega Saturn et PlayStation de Sony en 1994, Nintendo 64 en 1996) propose des mondes en deux dimensions en mode « plan » puis de véritables petits jeux en 3 dimensions mais qui restent en utilisation locale et individuelle.
- En 1994, D. Gobel crée Knowledge Adventure Worlds (KAW renommé World.Inc. en 1995) afin de développer des mondes virtuels 3D entièrement navigables pour les utilisateurs mondiaux de l'internet. En 1994, l'entreprise crée le premier « chat » en 3D : il s'agit d'un forum de discussion au sein duquel les internautes échangent en ligne en utilisant des images que l'on pourrait qualifier de premiers avatars.
- En 1995, J. Gobel conçoit « Starbright World » qui est une des premières applications thérapeutiques du web. En effet, ce métaverse permet d'aider les enfants hospitalisés à vaincre leur isolement. Cette même année, Ron Brivitch de la société KAW (Knowledge Adventure Worlds) a mis au point un projet appelé Alpha World, qui comprend de nombreuses fonctionnalités novatrices comme par exemple la possibilité de faire glisser et déposer des objets qui apparaissent simultanément à tous les utilisateurs, de la téléportation, et des bots intelligents (robots autonomes). Alpha world est ouvert au web le 28 juin 1995. Le premier métaverse 3D grand public est ainsi lancé.



Figure 3 : Capture d'écran Super Mario

- 1996 voit la société Nintendo lancer le jeu « Super Mario 64 ». Ce jeu propose une plate-forme 3D, dans laquelle les joueurs peuvent explorer et interagir avec un monde virtuel en trois dimensions. Toujours en 1996, les jeux multi-joueurs en ligne (MORPGs) acquièrent la capacité technique de

s'élargir à un très grand nombre d'utilisateurs simultanés (plus de 3000). Les jeux de rôle en ligne massivement multi-joueurs (MMORPG, prononcer : « mor-peg ») et toutes leurs complexités sociales, deviennent alors totalement opérationnels.



Figure 4 : Ecran d'accueil Ultima

- Ultima Online (UO) apparaît en 1997. Il est considéré comme le premier MMORPG en trois dimensions et atteindra son maximum de 250 000 abonnés en juillet 2003.
- Second Life (SL)

Développé par la société américaine Linden Labs, mis en ligne en 2003, SL propose le premier monde persistant en trois dimensions. Ses utilisateurs, ou « résidents », ont la possibilité de conserver des droits de propriété sur les objets virtuels (vêtements, décors, mobiliers...) qu'ils créent. Même s'il est nécessaire de télécharger un programme permettant de se connecter (plug-in²⁵) son utilisation ne nécessite aucun abonnement, ce qui facilitera sa diffusion. Après une période de faible croissance initiale l'univers annoncera jusqu'à 21 millions de comptes ouverts fin 2010. Ce succès, très médiatisé, verra le grand public et les entreprises commencer à s'intéresser aux possibilités offertes

²⁵ « En informatique un plugin ou plug-in, aussi nommé module d'extension, est un paquet qui complète un logiciel hôte pour lui apporter de nouvelles fonctionnalités. » Extrait de la définition de Wikipédia, consulté le 10.01.2016

par ce concept de monde virtuel en 3D soit en ouvrant un site spécifique soit en communiquant via



ce média comme ici l'entreprise SONY.

Figure 5 : Publicité Sony dans Second Life (2013)

Des entreprises puis des institutionnels créeront des sites appelés « îles » que les internautes pourront visiter virtuellement de façon gratuite. Au total, ce sera plus d'une centaine d'entreprises qui seront présentes en 2007. Mais cet engouement sera de courte durée car fin 2011 seules une quinzaine d'entreprise étaient encore en activité sur Second Life, dont les sociétés comme DELL, IBM, Philips, ou Air France. Il semble donc que le concept n'ait pas totalement convaincu malgré des atouts qui semblaient non négligeables par rapport à un site internet classique.

Bien que, contrairement à un jeu de rôle, Second Life n'ait aucun objectif manifeste, il permet à des activités non-ludiques, voire monétisables, de prospérer. Un microcosme va donc se créer et se développer autour de ce monde virtuel. Une monnaie virtuelle : le Linden Dollar va être créée et permettre d'échanger des objets virtuel (Haenlein, Kaplan, 2009)²⁶. Toutefois ce modèle économique, que l'on peut qualifier d'autarcique, ne saura pas trouver la voie d'un réel essor commercial via de la vente en ligne. En effet, malgré les perfectionnements de SL, il faut toujours passer par des sites web « classiques » pour pouvoir effectuer ses achats.

²⁶ Haenlein M. et Kaplan M. (2009), Les magasins de marques phares dans les mondes virtuels : l'impact de l'exposition au magasin virtuel sur l'attitude envers la marque et l'intention d'achat dans la vie réelle, *Recherche et Applications En Marketing*, 24.3, 57-80.



Figure 6: Exemple d'avatar dans Second Life (capture d'écran juin 2012)

Après une période de relatif sommeil, et des licenciements, la société Linden Labs semblait tenter un retour sur le devant de la scène début 2012 en investissant dans le rachat de concurrents. Aujourd'hui (fin 2015), Second Life revendique encore un million de connexions par mois²⁷. Quelques chercheurs en marketing se sont intéressés aux possibilités offertes par ce concept d'hyperréalité virtuelle, citons essentiellement Kaplan et Haenlein²⁸, et ont permis de détecter que Second Life est davantage considéré comme une extension du monde réel que comme un simple jeu électronique. Notons enfin que le succès de SL, notamment l'existence de sites d'entreprises françaises, nous a permis de **l'utiliser comme plateforme de test pour une partie de notre étude exploratoire.**

- **En 2005, Google a lancé Google Maps**, un serveur web gratuit proposant l'accès à un système d'information géographique (S.I.G) qui peut être intégré sur tout autre site Web à l'aide de l'API²⁹ Google. Cette même année est lancée « Google Earth », une simulation gratuite de la terre en 3D basée sur l'imagerie satellitaire. Même si ces programmes ne sont ni des sites commerciaux ni de vrais EVC il nous semblait intéressant de les citer car ils participent à la vulgarisation des concepts et des possibilités de la 3D. Nous verrons dans nos études exploratoires que nos testeurs y feront parfois référence.

²⁷ <http://www.eurogamer.net/articles/2014-03-15-pioneering-mmo-second-life-plots-a-comeback> consulté le 30.06.2015.

²⁸ Kaplan M. et Haenlein M.(2009), Utilisation et potentiel commercial des hyperréalités : une analyse qualitative de Second Life, *Revue Française Du Marketing*, 69.

²⁹ API = Applications Programming Interface : Une API est une interface de programmation dont les outils permettent de simplifier l'accès à des données complexes en vue de les utiliser pour son propre besoin.

- **En 2006, la même entreprise lance « Google SketchUp »**, programme de modélisation en 3D également gratuit. Un module complémentaire de SketchUp permet aux utilisateurs d'exporter leur modèle 3D comme un fichier .kmz dans Google Earth, permettant le placement précis de géo-référencement de ces modèles dans Google Earth. On peut considérer cette date comme marquant le début de l'ère de l'annotation publique de la planète et de la création d'un gigantesque EVC.

- **Le WEB 3D**

Le concept de Web 3D est né en 1994 avec l'apparition du format VRML. Il a pris de l'expansion grâce la formalisation de la spécification « X3D » portée par le « Web 3D consortium ». Ce consortium international regroupe des acteurs (scientifiques, industriels et utilisateurs) de la 3D et a pour objectifs de développer les standards et les usages de cette technologie. Le Web 3D correspondait initialement au concept d'un Web totalement en 3D, des hyperliens reliant les contenants entre eux. Par extension, le terme désigne aujourd'hui tous les contenus en 3D interactive qui sont intégrés à des pages HTML, et que l'on peut visualiser par l'intermédiaire de son navigateur Web.

De nos jours le Web 3D se décline sous plusieurs formes :

- **La Réalité Virtuelle en ligne** (ou RV en ligne) : Elle permet de modéliser des espaces virtuels qui vont être utilisés comme outils (exemple : maquette) ou lieu d'échanges (exemple : plateforme 3D de meeting) afin de simuler le comportement d'entités 3D et leurs interactions en temps réel. On distingue de la RV :
 - Mettant en scène des acteurs humains (exemple : formation professionnelle via des plateformes d'E-learning ou de cyber apprentissage).
 - Ne mettant pas en scène des acteurs humains (exemple : simulateur de raffinerie de l'entreprise TOTAL permettant d'analyser les stratégies de redémarrage en cas d'incident en fonction de différents scénarios, ou crash tests effectués sur des modèles automobiles totalement virtuels).
 - Permettant des visites virtuelles : Elles permettent à un utilisateur de découvrir des nouveaux lieux tout en restant chez soi, cela se fait aussi bien dans le domaine public (monument, musée) que dans le domaine privé (visite d'immobilier, magasins).

Lorsque l'application est ludique, on parle de :

- **Advergame 3D** (néologisme combinant « advertisement et « game ») : lorsqu'il s'agit d'un jeu visant à promouvoir un produit (exemples : Milka Biscuit Saga en février 2015, ou « Wonder Fnac en janvier 2013).

- **Serious Game 3D** : Lorsque le jeu est un moyen ludique pour enseigner des sujets sérieux (exemples : Outils de formation des pompiers, Formation E-Campus ou les simulations de gestion en ligne du CESIM).
- Et enfin **des jeux en ligne en 3D**, tel que présentés en introduction.

Le Web3 D est également aujourd'hui présent dans :

- **L'ingénierie et la conception assistée par ordinateur (CAO)** avec la conception d'un produit de A à Z et sa mise en rayon virtuels directement possible (voir les applications de Dassault Systèmes comme CATIA et 3DEXCITE)
- **L'architecture et la modélisation en 3D** de plans permettant une visite virtuelle de futurs bâtiments voire de bâtiments du passé (cf. la reconstitution en 3D de l'abbaye de Clairvaux entre le XIIe et le XVIIIe siècle : www-clairvaux-2015.fr).
- **L'art** : Certains artistes utilisent le Web3D afin de créer des œuvres mêlant art et technologie (<http://www.ro.me/>)
- **L'imagerie médicale** avec les outils de diagnostic, voire d'opérations, à distance et plus globalement tout ce qui concerne la télémédecine.
- Et enfin **les outils de présentation** : Ces applications permettent aux orateurs de se démarquer (exemple : Spacegoo CMS qui permet de plaquer sur des murs les différentes pages d'un document PDF).

Les perspectives de la 3D en ligne sont très prometteuses, en effet plusieurs facteurs concourent à son développement. Tout d'abord l'arrivée de certaines technologies de visualisation plus immersives telles que les casques de réalité virtuelle (Sony, Oculus Rift, HTC Vive, Samsung Gear), puis de nouvelles modalités d'interaction (haptiques, gestuelles), enfin des débits de plus en plus importants permis par la FTTH³⁰, voire même la 4G, permettant d'utiliser certaines applications en mobilité ; tous ces éléments convergent vers le développement de nouveaux usages possibles pour cette 3D en ligne.

³⁰ FTTH : Fiber To The Home : concept développé par les constructeurs et les opérateurs visant à apporter le très haut débit, via la fibre optique, jusqu'au domicile des consommateurs.

1.6 Bilan de cet historique

Comme très souvent dans l'histoire, les auteurs de fiction et d'anticipation ont précédé de quelques années la réalité. De Jules Verne³¹ à Isaac Asimov³² ces visionnaires ont su s'appuyer sur les prémices d'une ou de plusieurs technologies pour se projeter dans un futur qui semblait à leur époque inatteignable. De la même manière, on peut penser que les visions proposées par les auteurs de science-fiction des années 80, tel C. Morningstar ou William Gibson³³ et son cyberspace, sont en train de prendre corps aujourd'hui. À travers les différents exemples que nous avons pu présenter dans notre perspective historique il est clair que le futur de l'internet 3D est sur sa rampe de lancement. Certains projets de recherche transnationaux, tel « METAVERSE 1³⁴ », ou « METAVERSE ROADMAP³⁵ » proposent un internet du futur constitué de mondes virtuels communicant entre eux via des protocoles standardisés. Au sein de cette réalité virtuelle qu'on pourrait qualifier de « globale » des sites en 3D, et des technologies permettant un résultat de plus en plus immersif, permettront aux internautes de se distraire (jeux, visites, ...) et d'effectuer des achats. (Dagiulkas)³⁶.

Toutefois les technologies disponibles à ce jour comportent encore quelques lacunes et il nous a donc semblé nécessaire de réaliser un état de l'art le plus exhaustif possible de ces technologies informatiques pour deux raisons :

- la première étant d'ordre scientifique puisque nos travaux nécessitaient la construction de cet état de l'art informatique pour pouvoir être complets.

³¹ Verne J. (1865), *De la terre à la lune*, Paris, Édition Pierre-Jules Hetzel

³² Asimov I. (1986), *Foundation and earth*, New York, Doubleday.

³³ Gibson W. (1984), *Neuromancer*, Ace Book, New York.

³⁴ <http://www.metaverse1.org/> consulté le 14.11.2014

³⁵ <http://metaverseroadmap.org/overview/> consulté le 14.11.2014

³⁶ Dagiulkas T. (2012), 3D Media over Future Internet: Current Status and Future Research Direction, *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, 9, 1, 2.

- La seconde étant d'ordre pratique dans la mesure où, la suite de notre étude doctorale se proposant d'utiliser certaines de ces technologies dans un démonstrateur, il nous était nécessaire d'en connaître les tenants, les aboutissants et les limites.

C'est cet état de l'art que nous allons présenter dans la partie suivante.

2 Etat de l'art des technologies informatiques

Afin de mieux appréhender les possibilités, et les limites, liées aux outils utilisés, il semble important de présenter un inventaire des technologies 3D. Cet inventaire est le plus exhaustif possible mais il comporte deux limites :

- Une limite liée au niveau de profondeur choisi que nous pourrions qualifier « d'avancé » mais non « d'expert ». Suffisant pour en comprendre les principes essentiels, il ne rentre toutefois pas dans les détails techniques.
- Une limite temporelle car cet inventaire, réalisé entre fin 2014 et mi-2015, dans un secteur où l'innovation bouillonne en permanence, serait à réactualiser quasi-mensuellement pour rester pertinent.

Soulignons également que, pour pouvoir mettre en place notre expérimentation détaillée, présentée dans la suite du document doctoral, il était nécessaire d'avoir une vision exhaustive de ces technologies **afin d'être en mesure d'effectuer des choix pertinents en vue d'implémenter notre propre magasin 3D**. Toutefois, afin de ne pas alourdir notre document, nous ne présentons ici qu'une version synthétique de cet état de l'art, la version exhaustive rédigée initialement étant disponible en annexe.

2.1 Le contexte

Comme nous l'avons évoqué précédemment, l'univers de la 3D sur le web est en pleine expansion. Nous sommes actuellement dans la phase de développement où de nombreux projets se mettent en place et tentent de se définir comme standards. Il en résulte une abondance de technologies, d'APIs et logiciels plus ou moins sophistiqués, plus ou moins spécialisés. Entre elles, ces technologies ne sont que peu compatibles car aucun standard n'a encore pris l'avantage sur les autres.

Un des enjeux actuels, pour les acteurs du domaine (scientifiques, développeurs, offreurs de services...), est d'avoir une vue la plus complète possible des technologies 3D, dont certaines sont encore en phase de lancement, afin de miser sur celles qui seront les standards de demain.

Les technologies actuelles permettant du 3D sur internet

Le schéma ci-après propose un modèle de l'agencement des technologies actuelles du web 3D que nous proposons. Notre choix a été de subdiviser ces technologies en trois niveaux en partant de l'élaboration du concept (sites et/ou mondes virtuels) puis de diffusion pour terminer par la couche matérielle relative à l'interface utilisée par l'utilisateur final (ordinateur, écran, souris, ...).

Toutefois, afin d'alléger le présent document, les résultats détaillés de nos travaux, et de toutes ces subdivisions, sont présentés dans l'annexe « Détail des technologies du web 3D ».

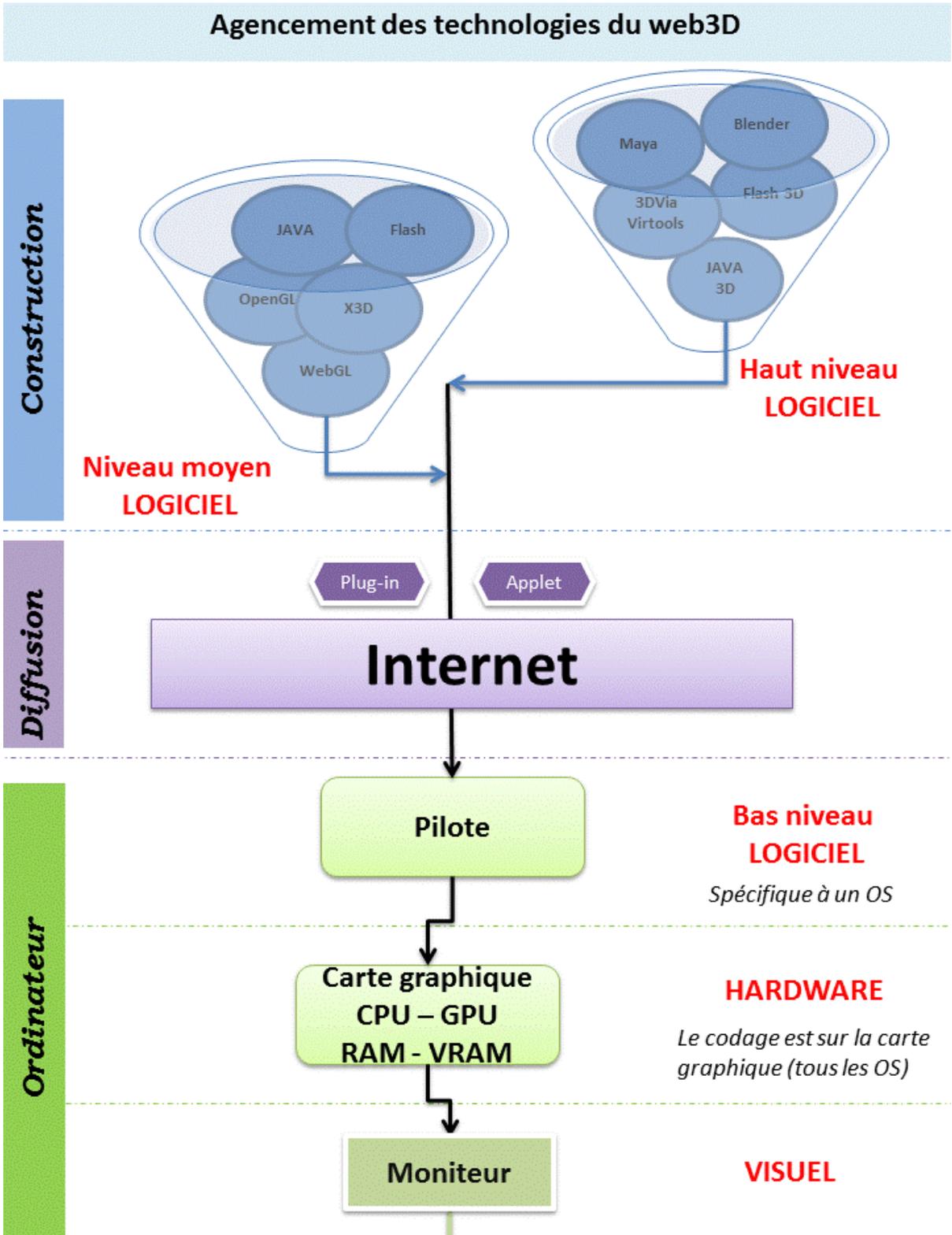


Figure 7 : Proposition de représentation synthétique des technologies du web 3D.

2.2 Les perspectives et les technologies d'avenir

Il est évident que ce foisonnement de technologies va continuer à s'ordonner et se clarifier dans les années à venir. Nous pouvons explorer brièvement les perspectives dans trois dimensions proposées dans le schéma ci-dessus : construction (logiciels), diffusion (réseaux) et terminaux (ordinateurs, écrans, tablettes, smartphones).

2.2.1 Logiciels

Une poignée de technologies vont s'imposer comme les standards du web3D. Parmi celles-ci, on peut penser que Flash 3D et le standard WebGL auront un rôle majeur à jouer tant par leurs performances que du fait des acteurs qui les supportent. Les résultats, déjà visibles, de Flash 3D semblent prometteurs, fluidifiant la navigation. Les navigateurs intègrent désormais HTML 5 et supportent nativement le standard WebGL permettant d'afficher dynamiquement des éléments 3D proposés par les sites web.

2.2.2 Diffusion et réseaux

Intuitivement, on peut comprendre que le volume d'informations pouvant transiter entre l'utilisateur et la source va dépendre de la taille du « tuyau » permettant à cette information de circuler. Là encore, ces dernières années ont vu une explosion des capacités permettant à des particuliers de recevoir, via leur ancienne ligne téléphonique, internet, de la télévision, de la vidéo tout en conservant leur téléphone traditionnel. Une double révolution s'est donc effectuée d'un côté sur la qualité des réseaux et de l'autre sur la qualité du support permettant à l'information de circuler.

S'agissant des terminaisons des réseaux, l'arrivée de la fibre optique à proximité des domiciles (FTTB : Fiber To The Building) voire même à l'intérieur des domiciles (FTTH : Fiber To The Home) permet la généralisation de l'offre d'accès internet à haut et à très haut débit. On peut rappeler que, sans remonter à la préhistoire, les premières connexions internet grand public de la fin des années 1990 proposaient des débits de 56 kilobits par seconde (kbit/s ou kbps) alors qu'aujourd'hui une connexion ADSL³⁷ standard autorise la réception de 20 Mbits/s soit 400 fois plus ! Les connexions

³⁷ ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line : technique de codage et de transfert de l'information permettant d'utiliser les fils de cuivre de lignes téléphoniques existantes pour acheminer un grand volume d'informations

dites « Très Haut Débit » (THD) proposent même des niveaux entre 30 et 100Mbit/s (définition de l'ARCEP) si le réseau d'accès est en fibre optique.

Ainsi en France, à fin juin 2017 (source ARCEP) **ce sont 29,6 millions de foyers qui sont connectés en France dont 16, 7 millions en très haut débit** (fibre optique et autre). Ces chiffres sont à comparer à ceux de 2015 (3,9 millions en très haut débit) pour comprendre l'effort fait en la matière en France.

Au niveau de la diffusion, le cloud-gaming a de forte chance de se développer. Le cloud-gaming est le pendant du cloud-computing pour les jeux vidéo. C'est un service en ligne qui propose de nombreux types de jeux piochés chez les éditeurs traditionnels (Ubisoft, Codemaster...). L'utilisateur joue à distance sans avoir besoin d'aucun logiciel spécifique sur son propre ordinateur, seules des animations (flux vidéo) sont téléchargées. Le client dispose ainsi d'un catalogue très étendu sans le coût d'investissement initial de chaque jeu. Néanmoins, il faudra attendre la généralisation totale de la fibre optique pour le réseau internet et téléphone fixe ainsi qu'une couverture en téléphonie mobile 4G importante pour s'assurer une stabilité de débit suffisante pour le plus grand nombre. Toutefois, des sites 3D moins gourmands en bande passante, car utilisant des technologies plus élaborées, sont envisageables dans un futur assez proche. Le site Onlive propose déjà un service de type sur le cloud³⁸.

2.2.3 Les terminaux

Les ordinateurs, tablettes et smartphones

Sur le plan du hardware, la loi de Moore³⁹ (doublement des transistors dans les micro-processeurs tous les deux ans environ) permet d'envisager, avec une marge d'erreur assez faible, l'intégration des puces 3D dans la grande majorité des ordinateurs et tablettes de bas de gamme pour la fin 2016. Plus globalement, une amélioration des performances de tous les matériels utilisant des composants électroniques contribuera également à la fluidification des images sur les supports informatiques.

³⁸ <https://games.onlive.com/> consulté le 20.01.2015

³⁹ Moore G.E. (1965), Cramming more components onto integrated circuits, *Electronics*, vol. 38, n° 8, Avril, p114.

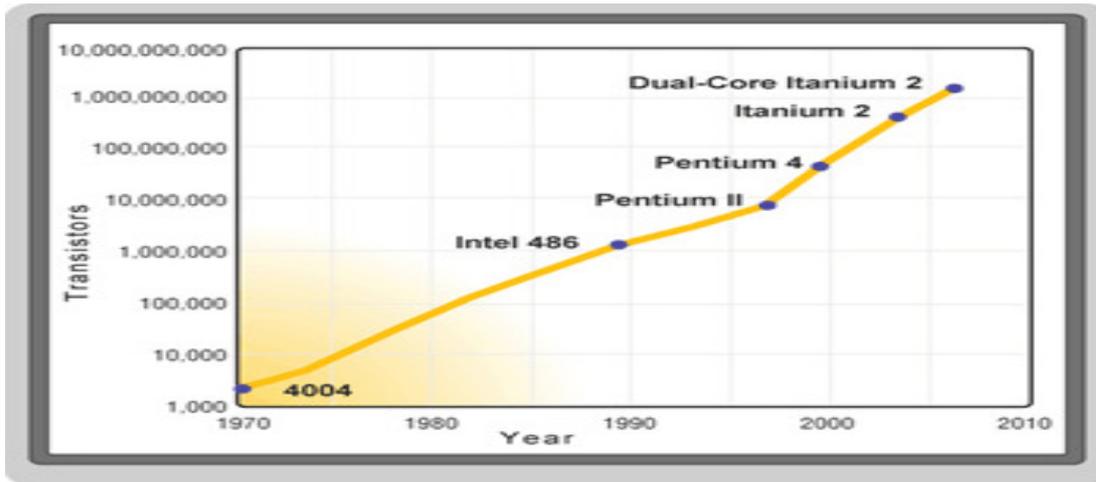


Figure 8: Figure Loi de Moore (source : société Intel)

Depuis la création du premier processeur en 1970, la puissance de calcul des ordinateurs double tous les deux à trois ans en moyenne. Cette amélioration est permise grâce à l'augmentation du nombre de transistors sur une « puce » électronique. Mais ce qui a réellement pu permettre l'émergence de la 3D, c'est l'augmentation des performances de calcul des GPU. En effet, comme on peut le constater sur le graphique ci-dessous les puissances de calcul de ces composants ont été milleuplées en moins de dix ans, passant de quelques Flops en 2002 à plus de 1500 en 2011. En mars 2015, la société Nvidia a présenté une carte graphique de 7,1 TFlop/s (Flop : Floating-point Operations Per Second, représente le nombre d'opérations avec virgules flottantes effectuées en une seconde par le processeur).

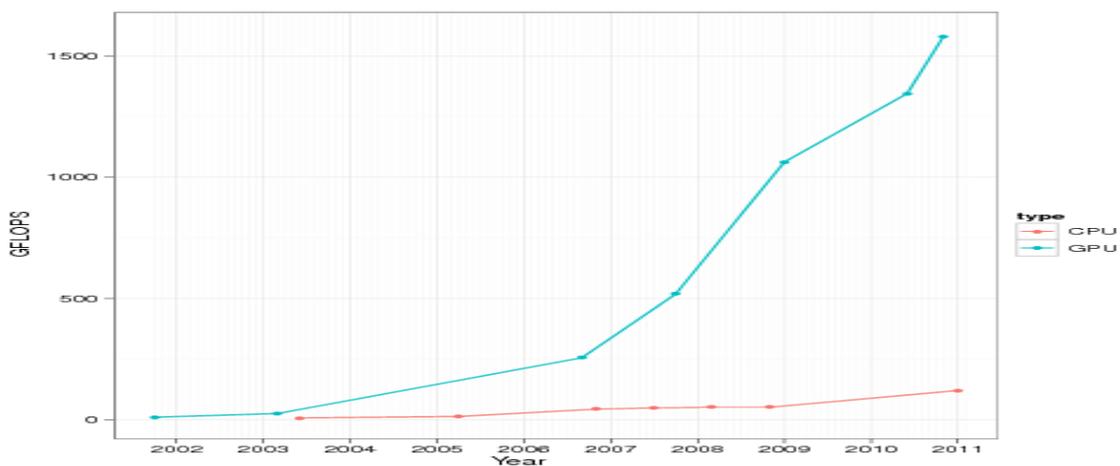


Figure 9: Evolution des performances de calcul des GPU et des CPU, source : société Nvidia.

Les écrans et moniteurs

Les écrans sont caractérisés selon leurs performances à plusieurs niveaux :

- La **définition** : représente la quantité de points qu'un écran peut afficher et se mesure en pixels. Si les premiers écrans d'ordinateurs possédaient des définitions de 320x200 pixels (320 points en longueur, 200 points en largeur) les définitions actuelles sont généralement comprises entre 640x480 2048x1536. Tirés par le développement des écrans plats de la télévision et les progrès des capteurs les constructeurs annoncent des définitions de 4000x3000 pixels. La dimension finale du pixel, appelée résolution, dépendra de la taille de l'écran.
- La **taille d'écran** : exprimée en pouces (un pouce équivaut à 2,54 cm) est évaluée sur la base de la diagonale d'un écran. Deux notions sont à prendre en compte : la *définition* de l'écran et sa *taille*. Les tailles standard des écrans d'ordinateurs vont de 14 pouces (soit une diagonale d'environ 36 cm) à 30 pouces (diagonale de 76 cm). Les tailles d'écrans de télévision grand public, sur lesquels il est possible de naviguer sur internet, vont aujourd'hui jusqu'à 75 pouces (soit 1,90m de diagonale)⁴⁰.
- La **résolution** : Elle définit le nombre de pixels affichés sur une surface donnée (en anglais **DPI: Dots Per Inch** : nombre de *points par pouce*). Par exemple une résolution de 600 dpi signifie 600 colonnes et 600 rangées de pixels sur un pouce carré ce qui donnerait donc 360000 pixels sur un pouce carré.

En parallèle de ces améliorations sur la finesse et la qualité de l'affichage, les ordinateurs, et les algorithmes de traitement du signal qu'ils utilisent, poursuivent leurs avancées dans le domaine de l'image. Cela se traduit par :

- l'amélioration de la chromaticité des écrans (capacité à reproduire les couleurs au plus proche des possibilités de l'œil humain);
- l'arrivée d'écrans à champs de vision élargis (écrans courbés ou en arc de cercle) ces possibilités permettant une vision plus immersive.
- l'arrivée d'écrans stéréoscopiques portables appelés également casques de réalité virtuelle, comme par exemple l'Oculus Rift⁴¹, permettant à l'utilisateur de s'immerger visuellement dans un univers virtuel trois dimensions.

⁴⁰ <http://www.mitsubishi-tv.com/pdf/specsheet-A91.pdf> consulté le 16.03.2015

⁴¹ <https://www.oculus.com/> consulté le 26.03.2015

Au final ces différentes évolutions permettent de rapprocher les images perçues de la réalité (augmentation de la taille, amélioration de la qualité, fluidité) sur de nombreux terminaux (ordinateurs, télévisions, tablettes, smartphones, casques), rendant de plus en plus crédible l'immersion dans des images, dans des sites 3D ou des mondes virtuels.

2.2.4 À plus long terme (horizon 2020)

Il est probable que :

- les performances élevées, et la visualisation 3D sur des équipements embarqués, deviendront la norme.
- le téléphone portable, désormais en majorité un smartphone (84% des ventes de mobiles en Europe en 2014, source IDC, janvier 2016), sera à la fois une console de jeu, un ordinateur relié à internet en 4G, un caméscope, un vidéoprojecteur, un casque de réalité virtuelle...
- les ordinateurs de « bas de gamme », probablement 100 fois plus puissants que leurs équivalents actuels emprunteront les composants des équipements embarqués, tandis que les PC haut de gamme seront réservés à des tâches avancées et professionnelles.
- les tablettes tactiles, apparues début 2010, remplaceront progressivement les ordinateurs individuels domestiques.
- les interfaces vont être profondément modifiées, le clavier et la souris seront supplantés progressivement par des interfaces vocales et gestuelles. Le prototype de « The Interaction Engine », présenté en août 2016 par la société américaine Leap Motion, préfigure ce que pourrait être l'utilisation des doigts et des bras de l'utilisateur dans un monde virtuel⁴² (à noter que cette solution fonctionne dans l'environnement Unity que nous avons choisi pour notre prototype de magasin).

Pour la 3D, nous verrons apparaître une convergence entre le pré-calculé et le temps réel. Malgré son utilité actuelle l'augmentation des performances des processeurs aura pour conséquence une disparition progressive du pré-calculé, quelques studios de cinéma ou des logiciels d'architecture en auront encore l'utilité ; l'architecture des ordinateurs évoluera notamment au niveau de l'adressage mémoire avec une probable unification des mémoires (RAM et VRAM), au niveau CPU/GPU permettant à nouveau des améliorations de performances. Plus globalement d'autres interfaces viendront compléter l'expérience visuelle, comme par exemple des interfaces haptiques, rendant encore plus crédible l'immersion dans ces univers virtuels.

⁴² <http://blog.leapmotion.com/introducing-interaction-engine-early-access-beta/> Consulté le 26.08.2016

2.3 Les Interfaces Homme Machines (IHM)

De nombreuses théories existent sur les IHM (voir principalement Senach 1990⁴³) et les modèles existants. Citons-en principalement quatre : le modèle de la théorie instrumentale de Rabardel (1995)⁴⁴, la théorie de l'action de Norman et Draper (1986)⁴⁵, l'ICS de Barnard (1987)⁴⁶ et enfin le processeur humain de Card *et al.* (1983)⁴⁷.

Compte tenu de cette largeur de spectre, et en tenant compte du fait que notre problématique porte essentiellement sur des IHM du web pour des consommateurs, il nous a semblé pertinent de nous focaliser sur des théories se rapprochant le plus de nos préoccupations. En ce sens le modèle d'Hassenzahl (2003)⁴⁸ nous a semblé judicieux car il prend en compte l'expérience utilisateur (ou UX : User eXperience) pour proposer une optimisation de l'IHM dès sa conception. L'expérience utilisateur prendra en compte le ressenti des utilisateurs (les affects) dès l'origine, et c'est cette dimension affective qui va servir de base pour évaluer subjectivement les interfaces (ou les produits) conçues. Le jugement final se fera à trois niveaux, l'esthétique, l'attrait et le niveau de satisfaction/plaisir.

Dans le même ouvrage, Hassenzahl développe l'idée que, en fonction des situations d'usage, deux facettes (propriétés/qualités) d'un produit peuvent apparaître, **une qualité « hédonique » ou une qualité « pragmatique »**. L'hédonique n'est pas lié directement à l'ergonomie et aux fonctionnalités du système mais aux valeurs et apparences qu'il sous-tend. *A contrario* le pragmatique inclut ces aspects ergonomiques et fonctionnels et permettent à l'utilisateur de réaliser les tâches et d'atteindre

⁴³ Senach B. (1990), *Evaluation ergonomique des interfaces homme-machine : une revue de la littérature*. Rapport de recherche, RR-1180, INRIA.

⁴⁴ Rabardel P. (1995), *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin, 1995.

⁴⁵ Norman D. A. et Draper S. (1986), *User Centered System Design : New Perspectives on Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum Associates.

⁴⁶ Barnard P. (1987), *Interfacing Thought, Cognitive aspects of Human Computer Interaction*, chapitre Cognitive Resources and the Learning of Computer Dialogs, 112–158. MIT Press Publ.

⁴⁷ Card S., Moran T. et Newell A. (1983), *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum, New Jersey.

⁴⁸ Hassenzahl M. (2003), The thing and I: Understanding the relationship between user and product, dans Blythe M., Overbeeke C., Monk A. F. et Wright P.C., *Funology: From usability to enjoyment*, 31-42. Dordrecht: Kluwer.

son but. L'utilisateur va attribuer des valeurs à ces deux qualités en fonction de sa perception du produit.

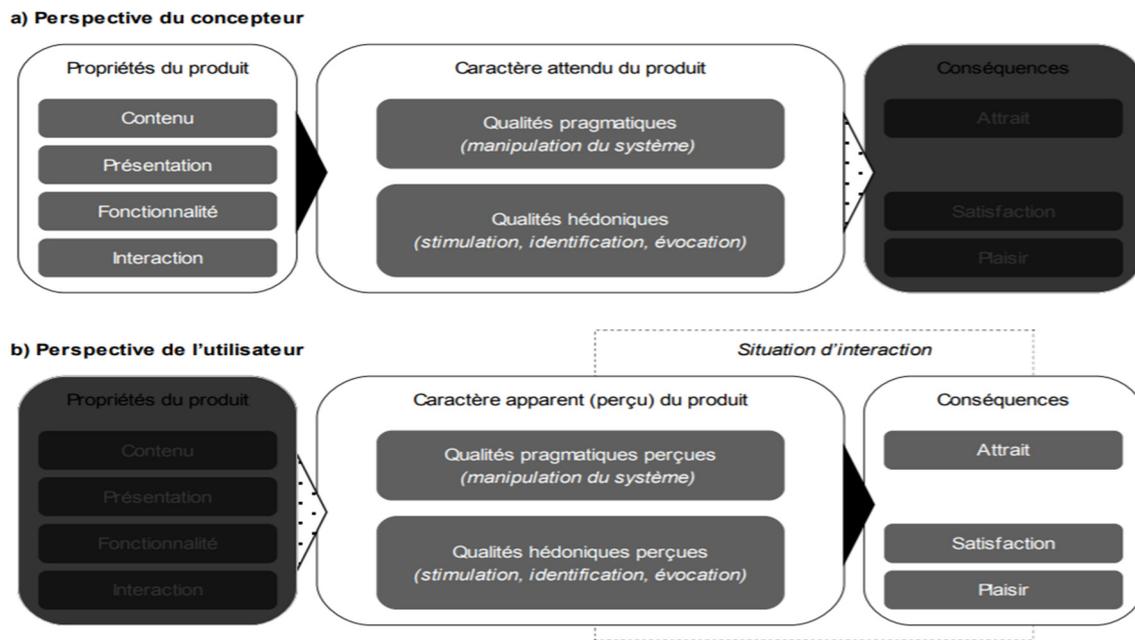


Figure 10 : Le modèle de l'expérience utilisateur selon les deux perspectives, l'utilisateur et le concepteur, d'après Hassenzahl (2003). Extrait de Février F. (2001), Thèse de doctorat, Université de Rennes 2.

2.4 Conclusions

Les progrès technologiques et méthodologiques effectués ces quinze dernières années dans ce que nous pourrions qualifier de « chaîne informatique » (reliant le créateur aux utilisateurs) ont été gigantesques. Ils permettent, de la construction (IHM) d'un concept visé par notre étude (un site 3D) jusqu'à son utilisation par un internaute, d'envisager très sérieusement une immersion de l'utilisateur dans un site, ou un monde, virtuel auquel il accéderait, de son domicile, en utilisant un ordinateur, une tablette ou un téléphone mobile relativement standard. Plus globalement, grâce à ces progrès, on peut s'attendre à une modification des pratiques dans de très nombreux domaines

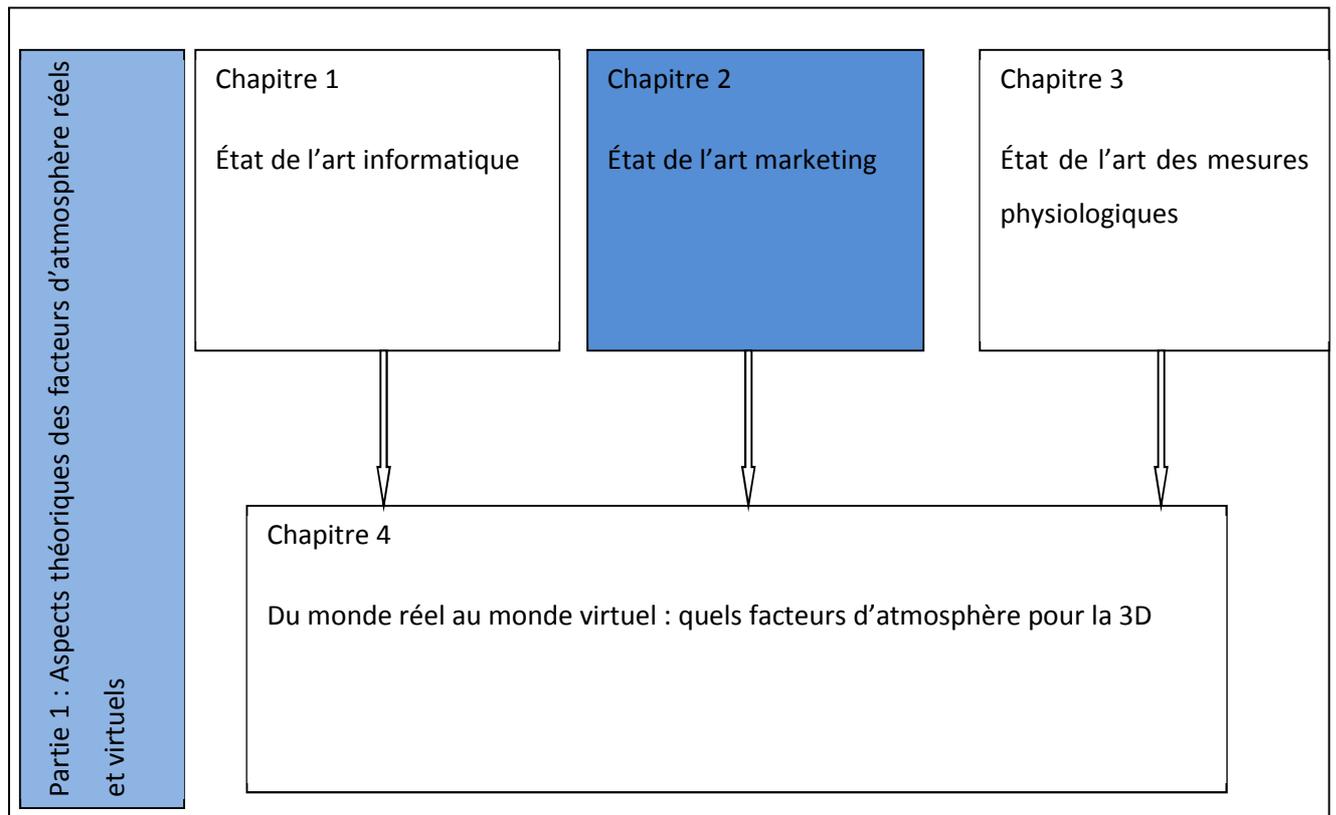
tels le tourisme, les réseaux sociaux voire la psychologie. Citons, dans ce dernier domaine, l'exemple d'une équipe canadienne qui propose depuis 2015 la 3D comme outil d'aide thérapeutique⁴⁹.

Enfin la **réalité virtuelle grand public**, dont les premières applications sont proposées depuis mi-2016, devrait permettre au cycle de vie de ce marché, jusqu'alors confidentiel, de passer de la phase de « lancement » à celle de « croissance ». En effet les dernières études prospectives du cabinet américain Gartner (octobre 2016)⁵⁰ évoquent un chiffre d'affaires de 50 milliards de dollars annuels générés en 2021, principalement dans le secteur des jeux et des divertissements, mais également « respectivement 5,1 milliards de dollars pour la santé, 2,6 milliards de dollars pour l'immobilier et 1,6 milliard de dollars pour la distribution ». Dans les dix prochaines années l'accroissement des performances vulgarisera l'accès au haut débit sur de nombreux supports et les possibilités technologiques de ces supports et des couches logicielles rendront possible la démocratisation de l'accès à des sites web en 3D performants que ce soit de façon classique ou via une application de réalité virtuelle. Vis-à-vis de notre travail doctoral, ces conclusions nous ont conforté dans notre projet puisque, dès lors que les perspectives techniques sont attrayantes, il est tout à fait envisageable que les sites 3D marchands se vulgarisent dans les années à venir, soit dans leur forme actuelle soit via la réalité virtuelle, rendant ainsi nos travaux tout à fait d'actualité. Une recherche spécifique sur les aspects marketing des facteurs d'ambiance s'avère donc essentielle à ce stade de nos travaux afin de poser les enjeux de ce type auxquels la technologie devra répondre. Cette recherche fait l'objet de la partie suivante.

⁴⁹ Grenier S., Forget H. Bouchard S., Isère S., Belleville S., Potvin O., Rioux M.-È. et Talbot M. (2015), Using virtual reality to improve the efficacy of Cognitive-Behavioral therapy (CBT) in the treatment of late-life anxiety: preliminary recommendations for future research. *International Psychogeriatrics*, 27(7), 1217-1225.

⁵⁰ <http://www.realite-virtuelle.com/realite-virtuelle-economique-finance> consulté le 28.10.2016

Chapitre 2 ÉTAT DE L'ART « MARKETING »



Dans ce deuxième état de l'art, nous allons en premier lieu utiliser également une perspective historique pour présenter l'émergence et le développement du commerce en ligne.

Dans une seconde partie, nous passerons en revue l'évolution progressive des recherches portant spécifiquement sur les facteurs d'ambiance dans les magasins. En effet, suite à nos travaux exploratoires, notre recherche doctorale s'est focalisée sur certains de ces facteurs d'ambiance dans des magasins virtuels en 3D. Nous approfondirons donc cette seconde partie en quatre volets :

- un bref historique du commerce en ligne ;
- les facteurs d'ambiance à prendre en compte dans le cadre de magasinage historique (magasins physiques) ;
- puis dans un cadre de magasin en ligne que nous qualifierons de « classique » (magasin en 2D) ;
- et enfin nous présenterons les résultats des premières recherches menées dans des cadres similaires à notre recherche (principalement dans des métaverses 3D).

1 Perspective historique : émergence et développement du commerce en ligne

Selon Lendrevie et Lévy⁵¹, le e-commerce (ou commerce en ligne ou commerce électronique) peut être défini comme : « *l'achat, la vente et l'échange de biens et de services sur des réseaux électroniques, particulièrement Internet. Le commerce électronique couvre trois aspects : l'information sur les produits, la prise de commande et la fidélisation* ».

En utilisant cette définition, nous pouvons avancer que le commerce électronique s'est appuyé sur l'émergence et le développement des réseaux électroniques pour se faire une place de plus en plus conséquente dans notre paysage quotidien ; place que nous avons présentée et quantifiée brièvement en introduction de nos travaux. Depuis l'apparition du Minitel jusqu'à la situation actuelle, nous allons donc présenter ci-après quelques éléments marquants de ce développement. Certains de ces éléments, notamment l'amélioration de l'ergonomie des sites web rendue possible par l'amélioration des performances de l'ensemble des composantes de la chaîne de l'information, nous permettront de mieux contextualiser et justifier nos travaux de recherche.

1.1 Le Minitel, un ancêtre novateur.

« *Tout le monde nous l'a envié, personne ne nous l'a acheté* », telle était la conclusion qui fleurissait dans les années 2000 en France alors que le Minitel se voyait supplanté par internet ! On peut en effet considérer que l'ancêtre de l'internet que nous connaissons aujourd'hui a été le Minitel. Mis à disposition du grand public français en 1982, il a permis les premiers accès à des produits et des services en ligne via un terminal informatique. Grâce à des coûts d'entrée limités pour les fournisseurs de services (entre 500 et 4 000 €), et une mise à disposition gratuite du matériel (terminal) pour les particuliers, il a favorisé le développement d'un écosystème conséquent (Benghozi, Licoppe)⁵², et probablement une attitude plus positive des Français vis-à-vis de la technologie et de l'achat en ligne.

⁵¹ Lendrevie J et Julien L. (1964) Lévy, *Mercator: Tout Le Marketing à L'ère Numérique*, 11^e édition (Paris: Dunod, 2014).

⁵² Benghozi P.J. et Licoppe C. (2003), « [Technological national learning : from Minitel to Internet](#) », KOGUT B., *The Global Internet Economy*, MIT Press, 153-190.



Figure 11: terminal minitel des années 1990 (source : museedesconfluences.fr)

Comme nous pouvons le constater dans le graphique ci-dessous le nombre maximum de services proposés par l'ensemble des acteurs du Minitel (entreprises, collectivités et associations) sera atteint dans les années 95-96 avec plus de 25 000 services en ligne différents offerts aux Français. A son apogée en 1993, cette offre sera disponible sur plus de 6 millions de terminaux au cours de l'année ce qui représente environ 15 millions de clients potentiels et 20 % des foyers du territoire. À titre de comparaison, à la fin de cette même année, seule 2 % de la population était connectée à Internet.

Précurseur dans les possibilités techniques, le Minitel l'a été également dans l'offre disponible. En effet, si le décollage du Minitel a été rentabilisé par la messagerie qualifiée à l'époque de « rose », son acceptation dans les foyers français a été rendue possible par la variété des services proposés. Les premières applications ayant rendu possible la consultation de bases de données en ligne telles que l'annuaire ou des horaires de transport, la seconde génération d'applications s'ouvrira à des jeux, des transactions bancaires et de la vente par correspondance et contribuera grandement au succès de ce service.

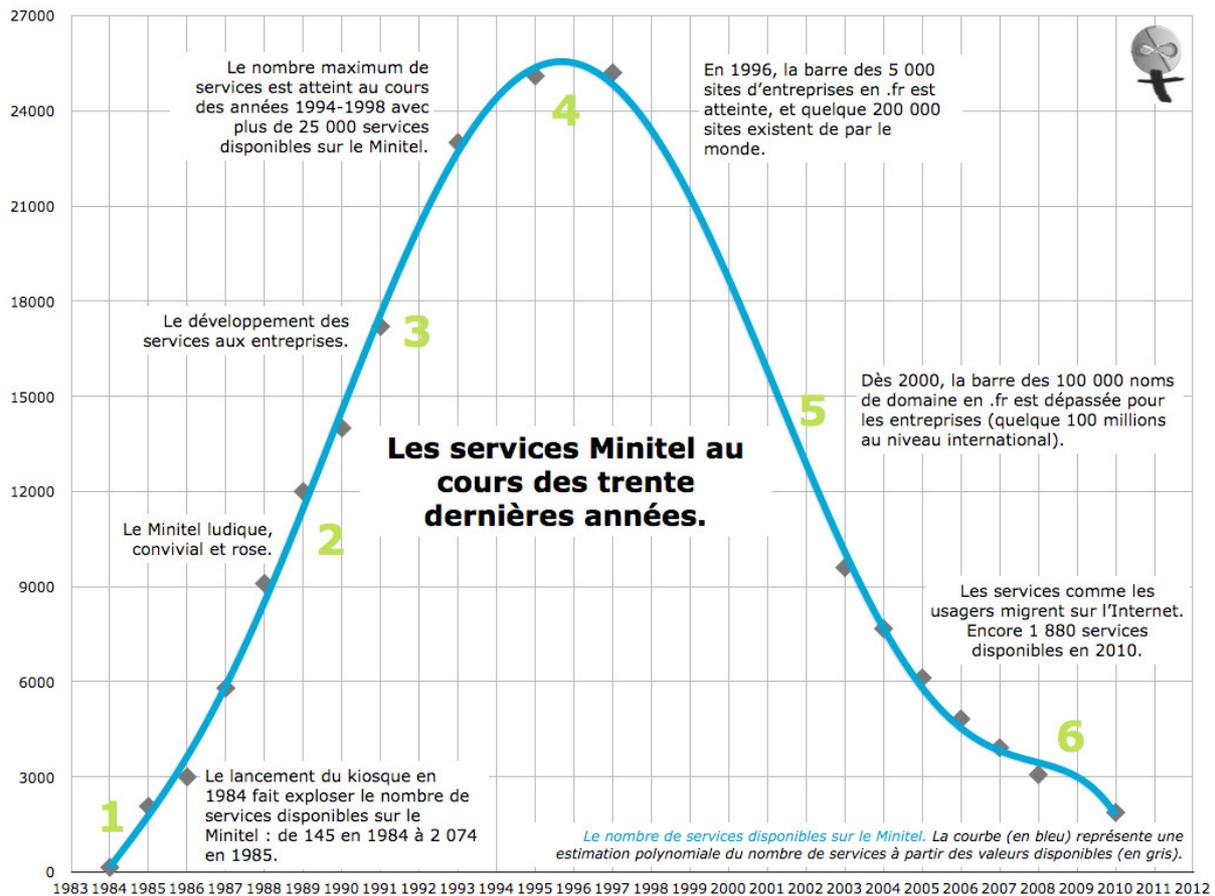


Figure 12: "Vie et mort des services internet", source C.CARIOU, M.GAULON-BRAIN, www.inaglobal.fr, Publié le 29.03.2012

1.2 L'émergence et le développement d'Internet

La figure précédente présente clairement le fait que l'inversion de tendance dans la quantité de services proposés par le minitel est liée à l'apparition puis au développement des sites sur internet. L'année 1995 est donc une année clé, alors que seuls 100 000 ménages français sont connectés à internet et 10 millions au total dans le monde. Les sites d'alors sont simplistes (cf. ci-dessous : page d'accueil du moteur de recherche Yahoo) mais le potentiel extrêmement attractif incite les usagers (utilisateurs et offreurs de services) du minitel à changer de support et à migrer vers internet.

La petite histoire du web retient la date du 11 août 1994 comme étant celle du premier achat et paiement effectué via internet⁵³. C'était aux USA, Monsieur Brandenberger habitant de Philadelphie, acheta un CD audio pour 12,48 dollars. Comme le souligne cet article la difficulté technologique de

⁵³ Lewis P. (1994), Attention Shoppers: Internet Is Open, 12.08.1994; Archives du New York Times consulté le 19.09.2015 :

<http://www.nytimes.com/1994/08/12/business/attention-shoppers-internet-is-open.html>

l'époque n'était pas de présenter le produit mais de sécuriser les transactions permettant l'achat. De cette sécurité, et du risque induit, découle la confiance dont va dépendre la probabilité d'acheter en ligne (Mc Cole *et al.*, 2010)⁵⁴



Figure 13 : La simplicité de la page d'accueil du moteur de recherche Yahoo en 1995 (source : www.tuxboard.com)

Un an plus tard, Jeff Bezos lance son entreprise Amazon avec l'idée de commercialiser des livres et de bénéficier d'une diffusion internationale pour sa librairie dématérialisée. Le français Alapage suivra sa trace en 1996, mais son choix de rester uniquement sur la commercialisation de livres en ligne et de ne pas se diversifier vers d'autres types de produit ne lui garantira pas la pérennité d'Amazon.

La période 1995-2000 va se caractériser par une inflation de concepts et des espoirs mis dans ce nouveau mode de commercialisation. Les espoirs de l'époque s'avèreront démesurés et amèneront à ce qui a été appelé « l'explosion de la bulle internet » à partir de mars 2000. Il faudra plus d'une dizaine d'années avant que l'ensemble des parties prenantes reprenne confiance dans le commerce en ligne et que ce vecteur devienne profitable. La valeur des entreprises américaines du secteur, synthétisée en grande partie dans le NASDAQ en est une bonne illustration comme nous pouvons le

⁵⁴ McCole P., Ramsey E. et Williams, J. (2010), Trust consideration on attitudes towards online purchasing : The moderating effect on privacy and security concerns, *Journal of Business Research*, 63(9-10), 1018-1024

constater ci-dessous.



Figure 14 : Valeurs du NASDAQ entre 1995 et 2005, Source : <https://fr.finance.yahoo.com/echarts>, consulté et édité le 22.08.2016.

2 Les principaux enjeux économiques du commerce en ligne actuellement.

2.1 L'offre

Passée l'explosion de la bulle internet de 2000, les acteurs d'un marché purgé se sont implantés avec des visions stratégiques et des promesses de rentabilité plus réalistes. Le commerce en ligne s'est ouvert à de multiples offres et possibilités et est devenu un canal complémentaire du commerce traditionnel. Un des résultats est que, ces dix dernières années, on a pu assister à une explosion des sites de vente en ligne.

Les dernières statistiques de la société NETCRAFT disponibles⁵⁵ donnent le chiffre de 1 805 060 730 noms de domaines existants à fin août 2017 (à comparer à 698 823 509 noms de domaines existants fin juillet 2013). Parmi eux, près de 220 millions de sites sont actifs. Si la typologie exacte (sites

⁵⁵ <http://news.netcraft.com/> : June 2017 web server survey, consulté le 21.09.2017

personnels, commerciaux, ou autre) est difficile à dresser, on estime toutefois qu'il pourrait y avoir plus de 10% de ces sites qui seraient des sites commerciaux.

En Europe, l'association Ecommerce⁵⁶ Europe, qui regroupe plus de 25 000 entreprises de vente en ligne, donne le chiffre de 715 000 sites marchands actifs existants à fin mai 2015 et une progression du chiffre d'affaire des entreprises de plus de 12% par rapport à l'année précédente pour d'établir à 510 milliards d'euros. En France, ces entreprises offrent la plupart des types de catégories de produits selon les dernières données de la FEVAD. À titre d'exemple le nombre de références proposées par le site **Amazon.fr est de 129 millions ce qui représente approximativement l'équivalent de 1600 hypermarchés côte à côte !**

2.2 La demande

2.2.1 L'accès à internet

L'achat sur internet est directement lié au taux de pénétration de ce médium au sein des populations. Fin juin 2015, plus de 3 milliards de personnes avaient accès à internet⁵⁷ dans le monde ce qui représente un taux de pénétration de 42.4% sur l'ensemble de la population mondiale. Plus spécifiquement, fin décembre 2016⁵⁸, le taux de pénétration est de 75% en Europe soit environ 516 millions de personnes. Huit pays européens ont des taux de pénétration d'internet supérieurs à 90% parmi leur population. En France ce taux est de 85,7%.

2.2.2 Les achats

Toujours selon E-Commerce Europe, et à fin 2016, parmi les internautes européens, quasiment un sur deux (296 millions exactement) achète en ligne, générant un chiffre d'affaires de 510 milliards d'euros (ce qui représente environ l'équivalent du PIB d'un pays comme la Belgique). Il est à noter quand même que les comportements varient selon les pays puisque le Royaume-Uni, l'Allemagne et la France ensemble représentent 60% des ventes européennes en ligne. Les internautes français ne sont donc

⁵⁶ <http://www.ecommerce-europe.eu/home> consulté le 16.02.2017.

⁵⁷ <http://www.internetworldstats.com/stats.html> consulté le 03.03.2017

⁵⁸ <http://www.ecommerce-europe.eu/home> consulté le 16.02.2017.

pas en reste. En effet, les derniers chiffres disponibles sur ce sujet (Médiamétrie : Observatoire des usages internet T1 2017) nous indiquent que 82,7% de ces internautes achètent à distance ce qui représente 36,6 millions de cyberacheteurs français. Ce chiffre est en hausse de 2,3 millions par rapport à l'année précédente. S'agissant des revenus, la FEVAD annonce que le montant total des dépenses réalisées par les Français sur Internet en 2016 est de 72 milliards d'euros soit une hausse de 14,6 % par rapport à l'année 2015⁵⁹. Selon cette même source le montant moyen des transactions était en baisse de 3,7% en 2015 par rapport à 2014, ce qui représentait un panier moyen annuel de 78 €. Cette baisse est compensée par l'augmentation du nombre d'acheteurs évoquée précédemment. Ce panier moyen inclut de plus en plus de produits de grande consommation et fort logiquement a donc tendance à se rapprocher des paniers moyens des autres circuits de distribution.

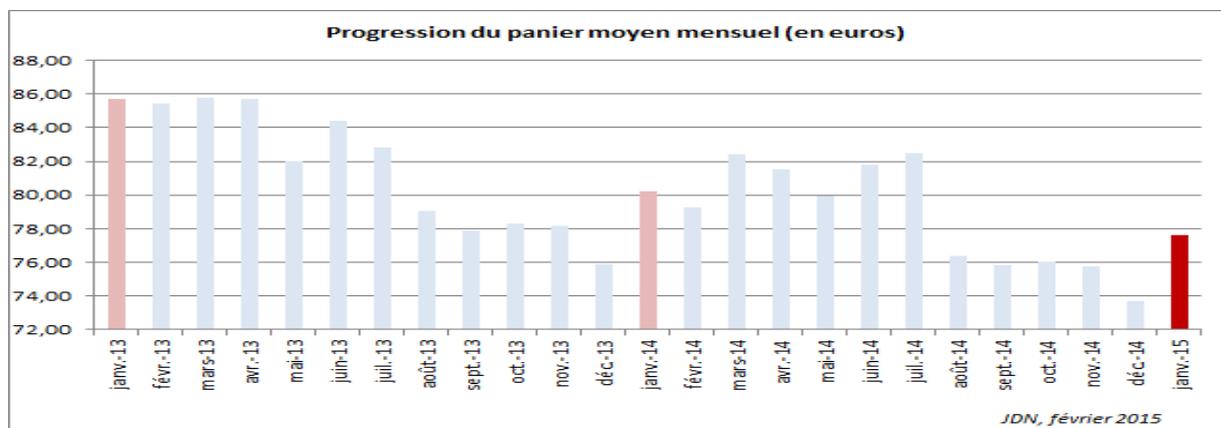


Figure 15: Progression du panier moyen d'achat sur internet en France entre 2013 et 2015. Source : Journal Du Net, février 2015

L'achat sur Internet tend à se banaliser et **les consommateurs ont de plus en plus le réflexe de consulter directement les commerçants en ligne** pour effectuer leurs achats plutôt que de passer par des moteurs de recherche. À titre d'exemple, nous pouvons comparer l'évolution du processus d'acte d'achat des consommateurs américains entre 2009 et 2014. Selon le cabinet d'études BloomReach⁶⁰ 44% de ces acheteurs ont débuté leur des achats par une recherche sur le site Amazon et seulement 11 % ont débuté sur un moteur de recherche. Cinq ans plus tôt c'était l'inverse avec 24 % des acheteurs qui se renseignaient d'abord sur un moteur de recherche contre 18 % sur Amazon.

⁵⁹ Source FEVAD-KPMG France : Bilan 2016 du e-commerce en France, publié le 28 janvier 2017

⁶⁰ Etude de Bloomreach réalisée aux USA sur un échantillon de 2000 internautes. Publiée le 06.10.2015. Consultée le 15.12.2016 : <http://bloomreach.com/2015/10/survey-amazon-is-burying-the-competitor-in-search>

Le ROPO (Research Online, Purchase Offline) qui, comme son nom l'indique, consiste à se renseigner en ligne pour acheter ensuite dans un magasin physique devient également une tendance lourde dans les habitudes d'achat. Si nous prenons la période des soldes, 67% des internautes se renseignent systématiquement sur internet avant d'acheter en magasin, ce chiffre est de 74% chez les 18-35 ans (source CCM Benchmark Institute/Euleurian Technologies, janvier 2016⁶¹)

2.2.3 Types d'achats

Selon la dernière enquête de la FEVAD-CSA⁶² (échantillon de 1 000 e-acheteurs français), publiée en janvier 2016, qui mesurait les perspectives 2016, les intentions d'achat en ligne des français porteront « tout d'abord sur l'habillement (57%), notamment pour les 25-34 ans (67%) et les femmes (65%). Puis sur les achats de produits culturels (52%, 62% pour les CSP+), les voyages et produits du tourisme (43%, 52% pour les CSP+) et les produits techniques/électroménagers (42%, 47% pour les hommes) ». Dans les autres types d'achats nous retrouvons des produits plus variés tels les bons d'achat (29%), les objets connectés (13%) et les médicaments sans ordonnance (11%).

Si l'on compare, dans la figure ci-dessous, les canaux d'achat préférés selon les types de produit (Source CCM Benchmark Institute et Université Paris Dauphine, 20 janvier 2016⁶³), on constate qu'internet est devenu le canal préféré des français principalement pour l'achat de services. L'alimentaire est toutefois en progression puisque, si l'INSEE notait un triplement du nombre d'individus achetant de la nourriture entre 2007 et 2012 avec un score de 6.2% en 2012⁶⁴, nous en sommes aujourd'hui à 11% principalement du fait du développement de l'offre des courses en ligne et des drives.

⁶¹ Consulté le 25.02.2016 : <http://www.ccmbenchmark.com/institut/blog/infographie-comprendre-le-consommateur-en-periode-de-solde/>

⁶² ENQUETE FEVAD/CSA sur les perspectives d'achats sur Internet en 2016, publiée le 28.01.2016, consultée le 10.02.2016 ; <http://www.fevad.com/espace-presse/enquete-fevad-csa-sur-les-perspectives-d-achats-sur-internet-en-2016>

⁶³ Consulté le 03.03.2016: <http://www.ccmbenchmark.com/institut/blog/commerce-connecte-quelle-realite-en-2016/>

⁶⁴ Source: Étude INSEE « Consommation et équipement des ménages : En 2012, plus d'une personne sur deux a déjà acheté sur internet », V Gombault, X Reif, INSEE 2012

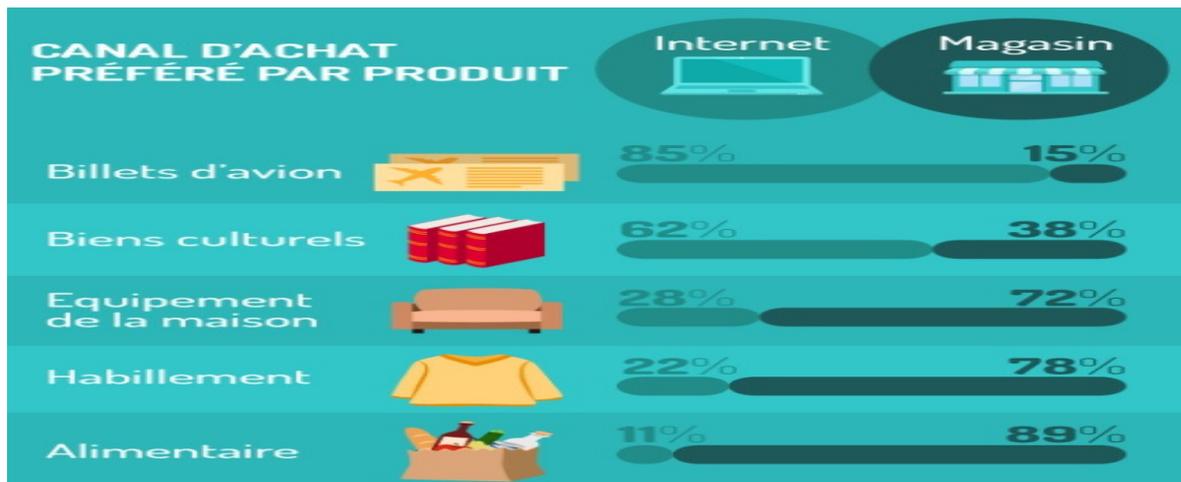


Figure 16 : Canal d'achat préféré des français par famille de produit fin 2015. Source : CCM/ Université Paris Dauphine

Les types d'acheteurs

Comme le soulignait déjà cette enquête 2012 de l'INSEE, les acheteurs sur internet sont « plutôt jeunes et qualifiés » même si les derniers éléments présentés par la FEVAD début 2017 montrent que cette spécificité a tendance à disparaître.

Pénétration des e-acheteurs au sein des internautes



source : Médiamétrie - Observatoire des Usages Internet T1 2017 - Tous lieux de connexion.

Figure 17 : Répartition des acheteurs par genre, âge et catégorie sociodémographique (source :FEVAD 2017)

2.3 Conclusions

Le potentiel économique de la vente en ligne est très important justifiant ainsi l'étude des comportements d'achats et des spécificités de ces comportements qui pourraient être liées à ce canal. Les taux de croissance importants de ces dix dernières années attisent également une concurrence

entre les différents acteurs de la distribution. Les entreprises « pure player », tels Amazon ou CDiscount, et les « clicks and mortar », tels la FNAC ou Carrefour cherchent à capter les acheteurs internautes et à analyser leurs comportements afin de poursuivre leur développement. **La question se pose donc de savoir si ces comportements diffèrent selon qu'il s'agisse d'un acte d'achat dans un magasin physique ou dans un magasin virtuel.** Plus spécifiquement, dans la suite de nos travaux, nous nous intéresserons aux **facteurs d'atmosphère** qui, tant dans un magasin réel que dans un magasin virtuel, peuvent avoir une influence sur le comportement des visiteurs.

3 Les facteurs d'atmosphère dans les magasins

Dans l'analyse des facteurs d'atmosphère des magasins nous pouvons distinguer **trois étapes successives**, étapes étroitement liées aux progrès technologiques de ces trente dernières années :

- Historiquement parlant, ce sont bien entendu les **magasins réels** qui ont été les premiers sujets d'études en marketing.
- Puis, comme nous l'avons présenté précédemment, c'est à partir des années 95 que l'offre du commerce électronique a commencé à se développer. Dès lors que cette nouvelle possibilité d'interaction a été proposée aux consommateurs s'est posée la question de l'ergonomie, puis de certains facteurs d'atmosphère simples, dans **des sites en ligne classiques (en 2D)**.
- Enfin de nos jours, les technologies, que nous avons présentées dans l'état de l'art informatique, permettent de proposer des sites marchands beaucoup plus élaborés que des simples listes de courses, ce sont **les premiers métaverses marchands ou magasins 3D**. Dans ce nouveau concept d'interaction entre un vendeur et des acheteurs, les facteurs d'atmosphère sont plus nombreux et proposent davantage de modalités.

À chacune des trois étapes, les chercheurs en marketing ont su proposer des grilles d'analyse et formuler des recommandations managériales. Dans la partie suivante, nous allons donc examiner successivement ces trois étapes de l'évolution du magasinage en nous focalisant bien entendu sur les recherches portant sur les facteurs d'atmosphère.

3.1 Les facteurs d'atmosphère dans les magasins réels

3.1.1 Les dimensions prises en compte

Précisons tout d'abord que le magasinage est désormais (Benavent et Evrard⁶⁵, 2002 ; Filser, 2002⁶⁶) considéré comme étant un moyen pour le consommateur de produire ses propres expériences de consommation. Les facteurs d'atmosphère ne sont qu'une des composantes de cette expérience (voir pour une vision globale la revue de littérature d'Antéblan, Filser et Roederer, 2013)⁶⁷.

Pour pouvoir séduire ces clients « producteurs d'expérience », et également afin de se différencier de la concurrence, les gestionnaires de magasins réels (par opposition à magasin virtuel ; dans la suite du document nous appellerons « magasin » un espace de vente réel, et par opposition « magasin virtuel » un espace de vente en 2 ou 3D sur le web) ont tenté de comprendre et d'expliquer les ressorts des réactions des consommateurs sur le lieu de vente. La maîtrise de l'environnement de vente, et plus spécifiquement de ses facteurs d'atmosphère, a donc fait l'objet de recherches approfondies que nous allons détailler ci-après.

Étymologiquement les deux mots grecs à l'origine de ce mot sont *atmos* et *sphaira*, mot à mot « vapeur » et « sphère » : l'air qui entoure la sphère. S'agissant d'un point de vente il s'agit donc de tous les éléments tangibles (architecture, couleurs, disposition des produits, ...) et intangibles (musique, senteurs, lumière...) sur lesquels le distributeur peut faire des choix.

Les premiers fondements théoriques sur ces facteurs d'atmosphère ont été apportés par Kotler⁶⁸ qui, en 1973, propose une définition du concept « d'atmosphériques » comme étant : « *la création d'un environnement d'achat produisant des effets émotionnels spécifiques chez l'individu, tel que le plaisir ou l'excitation, susceptibles d'augmenter sa probabilité d'achat* ». Kotler distingue alors **quatre dimensions** dans l'atmosphère des points de vente : **le visuel, l'olfactif, l'audio et le tactile**.

⁶⁵ Benavent C. et Evrard Y. (2002), Extension du domaine de l'expérience, *Décisions Marketing*, 28, 7-11.

⁶⁶ Filser M. (2002), Le marketing de la production d'expériences : statut théorique et implications managériales, *Décisions Marketing*, 28, 13-22.

⁶⁷ Antéblan B., Filser M. et Roederer C. (2013), L'expérience du consommateur dans le commerce de détail. Une revue de littérature, *Recherche et Applications en Marketing*, 28, 3, 84 – 113.

⁶⁸ Philip Kotler P. (1973), Atmospheric as a Marketing Tool, *Journal of Retailing*, 49(4), 48-64.

A travers les nombreux exemples concrets de son article séminal, il pointe également le fait que l'éventuelle différence entre l'atmosphère voulue et l'atmosphère perçue peut être liée aux consommateurs eux-mêmes (culture, expérience, perception...).

Donovan et Rossiter (1982)⁶⁹, approfondissent ces recherches en analysant l'influence de cet environnement sur le comportement des visiteurs et ébauchent un cadre théorique.

Le modèle de Baker (1986)⁷⁰ propose ultérieurement de classer les composantes atmosphériques d'un point de vente en trois grandes catégories :

- Les facteurs **d'ambiance** englobant les couleurs, les images, les facteurs sonores et les facteurs olfactifs.
- Les facteurs **de design** caractérisés par l'architecture du magasin, l'accessibilité des offres et le rangement.
- Les facteurs **sociaux** tels les employés du magasin, les clients et les relations entre ces deux groupes.

Cette classification a été validée et utilisée par la suite à de très nombreuses reprises dans l'analyse et la description de l'atmosphère des points de vente. Ainsi Eroglu et Machleit (1993)⁷¹ élargissent la définition d'atmosphère en « tous les éléments physiques et non physiques du magasin qui peuvent être contrôlés afin d'influencer les comportements des occupants (tant les consommateurs que les employés). Ces éléments peuvent être multiples et incluent des stimuli d'ambiance tels que la couleur, l'odeur, la musique, la lumière, et les matières, ainsi que l'architecture et des éléments artificiels ».

Selon Daucé et Rieunier (2002)⁷³ le cadre conceptuel le plus exhaustif (Figure 13 ci-dessous) a été élaboré par Bitner en 1992⁷². D'après eux, « ce cadre suggère que les différentes dimensions de l'environnement sont perçues à la fois par l'employé et le client, chacun répondant de façon cognitive, émotionnelle et physiologique à l'environnement ».

⁶⁹ Donovan R.J. et Rossiter J.R (1982), Store atmosphere : an environmental psychology approach, *Journal of retailing*, N°58, P 34-57

⁷⁰ Baker, J. (1986), The Role of the Environment in Marketing Services : The Consumer Perspective, in *The Services Challenge : Integrating for Competitive Advantage*, The American Marketing Association, eds. J.A.

⁷¹ Eroglu S.A. et Machleit K.A. (1993), Atmospheric in the retail environment : sights, sounds and smells, *Advances in Consumer Research*, Vol. 20, P. 34.

⁷² Bitner M.J. (1992), Servicescapes: the impact of physical surrounding on customers and employees, *Journal of Marketing*, 56, 2, 57-71.

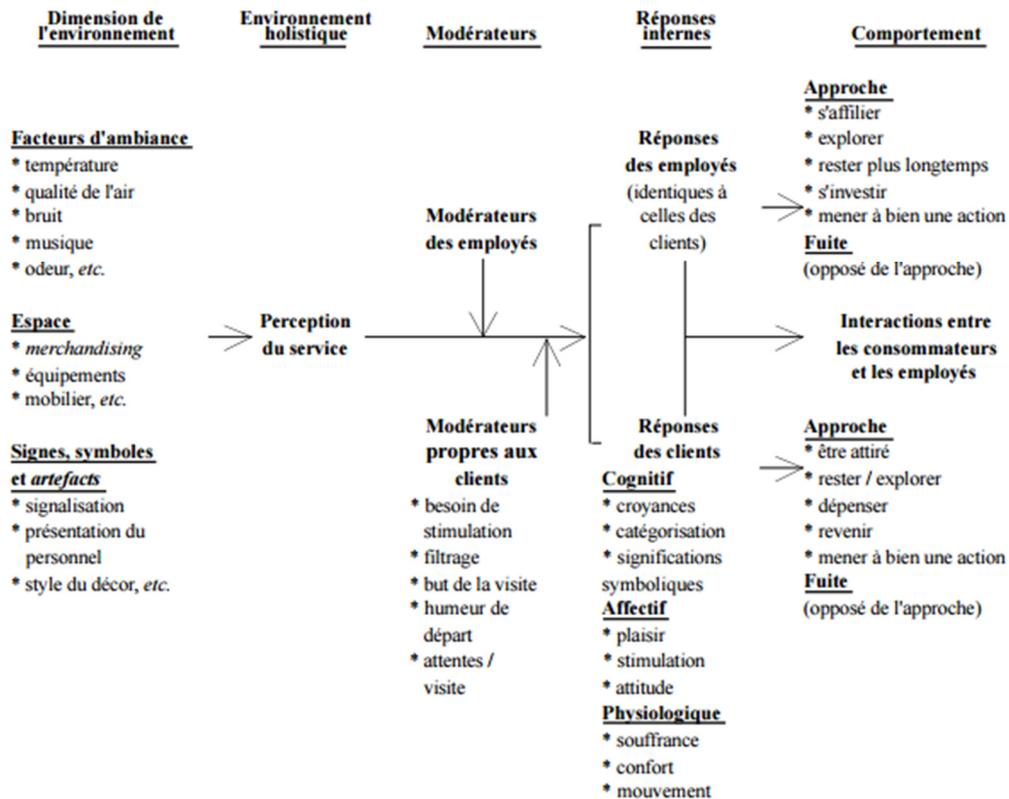


Figure 18 : Le cadre conceptuel de Bitner (1992)

Nous détaillerons ultérieurement les principales composantes de ce modèle car, en version simplifiée, il servira de base à notre modèle.

De multiples recherches se sont ensuite focalisées sur les rôles respectifs de ces différentes variables atmosphériques. Citons l'influence :

- des différentes couleurs : Crowley et Hasty, 1993⁷³ ; Divard et Urien 2001⁷⁴,

⁷³ Crowley A. E. (1993), The two-dimensional impact of color on shopping, *Marketing Letters*, 4.1, 59-69.

⁷⁴ Divard R. et Urien B. (2001), Le consommateur vit dans un monde en couleurs, *Recherche et Applications en Marketing*, vol. 16, n° 1, 2001, p. 3-24.

- de la musique : Millman, 1982⁷⁵ ; Areni et Kim, 1993⁷⁶ ; Gallopel, 1998⁷⁷ Rieunier, 1998⁷⁸ ; Jacob et Guéguen, 2002⁷⁹,
- des odeurs : Cox, 1969⁸⁰ ; Maille, 2001⁸¹ ; Daucé et Reunier, 2002⁸²,
- de l'éclairage : Golden et Zimmermann, 1986 ; Baker et Cameron, 1996 ; Driss, Hafsia, Zghal, 2008,
- de la foule : Hui et Bateson, 1991⁸³ ; Dion-Lemé, 1999⁸⁴. La sensation de foule est liée à la densité de personnes au sein d'un lieu déterminé. L'individu estime de façon subjective cette densité et le relie à l'espace disponible et à sa structuration (Eroglu et Harrell, 1986)⁸⁵. Les recherches sur ce sujet amènent généralement à la conclusion que la sensation de foule a une influence négative sur l'affect du visiteur et peut même nuire à sa volonté d'achat.

⁷⁵ Milliman R.E. (1982), Using Background Music to Affect Behavior of Supermarket Shoppers, *Journal of Marketing*, 46 (Summer), 86-91.

⁷⁶ Areni C. S. ET Kim D. (1993), The Influence of background music on shopping behavior: classical versus top-forty music in a wine store, *Advances in Consumer Research*, Volume 20, eds. Leigh McAlister and Michael L. Rothschild, Provo, UT : Association for Consumer Research, 336-340.

⁷⁷ Gallopel K. (1998), *Influence de la musique sur les réponses des consommateurs à la publicité: prise en compte des dimensions affective et symbolique inhérentes au stimulus musical*, thèse de doctorat Rennes 1.

⁷⁸ Rieunier S. (1998), L'influence de la musique d'ambiance sur le comportement du client : revue de littérature, défis méthodologiques et voies de recherches », *Recherche et Applications en Marketing*, 13, 3, 57-77.

⁷⁹ Jacob C., Guéguen N. (2002), Variations du volume d'une musique de fond et effets sur le comportement de consommation : une évaluation de terrain, *Recherche et Applications en Marketing*, 17, 4, 35-43.

⁸⁰ Cox D.F. (1969), The sorting rule model of the consumer product evaluation process, Risk Taking and Information Handling , *Consumer Behavior*, Boston, MA, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 324-369.

⁸¹ V. Maille (2001), L'influence des stimuli olfactifs sur le comportement du consommateur: un état des recherches, *Recherche et Applications En Marketing*, 16.2, 51-75.

⁸² Daucé B. et Rieunier S. (2002), Le marketing sensoriel du point de vente, *Recherche et applications en marketing*, 17.4, 45-65.

⁸³ Hui M. K. et Bateson J. E. G. (1991), Perceived Control and the Effects of Crowding and Consumer Choice on the Service Experience, *Journal of Consumer Research*, 18.2, 174.

⁸⁴ Dion-Le-Mée D., *La foule dans un contexte commercial : Concept, mesure, effets sur les comportements*, Thèse de Sciences de Gestion, 1999, IGR, Université de Rennes I.

⁸⁵ S. Eroglu and G.D. Harrell, Retail Crowding: Theoretical and Strategic Implications, *Journal of Retailing*, 1986, 346-63.

Une synthèse des différentes composantes de l'atmosphère d'un magasin physique est proposée par Daucé et Rieunier (2002)⁸⁶.

Facteurs tactiles	- Les matières de l'agencement
	- La température du magasin
Facteurs sonores	- La musique d'ambiance diffusée
	- Le bruit généré par le fonctionnement du magasin
Facteurs gustatifs	- Les dégustations éventuellement proposées
	- Les produits proposés dans les commerces annexes
Facteurs olfactifs	- Les senteurs diffusées
	- Les odeurs du magasin et de son environnement
Facteurs visuels	- Les couleurs du décor
	- La lumière utilisée
	- L'architecture intérieure
	- La propreté du magasin
	- Les expositions temporaires
	- La disposition des articles dans le magasin
	- L'espace des allées
Facteurs sociaux	- Le personnel de vente
	- Le style et la densité des clients

Tableau 1 : Récapitulatif des composantes de l'atmosphère, adapté de Daucé - Rieunier 2002

3.1.2 L'atmosphère un concept holistique.

Guichard, Lehu et Vanheems (1998) puis Divard et Urien (2001) mettent en avant le comportement poly-sensoriel du consommateur qui, dans son évaluation des environnements commerciaux, va être impacté par les dimensions sonores, olfactives, visuelles, tactiles voire gustatives.

En prenant en compte ces travaux, Lemoine (2002)⁸⁷ aborde la multi-dimensionnalité de l'atmosphère en combinant simultanément trois dimensions : facteurs ambiants, facteurs de design et facteurs sociaux et en analyse les conséquences sur les états émotionnels et les réactions comportementales des individus. Pour Lemoine, l'atmosphère est donc multidimensionnelle puisqu'elle agrège des éléments de structures (du magasin) et d'ambiance (liés aux clients et au personnel). Cette multi-dimensionnalité « doit être considérée par les praticiens comme un outil de gestion à part entière

⁸⁶ Daucé B. et Rieunier S. (2002), Le marketing sensoriel du point de vente, *Recherche et applications en marketing*, 17.4, 45–65.

⁸⁷ Lemoine J.F. (2002), Perception de l'atmosphère du point de vente et réactions émotionnelles et comportementales du consommateur, *Actes du 5ème Colloque Etienne Thil*. La Rochelle.

susceptible d'affecter positivement les émotions de leurs clients et le montant de leur transactions », elle doit prendre en compte les réactions aux différentes composantes sensorielles de l'environnement marchand. Une de ses conclusions est que les clients achètent davantage quand l'éclairage leur plaît.

Dauce et Reunier (2002)⁷³ ont, par ailleurs, confirmé qu'un des objectifs du marketing des points de vente va être d'éveiller chez le consommateur des réactions affectives et cognitives favorisant l'acte d'achat, en jouant sur ses sens et en augmentant le plaisir et l'état de détente. C'est l'ensemble de ces influences que nous allons détailler dans la partie suivante.

3.1.3 Quelles sont les réponses des consommateurs face aux facteurs d'atmosphère dans un environnement marchand réel ?

C'est en partant du cadre conceptuel de Bitner (1992) présenté ci-avant, et en s'intéressant plus spécifiquement aux réactions internes et comportementales, que Dauce et Rieunier vont proposer un modèle simplifié que nous détaillons ci-dessous.

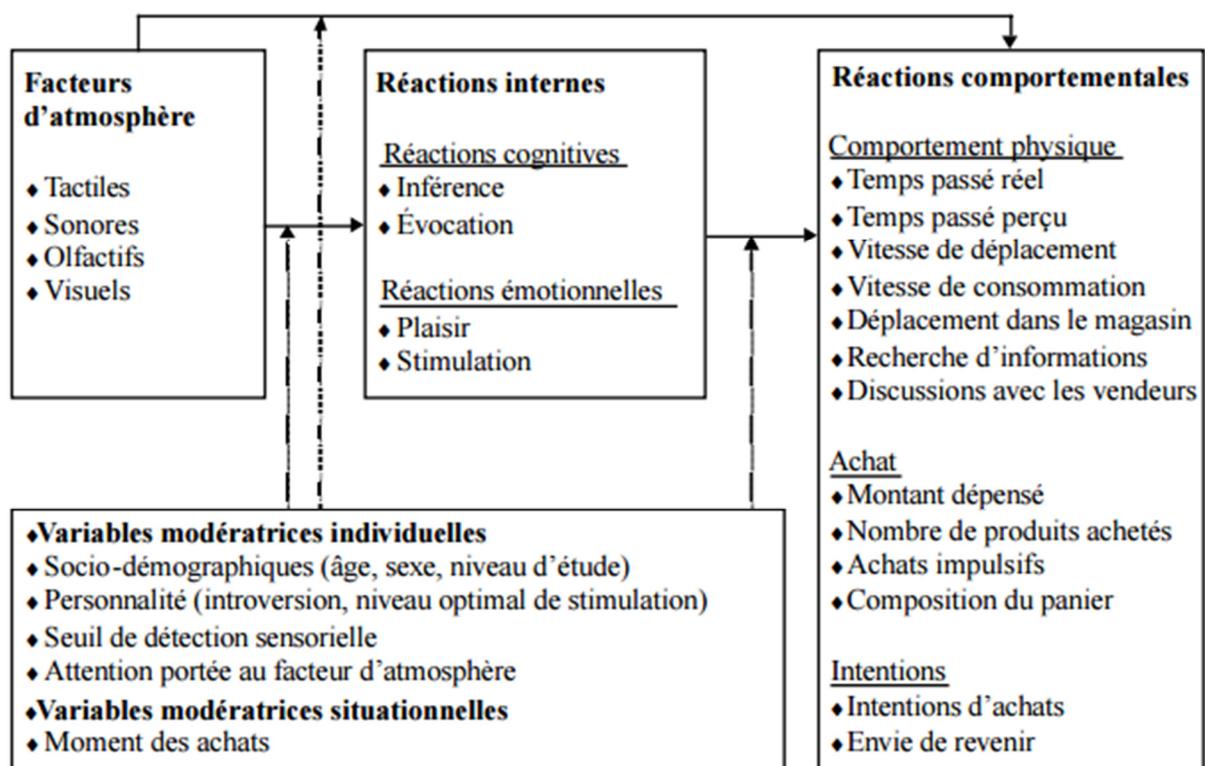


Figure 19 : Cadre conceptuel simplifié proposé par Dauce et Rieunier (2002) : l'influence de l'atmosphère sur le comportement du client en magasin

Les réactions internes suscitées par l'atmosphère d'un point de vente réel sont de deux types *cognitifs* et *émotionnels*.

Les réactions cognitives se subdivisant également en deux sous-ensembles : inférence et évocation. **L'inférence** est effectuée par le visiteur soit en partant des attributs extrinsèques du produit (Pinson, 1986)⁸⁸, soit sur l'environnement du magasin (Broekemier, 1993)⁸⁹. Yalch et Spangenberg (1993)⁹⁰ citant l'exemple d'un magasin de vêtements dans lequel « *les clients perçoivent le magasin comme bas de gamme avec de la musique de variétés* » (vs. musique classique vs. musique new age). **L'évocation** est liée au vécu de l'individu et ce que les stimuli de l'atmosphère peuvent réveiller en lui (histoire, vécu, ...). Des images et des odeurs de plage peuvent ainsi renforcer la crédibilité de l'atmosphère d'un magasin de vêtements d'été.

Les réactions émotionnelles ayant une influence sur le plaisir (humeur) sont basées sur les travaux de Mehrabian et Russell (1974)⁹¹ qui concluaient que « *l'influence d'un environnement était essentiellement affective* ». Ce sont ces affects qui vont ensuite influencer sur l'évaluation, l'appréciation et la décision. Pour appréhender et évaluer les réactions émotionnelles des visiteurs ces auteurs ont proposé une échelle sémantique différentielle en trois dimensions (l'échelle PAD, pour Plaisir, Activation et Dominance). Le plaisir (état positif) traduit les niveaux de satisfaction et de bien-être d'un individu. L'activation (activité physique ou vivacité mentale) comporte deux pôles extrêmes : le sommeil et la surexcitation. Enfin la dominance, reflète le sentiment, ou non, de contrôle, de pouvoir ou d'influence.

Les réactions émotionnelles de stimulation que l'on peut évaluer sont essentiellement des réactions physiologiques. Comme nous le verrons dans notre état de l'art des mesures physiologiques, certaines caractéristiques des réponses du corps humain à des stimuli de leur environnement (dilatation pupillaire, sudation, battements cardiaques) peuvent être le signe d'une réaction des individus à ces stimuli. Une musique qui plaît va par exemple détendre davantage les visiteurs d'un point de vente (Lemoine, 2002)⁸².

⁸⁸ Pinson C. (1986), An implicit product theory approach to consumers inferential judgments about products, *International Journal of Research in Marketing*, 3, 19-38.

⁸⁹ Broekemier G.M. (1993), *Retail store image formation and retrieval: a content analysis including effects of music and mood*, Thèse de doctorat, Université du Nebraska, Lincoln.

⁹⁰ Yalch R. et Spangenberg E. (1993), Using store music for retail zoning: a field experiment, *Advances in Consumer Research*, 20, éd. L. McAlister et M.L. Rothschild, Provo, UT, Association for Consumer Research, 632-636.

⁹¹ Mehrabian A. et Russel J.A. (1974), The Basic Emotional Impact of Environment, *Perceptual & Motor Skills*, Vol. 38, p 283-301.

- **Les réactions comportementales** sont à trois niveaux : physiques, réactionnelles et intentionnelles

Le « physique » se mesurant en termes de temps passé et de déplacements (nombre, objet, vitesse, interactions) ; le « réactionnel » en termes d'achats (quantité, montant) ; l'intentionnel en termes de projets formulés par le visiteur à l'issue de son passage en magasin (achats, revisite). Analysés séparément ou en combinaisons, les différentes composantes de l'atmosphère ont démontré leurs influences sur ces trois niveaux de réaction du visiteur. Citons par exemple la musique qui a une influence sur le temps passé en magasin : Yalch et Spangenberg (1993)⁹², Guéguen, Jacob et Legohérel (2002)⁹³, ou l'intensité lumineuse forte incitant à saisir davantage de produits (Areni et Kim, 1994)⁹⁴, voire à acheter davantage si la lumière leur plaît (Lemoine, 2002)⁹⁵.

Les deux limites de ce modèle simplifié proposé par Daucé et Rieunier sont que d'une part, en se concentrant sur le client, il ne tient pas compte de la force de vente et que d'autre part il minore les difficultés de mesures des réactions physiologiques des clients. Toutefois, malgré ses limites, il nous a semblé pertinent, notamment pour sa facilité de mise en œuvre des échelles de mesures afférentes. C'est donc sur ce modèle que nous nous baserons pour élaborer une grande partie de nos hypothèses.

3.1.4 Approfondissements spécifiques à nos travaux

Compte tenu des premiers résultats de notre étude exploratoire, menée en parallèle de nos états de l'art, et présentée dans le chapitre suivant, nous avons décidé, pour la suite de nos travaux, de **nous focaliser uniquement sur quatre facteurs d'atmosphère spécifiques à savoir :**

- la luminosité et l'éclairage additionnel et leurs couleurs,
- la disposition des produits dans les rayons (facing),
- le coefficient d'occupation au sol,
- la signalétique et sa couleur en tant qu'aide aux déplacements.

⁹² Yalch R. et Spangenberg E. (1993), Using store music for retail zoning: a field experiment, *Advances in Consumer Research*, 20, eds. L. McAlister et M.L. Rothschild, Provo, UT, Association for Consumer Research, 632-636.

⁹³ Guéguen N., Jacob C. et Legohérel P. (2002), L'effet d'une musique d'ambiance sur le comportement du consommateur : une illustration en extérieur, *Décisions Marketing*, 25, 53-59.

⁹⁴ Areni C. et Kim D. (1994), The influence of in-store lighting on consumers' examination of merchandise in a wine store, *International Journal of Research in Marketing*, 11, 2, 117-125.

⁹⁵ Lemoine J.-F. (2002), Perception de l'atmosphère du point de vente et réactions comportementales et émotionnelles du consommateur, *Actes du 5e Colloque Etienne Thil*, La Rochelle.

Ce choix a été dicté par plusieurs raisons, la première étant que ce sont des points qui ont été relevés comme prégnants par nos testeurs dans notre étude exploratoire (cf. Partie 2), la seconde étant que ces quatre facteurs pourront être évalués spécifiquement dans nos expériences ultérieures car la technologie que nous choisirons permettra de faire varier unilatéralement chacun de ces éléments. La dernière raison est que les études et recherches antérieures en marketing ont apporté de nombreux éléments de réflexion liés à ces différentes dimensions. Ces développements vont donc faire l'objet des quatre sous-parties suivantes.

Luminosité, éclairage additionnel et leurs couleurs

Selon Roulet (2002), l'éclairage et les couleurs d'un magasin physique permettent d'atteindre quatre objectifs :

- « alerter » le visiteur sur un élément ou un autre,
- « attirer » le consommateur vers un rayon ou un produit,
- accroître le « bien-être » afin de rallonger la visite en magasin,
- et enfin « rapprocher » l'offre du magasin et les attentes des consommateurs en utilisant par exemple des codes couleurs significatifs.

Luminosité

La lumière, et ses différents paramètres (couleur, intensité, variation) peuvent avoir une influence sur le comportement des consommateurs et sur leur acte d'achat.

Dès 1976, Mehrabian⁹⁶ note que l'éclairage permet d'éveiller ou non les visiteurs d'un magasin en fonction de son intensité, l'excitation soulevée par un éclairage intense trouvant son contrepoint dans la relaxation, voire la somnolence, induite par un éclairage doux.

Selon Lemoine (2002)⁹⁷, « *Il semblerait que la lumière influence la stimulation des clients en magasin : ils se sentent plus dynamiques en présence d'une lumière agréable que d'une lumière désagréable, et plus éternés avec cette dernière* ». Toujours selon Lemoine, ce ressenti de dynamisme par les

⁹⁶ Mehrabian A. (1976), *Public places and private spaces*, New York, 1976, Basic books.

⁹⁷ Lemoine J.-F. (2002), Perception de l'atmosphère du point de vente et réactions comportementales et émotionnelles du consommateur, *Actes du 5e Colloque Etienne Thil*, La Rochelle.

consommateurs se traduit dans leur comportement : les clients passeraient plus de temps lorsque l'intensité de la lumière est forte et prennent davantage de produits en mains.

Fady et Seret (2000)⁹⁸ montrent qu'un niveau d'éclairage adapté au magasin et au type de produits améliore la rapidité de perception visuelle, sans pour autant quantifier cette amélioration. Narayana et Markin (1976)⁹⁹ recommandent, quant à eux, une lumière douce pour augmenter le temps de visite. En effet, leurs travaux démontrent que des lumières plus légères réduisent l'excitation et la stimulation des clients, et limitent ainsi l'espace dans lequel ils se déplacent. Les clients seraient, par conséquent, plus concentrés sur les marchandises qui les entourent et seraient amenés à les acheter. En outre, les consommateurs doivent déployer plus d'efforts dans un environnement trop intensément éclairé, situation peu propice à la concentration de l'individu, d'après les études de Kumari et Venkatramaiah (1974)¹⁰⁰. **Ce qui suggère que les distributeurs peuvent influencer le temps passé au magasin via l'intensité de la luminosité sélectionnée.**

Si la lumière influence le temps passé dans le magasin, a-t-elle également une influence sur le comportement d'achat ? Plusieurs études ont été effectuées dans ce sens. Le potentiel de la lumière est justifié par « *sa qualité à attirer l'attention, à inciter à l'acte d'achat* » selon Driss, Bellalouna et Zghal¹⁰¹. Birren¹⁰² recommande une lumière vive pour stimuler l'achat d'impulsion. Selon Gifford (1988)¹⁰³, une lumière de forte intensité serait plus propice à l'achat car elle stimulerait les consommateurs, et les inciterait également à passer plus de temps dans le magasin (Summers et

⁹⁸ Fady A. et Seret M. (2000), *Le merchandising : techniques modernes du commerce de détail*, 5^e édition, Vuibert.

⁹⁹ Narayana C. L. et Markin J. (1976), Consumer behavior and product performance: an alternative conceptualization, *Journal of Marketing*, 39, 4, 1-6.

¹⁰⁰ Bharathi K. et Venkatramaiah S.R. (1974), Effects of Anxiety on Closure Effect Disappearance Threshold, *Indian Journal of Clinical Psychology*, 1, 114-120

¹⁰¹ Driss F. E., Bellelouna H. et Zghal M. (2006), L'impact de l'éclairage additionnel du point de vente sur les réponses comportementales et émotionnelles du consommateur, *9^e Colloque international Etienne Thil*, La Rochelle.

¹⁰² Birren F. (1973), Colour reference as a clue to personality, *Arts Psychotherapy*, 1, 1, 31-34 in R. Divard.

¹⁰³ Gifford R., (1988), Light, decor, arousal, comfort and communication, *Journal of Environmental Psychology*, 8, 177-189

Hebert, 2001)¹⁰⁴. A l'inverse, Markin (1976)¹⁰⁵ constatait qu'un d'un éclairage doux prolonge le temps passé en magasin. De fait, cette influence va dépendre de la nature des achats. Pour les achats dits courants, notamment l'alimentaire, une lumière forte pousse à l'achat tandis que pour un achat important, une lumière faible permet au consommateur de se concentrer sur les caractéristiques du produit.

L'éclairage additionnel

Outre l'éclairage général des magasins, les commerçants créent de plus en plus d'ambiances dans certains espaces, grâce à l'éclairage additionnel. L'enseigne Carrefour met particulièrement l'accent dessus avec ses hypermarchés Carrefour Planet. Ainsi, l'éclairage du magasin joue un rôle primordial dans le concept Carrefour Planet car il contribue à créer des ambiances différentes pour les neuf univers (bio, loisirs, beauté, ...)¹⁰⁶. Il est ainsi recommandé aux responsables de magasins de placer les produits d'achats prémédités dans les zones « froides » (peu attirantes) et de placer les produits à plus forte marge dans les zones d'ambiance « chaude ».

Summers et Hebert démontrent en 2001¹⁰⁷, à partir d'enregistrements vidéo effectués sur 2367 sujets, que l'éclairage additionnel a une influence positive sur le comportement du consommateur et qu'il existe une interaction positive entre affichage et éclairage additionnel.

L'étude menée par Driss, Bellalouna et Zghal en 2006 montre l'influence de l'éclairage additionnel sur le consommateur, à l'aide de questionnaires administrés aux visiteurs d'un rayon de fromages avant, puis après mise en place de l'éclairage additionnel. L'analyse de la variance permet de confirmer l'hypothèse selon laquelle l'éclairage additionnel influence positivement l'évaluation du rayon et de l'éclairage lui-même. Mais, surtout, l'étude a permis de valider l'hypothèse selon laquelle **le montant moyen dépensé augmente lorsque l'éclairage additionnel est en place.**

¹⁰⁴ Summers T.A. et Herbert P.R. (2001), Shedding some light on store atmospherics: Influence of illumination on consumer behavior, *Journal of Business Research*, 54, 2, 145-150.

¹⁰⁵ Markin R. J. et Mintz N.L. (1976), Social psychological significance of store space, *Journal of Retailing*, 52, 1, 43-54.

¹⁰⁶ Philips et Carrefour : www.lighting.philips.fr/fr_fr/projects/carrefour_planet.wpd consulté le 15.12.2015

¹⁰⁷ Summers T. et Hebert P. (2001): Shedding some light on store atmospherics : influence of illumination on consumer behavior, *Journal of Business Research*, 54, 2, 145-150.

Les couleurs

Une synthèse des travaux sur l'influence de la couleur dans les points de vente de détail a été réalisée par Roulet (2004)¹⁰⁸. Elle résume les travaux de Bellizi, Crowley et Hasty, (1983)¹⁰⁹, Bellizi et Hite (1992)¹¹⁰, Crowley (1993)¹¹¹, Brengman (2002)¹¹² et Babin, Hardesty et Suter (2003)¹¹³. Si les couleurs chaudes (jaune, rouge) semblent « activantes », elles ont toutefois comme conséquence une stratégie d'évitement contrairement aux couleurs « froides » (bleue, verte). Sa conclusion est toutefois que « *les effets supposés de la couleur sur l'émotion sont discordants selon les auteurs* » et que les résultats sont « *en partie divergents ou difficilement comparables* ». Enfin il note que l'influence de la couleur varie selon les états affectifs (orientation émotionnelle intrinsèque ou extrinsèque) des consommateurs.

La signalétique et sa couleur

Un autre facteur qui influence largement les déplacements au sein d'un espace est la signalétique. Elle a pour but de guider le client dans le magasin, ou le visiteur dans un lieu spécifique, et de lui permettre de se repérer. La signalétique utilise généralement l'identité visuelle de l'enseigne (charte graphique et couleurs). Matériellement parlant, dans un espace commercial, cette signalétique peut être suspendue au plafond, présente au-dessus et sur les rayons, en tête de gondole voire même sur le sol du magasin. Les études spécifiques sur la couleur de la signalétique dans les magasins sont assez rares. La seule étude notable est celle de Miruma (2003)¹¹⁴, elle est basée sur l'observation des réactions de consommateurs face à des têtes de gondoles dans des magasins américains. Il en ressort que la couleur

¹⁰⁸ Roulet B. (2004), *L'influence de la couleur en marketing : vers une neuropsychologie du consommateur*, Thèse de doctorat, Gestion et management. Université Rennes 1, p 251.

¹⁰⁹ Bellizi J., Crowley A. et Hasty R. (1983), The Effects of Color in Store Design, *Journal of Retailing*, 59 (Spring): 21-45.

¹¹⁰ Bellizi J.A. et Hite R. (1992), Environmental Color, Consumer Feelings and Purchase Likelihood, *Psychology and Marketing*, 9, 347-363.

¹¹¹ Crowley A.E. (1993), The Two-Dimensional Impact of Color on Shopping, *Marketing Letters*, 4 (1), 59-69.

¹¹² Brengman M. (2002), *The Impact Of Colour In The Store Environment: An Environmental Psychology Approach*, Ph.D. Thesis, Faculty of Economics and Business Administration, University of Gent.

¹¹³ Babin B.J., Hardesty D.M. et Suter T.A. (2003), Color And Shopping Intentions : The Intervening Effect Of Price Fairness And Perceived Affect, *Journal of Business Research*, 56, 541-551.

¹¹⁴ Mimura R. (2003), Color and POP: The Effective Use of Colors for Point of Purchase Displays, *Journal of Undergraduate Research*, 6, 1-15.

du fond a davantage d'influence que la couleur des lettres dans l'attention qui est portée par les visiteurs à la signalétique.

A partir de ce constat de rareté des études, il nous a semblé pertinent d'élargir notre recherche en examinant les conséquences des choix de couleurs dans d'autres contextes marchands et d'en tirer d'éventuelles conclusions sur les magasins.

- S'agissant des couleurs des packagings les auteurs ayant travaillé sur ce sujet concluent que les combinaisons couleur du texte/couleur du fond peuvent avoir une influence sur la lisibilité du message (Arnold, 1972¹¹⁵ ; Bradley, Singleton et Li Wan Po, 1994¹¹⁶). Bix, Lockart, Cardoso et Selke, dans une étude plus récente (2003¹¹⁷) ont instrumentalisé le protocole et conclu que deux combinaisons étaient particulièrement à éviter : message jaune sur fond rouge et message noir sur fond rouge. La combinaison la plus lisible de toutes étant un texte noir sur un fond blanc.
- Sur les sites internet dédiés à l'apprentissage Erdogan (2008¹¹⁸) conclut que noir ou bleu sur fond blanc facilitent également la lisibilité des textes.
- Reunier et Dion (2013¹¹⁹), proposent une synthèse comparative entre les lisibilités des couleurs selon qu'elles sont en impression (papier) ou sur un écran.

¹¹⁵ Arnold E. (1972), *Ink on paper*. New York: Harper and Row Publishers.

¹¹⁶ Bradley B., Singleton M. et Li Wan Po A. (1994), Readability of patient information leaflets on over-the-counter (OTC) medicines. *Journal of Clinical Pharmacy*, 19(1), 7-15.

¹¹⁷ BixL., Lockhart H., Cardoso F. et Selke, S. (2003), The effect of color contrasts on message legibility, *Journal of Design Communication*, Spring 2003, 5.

¹¹⁸ Erdogan Y. (2008), Legibility of websites which are designed for instructional purposes. *World Applied Sciences Journal*, 3(1), 73-78.

¹¹⁹ Rieunier S., Dion D., (2013), *Le marketing sensoriel du point de vente- 4^e éd. : Créer et gérer les lieux commerciaux*, Dunod.

Couleur en impression	Couleurs sur écran
Noir sur jaune	Jaune sur noir
Jaune sur noir	Cyan sur noir
Vert sur Blanc	Blanc sur bleu
Rouge sur blanc	Noir sur jaune
Noir sur blanc	Blanc sur noir
Blanc sur bleu	Vert sur noir
Bleu sur jaune	Noir sur blanc
Bleu sur blanc	Jaune sur bleu
Blanc sur noir	Bleu sur blanc
Vert sur jaune	Bleu sur jaune
Noir sur Orange	Noir sur vert
Rouge sur jaune	Magenta sur noir

Figure 20: Lisibilité décroissante des couleurs (graphisme/fond) d'après BorggraffeK., in Devismes Ph., *Packaging, Mode d'Emploi*, 2^e édition, Dunod, 2005 et Humar, Gradisar et Turk, 2008.¹²⁰

Des recherches plus opérationnelles nous ont amenés à contacter l'entreprise ENT-Design, basée à Paris, spécialisée dans la signalétique des espaces publics. Elle a, entre autres, refondu la signalétique du centre commercial Parly II, des Aéroports de Paris (ADP), et du quartier d'affaires de la Défense. Nous avons pu interviewer Mr Pierre Guillemain, fondateur et dirigeant de cette société. Il nous a expliqué la démarche adoptée par son entreprise et certains grands résultats concernant la signalétique réelle. Il a appuyé ses propos principalement sur le cas d'ADP.

¹²⁰ Humar I., Gradisar M., et Turk T. (2008). The impact of color combinations on the legibility of a web page. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(11-12):885–899.

La signalétique : le cas du repérage dans un grand aéroport.

Le marché est certes bien moins concurrentiel que celui de la distribution mais tout aussi commercial et, d'après Mr Guillemain, l'on peut *a priori* penser que les moyens mis en place par ADP pour satisfaire ses clients pourraient également avoir un impact sur la satisfaction des clients d'un centre commercial.

Un communiqué de presse d'Aéroports De Paris¹²¹ nous apprend que la refonte de la signalétique est le fruit d'études portées sur 800 individus. "Pour être efficace, l'information véhiculée par la signalétique doit être prioritaire, elle prime sur les autres messages de l'aéroport (publicité, enseignes, etc.). Simple et très visible, elle est compréhensible par tous nos passagers quelle que soit leur culture ». On retrouve ici l'idée que **la signalétique doit être standardisée**, et dénuée de sens culturel, ce que nous a confirmé Pierre Guillemain : ses clients souhaitent souvent personnaliser leurs pictogrammes, afin qu'ils portent l'identité de leur entreprise. Or, une bonne signalétique doit, au contraire, être standardisée, afin d'en faciliter la compréhension universelle. ADP a également opté pour une **couleur de fond** par flux de passager : une couleur bleu foncé pour les arrivées, une couleur bleu clair pour les départs, et une couleur orange pour les services. En le transposant au monde des centres commerciaux, cela pourrait donner une couleur de fond par type d'enseigne (électronique, vêtements, ...), et à une couleur totalement tranchée pour indiquer les services (point accueil, toilettes, automates, ...). Les goûts des couleurs semblent être absolument personnels ; il n'y a pas une couleur préférée. L'idée selon laquelle les français sont réticents au noir a fait son temps et a été démentie par la signalétique du boulanger-pâtissier « Paul ». Mr Guillemain insiste également sur la **taille** de la signalétique. En effet, l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol, très bien classé en termes de satisfaction voyageurs, use d'une signalétique surdimensionnée. Elle a l'avantage d'être à la fois clairement visible des gens qui cherchent à se repérer, et à la fois « transparente » pour les voyageurs qui n'en ont pas besoin. Un autre point important à prendre en compte est le **contraste**. Ainsi la signalétique routière utilise le contraste du **noir sur fond jaune** afin d'augmenter l'efficacité de ses panneaux en attirant l'œil avec ce contraste. Mr Guillemain a ajouté que le contraste du panneau par rapport au reste de l'environnement a également un rôle non négligeable. Enfin, le directeur général d'ENT-Design nous a appris qu'il est couramment accepté qu'un **maximum de 6 à 8 informations par point de décision** doive être utilisé afin de fluidifier la lecture ; en effet, en matière de signalétique, un arrêt pour chercher sa route est un échec.

¹²¹ AEROPORTS DE PARIS (2009) : [Communiqué de presse](#) consulté le 10.12.2013

Tester une signalétique dans un laboratoire semble en partie inopportun, toujours selon Mr Guillemin. En effet, il est alors difficile de reproduire une situation de stress qui, pourtant, altère complètement le champ de vision et l'attention. Ainsi, un voyageur pressé ne trouvera pas son vol sur un tableau d'affichage à cause d'un regard trop volatil, qui ne prend pas le temps de lire réellement l'information. En laboratoire, et à défaut de mieux, il serait envisageable de reproduire un semblant de stress en imposant un objectif temporel et en affichant un chronomètre aux testeurs lors de certaines actions.

Les conclusions de cet entretien d'expert pourraient se résumer dans le fait que, généralement, les signalétiques réelles, si elles veulent viser tout le monde, sont assez peu efficaces et qu'il faut éviter la surcharge cognitive conséquence de la multiplication de signalétiques différentes. Nous verrons ultérieurement qu'un environnement virtuel pourrait permettre de faire apparaître/disparaître la signalétique, selon le besoin et même de la personnaliser en fonction de l'utilisateur.

Pour terminer ce bilan sur la signalétique, notons que l'usage de la technologie, au sens large, tend à se développer dans les centres commerciaux, dans le but d'aider le consommateur à se repérer (plans interactifs sur bornes, par exemple). L'utilisation d'un smartphone par un individu pour se repérer au sein d'un magasin reste encore très largement sous développé. La raison est essentiellement technique puisque le signal GPS (provenant des satellites) permettant de se positionner (latitude/longitude) est très fortement affaibli dans les structures bétonnées rendant impossible le calcul d'une position précise instantanément. D'autres possibilités techniques existent qui utilisent d'autres bandes de fréquences (Wifi, Bluetooth, NFC). Mais, faute de standards et de technologies réellement efficaces, aucune application pour smartphones ou tablettes ne s'établit, pour l'heure, comme un prolongement virtuel simple de la signalétique réelle.

Ce que nous pouvons conclure sur la signalétique et sa couleur dans les magasins réels est que deux facteurs principaux semblent influencer la visibilité d'un texte : d'une part la couleur en elle-même et d'autre part la combinaison entre cette couleur de texte et la couleur du fond.

Plus globalement, et en conclusion de cette partie sur la luminosité l'éclairage et les couleurs, nous pouvons résumer en affirmant que dans un magasin physique :

- S'agissant de l'intensité de l'éclairage global il faut distinguer deux natures de visite : la promenade, pour laquelle une lumière douce sera plus adaptée car prolongera la visite, et la visite d'intention, pour laquelle une lumière vive stimulera le consommateur.

- L'éclairage additionnel a lui un impact sur le bien-être du consommateur, ce qui se traduit par des dépenses plus conséquentes.
- L'influence exacte de la couleur de l'éclairage d'ambiance est encore sujette à discussion. En conséquence notons que, pour la suite de nos études, nous faisons donc le choix d'exclure, et donc de ne pas modifier, ce paramètre dans notre modèle et dans nos expérimentations.

Facing

Le facing est défini par Welhoff et Masson (1996)¹²² comme étant : « 'unité de visualisation d'un produit, vu de face, sur une tablette de présentation ». Selon eux, le produit ne se vend qu'à partir d'un certain niveau de présence en linéaire. Néanmoins au-delà d'un certain seuil, les ventes ne progressent plus. La courbe en S traduit le fait que le rendement marginal (effet d'un changement de facteur) est au début positif, puis tend à devenir nul puis négatif.

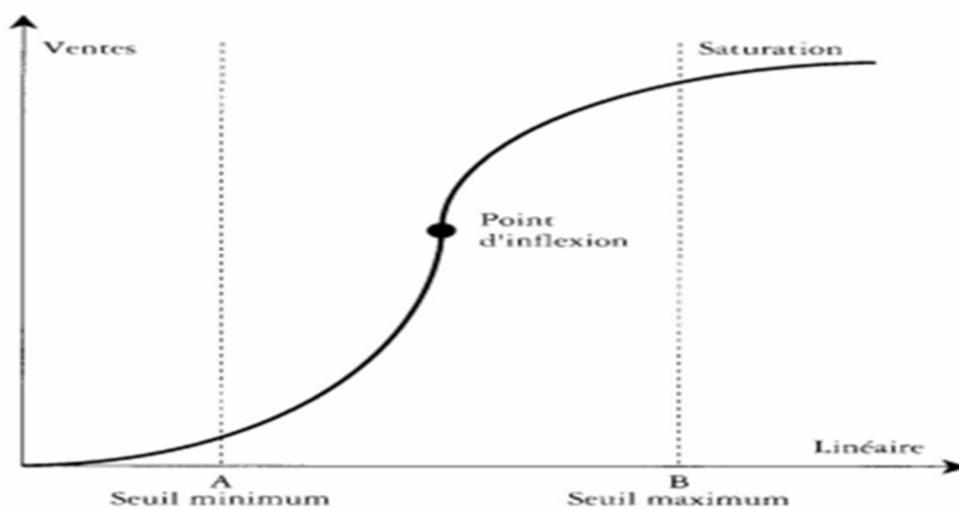


Figure 22 : Courbe des ventes en fonction de la présence en linéaire selon WellHoff et Masson (1996)

Figure 21 : Efficacité de la présence en linéaire, Source A.Wellhoff, J-E Masson

Desmet et Renaudin¹²³ sont arrivés à la même conclusion, en ajoutant toutefois un incrément qui est le type de produit. Leurs résultats prouvent qu'il y a également une corrélation entre le niveau de linéaire et le type de produits.

¹²² Wellhoff A. et Masson J. E. (1996), *Le Merchandising : objectifs, techniques et pratiques*, Ed Dunod.

¹²³ Desmet P. et Renaudin V. (1998), Estimation of Product Category Sales Responsiveness to Allocated Shelf Space, *International Journal of Research in Marketing*, Elsevier, 1998, 15 (1),443-457.

A partir de ces études, il est d'usage courant de disposer, dans les magasins réels, les produits à forte valeur ajoutée vers le centre du rayon, c'est-à-dire ni trop haut ni trop bas afin d'être dans le champ de vision du consommateur. Il faut distinguer trois niveaux d'implantation des produits sur un rayon :

- Le niveau des yeux (1,5m à 2m du sol) : niveau généralement utilisé pour disposer les nouveautés que le distributeur veut faire découvrir. Seul bémol, à cause de cette hauteur, il est possible que certains produits situés tout en haut ne soient pas tous saisissables, la taille des individus pouvant être un obstacle.
- Le niveau des mains (1m à 1,5m) : ce niveau est toujours dans le champ visuel ordinaire mais, les produits qui y sont disposés sont tous à portée de main. Le distributeur y installe généralement les produits à plus forte marge.
- Le niveau du sol (de zéro à 1m) : les produits sont alors peu visibles et peu accessibles par les adultes. On y dispose les produits pour enfants, dans certains rayons s'y prêtant. Il est également proposé d'y présenter les produits que les consommateurs ont l'habitude d'acheter et qui sont à faible valeur ajoutée.

Nous voyons que le linéaire joue un rôle commercial crucial dans les magasins réels. Dans notre étude exploratoire sur les technologies nous avons également pu noter que plusieurs éditeurs informatiques proposent des logiciels (Turbocad¹²⁴, Sketchup¹²⁵, Klee Store¹²⁶,...) allant de l'agencement général d'un magasin jusqu'au merchandising, permettant d'aider les commerçants à optimiser leurs rayons.



Figure 23 : Exemple de logiciel d'agencement de magasin physique de Dassault Systèmes (capture d'écran du 21.08.2015)

¹²⁴ <http://www.turbocad.fr/> consulté le 02.10.2016

¹²⁵ <http://www.sketchup.com/fr> consulté le 02.10.2016

¹²⁶ <http://www.kleecommerce.com/klee-store.html> consulté le 02.10.2016

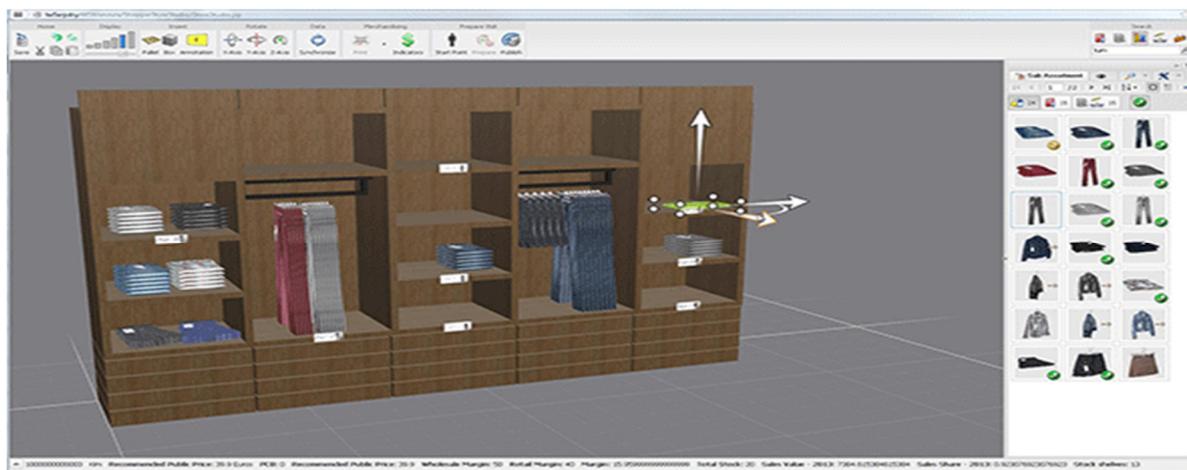


Figure 24: Exemple de logiciel de merchandising de Dassault Systèmes (capture d'écran du 21.08.2015)

La société hollandaise « VisuaRetailing »¹²⁷ propose sur son site le résultat final d'un agencement. Il s'agit d'une simulation d'un magasin 3D qui utilise les mêmes technologies (3DS Max) que nous avons choisi pour développer le magasin virtuel utilisé dans notre étude terrain finale (cf. chapitre « Cahier des charges du magasin virtuel »).

Mais le facing doit, outre mettre en valeur les produits à forte marge, respecter un certain nombre de contraintes, et notamment la contrainte de cohérence. Les produits doivent en effet être présentés de façon cohérente, afin de faciliter le repérage des clients dans le point de vente réel. On met donc en évidence un lien entre déplacement et facing. Le positionnement marketing d'un produit se doit de rappeler la catégorie du produit, avant d'en énumérer les avantages concurrentiels (Tybout et Sternthal B.)¹²⁸. Une façon de marquer l'attachement d'un produit à une catégorie est de l'attribuer au rayon de sa catégorie ce qui facilite le repérage des visiteurs. Nous devons prendre en compte cet élément dans la conception de notre maquette.

Le coefficient d'occupation des sols (COS)

Une autre variable qui rentre en jeu concernant le déplacement est le coefficient d'occupation des sols (COS), c'est le ratio entre la surface au sol des linéaires et la surface de vente totale. Par exemple un COS de 0,25 signifie que les rayons occupent un quart de la superficie du magasin. Les grandes enseignes comme Carrefour ont opté pour un COS entre 0,25 et 0,4 pour leurs hypermarchés, tandis

¹²⁷ <https://vimeo.com/102922685> consulté le 18.08.2015

¹²⁸ Tybout A.M. et Sternthal B. (1999), Les 4 D d'un bon positionnement dans *L'essentiel du marketing*, Édition d'Organisation, 39.

que les discounters tablent sur au minimum 0,5 afin de privilégier la capacité produits. Un faible COS autorise des allées plus larges, et donc facilite les déplacements. On assiste à une diminution des COS dans les grandes surfaces depuis quelques années car les consommateurs recherchent magasins plus spacieux et cette diminution donne une image de choix plus important, alors que le nombre réel de références a diminué (Vandercammen, 2002)¹²⁹. **Le COS a donc une influence sur la perception que le visiteur a de l'espace marchand.**

3.1.5 Synthèse et limites de notre étude sur les facteurs d'atmosphère dans les magasins réels

A partir de la littérature existante, nous avons pu confirmer deux points importants pour notre recherche :

- Primo, comme l'indiquent Filser et Pichon (2004)¹³⁰ « *Ces différentes recherches mettent toutes en évidence un résultat très important : la manipulation de l'atmosphère accroît la sensation de plaisir du client, mesurée par son état affectif, et prolonge le temps qu'il passe dans le magasin.* ».
- Secundo, même si il a été enrichi, **le modèle de Baker** reste, comme le souligne Lemoine (2008)¹³¹ **la plus riche des typologies** relatives aux composantes environnementale des points de vente physiques, car « *elle a fait ses preuves dans la description... elle est simple d'utilisation et pédagogique* ».
- Tertio, **les différents facteurs d'ambiance que nous avons présélectionnés sont judicieux** car chacun d'entre eux peut avoir une influence sur la perception que peut avoir le visiteur d'un magasin réel.

S'agissant des limites :

¹²⁹ Vandercammen M. et Alii (2002), *Marketing l'essentiel pour comprendre, décider, agir* », 413, Editions De Boeck.

¹³⁰ Filser M. et Pichon V. (2004), La valeur du comportement de magasinage: Statut théorique et apports au positionnement de l'enseigne. *Revue française de gestion*, no 158,(1), 29-43. doi:10.3166/rfg.148.29-43.

¹³¹ Lemoine J.F. (2008), Atmosphère des sites web marchands et réactions des internautes, *Revue française du marketing*, n° 217, 48.

- la plus importante réside dans le fait que nous avons étudié chacun de ces quatre paramètres d'ambiance indépendamment. Or il faut prendre en compte le fait que la perception humaine est holistique, c'est-à-dire qu'elle se base sur un ensemble de variables atmosphériques. Etudier une variable isolée sans interaction avec les autres va à l'encontre de cette perception holistique du consommateur. Daucé et Rieunier (2002)¹¹³ soulignent dans leurs conclusions que le modèle de Bitner (1992) « n'a jamais été validé dans son entier ». La majorité des conclusions que nous avons présentées sont donc tirées à partir d'expériences mono-facteur. Par exemple, bien que nous n'ayons pas trouvé de littérature pertinente sur le sujet, on peut raisonnablement penser qu'un lien existe entre l'éclairage et le déplacement. En effet, la création de zones avec ambiances lumineuses différentes peut faire office de signalétique dans le sens où elle permet de repérer ces zones de loin. Ce lien sera approfondi lorsque nous présenterons les critères d'ergonomie des sites 3D.

- La seconde limite important réside dans le fait que la grande majorité des études de notre état de l'art tendent à considérer la personnalité humaine comme uniforme et constante. La prise en compte des différences individuelles empêche, certes, de tirer des conclusions applicables à de larges populations, mais aurait le mérite de s'adapter au profil de chaque client. Ainsi par exemple pour la musique :

- les éléments de la personnalité d'un individu sont susceptibles de modifier les réponses face à la musique (North et Hargreaves, 1997)¹³²
- Les goûts musicaux varient avec l'âge « Les adultes, pour leur part, ont tendance à demeurer attachés aux genres musicaux qu'ils ont aimés du temps de leur jeunesse. » (Donnat 1998, P 159)¹³³.

Pour les couleurs, et selon leur caractère intro/extraverti, les gens préfèrent les couleurs froides/chaudes (Roullet)¹³⁴.

¹³² North A. C. et Hargreaves D. J. (1997), *The Social Psychology of Music*, P 268-289, Oxford Univ. Press.

¹³³ Donnat O. (1998), *Les Pratiques culturelles des Français. Enquête 1997*, Paris, Ministère de la Culture et de la Communication, DEPS/La Documentation française, mai.

¹³⁴ Roullet B. (2004), *L'influence de la couleur en marketing : vers une neuropsychologie du consommateur*. Thèse de doctorat. Gestion et management. Université Rennes 1.

Enfin, tout ceci ne tient pas compte de différences situationnelles : outre les dimensions sociale et physique, Daucé et Reunier (2002)¹³⁵ rappellent que la situation influence le consommateur (période de l'année, objectif de sa visite au magasin...).

3.2 Les facteurs d'atmosphère en e-marketing « traditionnel » 2D.

Suite à cette première analyse des facteurs d'ambiance qui stimulent les acheteurs dans des magasins physiques, intéressons-nous à présent aux facteurs d'ambiance dans les sites web classiques en deux dimensions. En préambule soulignons trois points :

- Tout d'abord, l'expérience dans les sites web a fait l'objet de nombreuses publications ces dernières années, un numéro spécial de *Recherche et Applications en Marketing*¹³⁶ y étant même entièrement consacré en 2013. En éditorial, Badot et Lemoine (2013)¹³⁷ soulignent la nécessité de relativiser la dichotomie entre magasinage traditionnel et e-shopping, l'un et l'autre se complétant de plus en plus dans la construction de l'expérience de shopping globale du client.
- En second lieu la dimension atmosphérique n'est qu'une des quatre dimensions de l'expérience de shopping en ligne (ESL) conceptualisée par Michaud-Trevinal et Stenger (2014)¹³⁸, ESL qui recouvre par ailleurs les dimensions idéologiques, pragmatiques et sociales.

¹³⁵ Dauce B. et Reunier S. (2002), « Le marketing sensoriel du point de vente ». *Recherche et Applications en Marketing*, 17, 4, 46-65.

¹³⁶ Recherche et Applications en Marketing , Numéro Spécial Shopping Experience et E-Shopping Experience, Volume 28, Issue 3, Septembre 2013.

¹³⁷ Badot, O. et Lemoine, J.-F. (sept. 2013), Du paradigme dichotomique de l'expérience d'achat au paradigme ubiquitaire., *Recherche et Applications en Marketing*, 28, 3, 3-13.

¹³⁸ Michaud-Trevinal A, Stenger T (2014) Toward a conceptualization of the Online Shopping Experience. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 21: 314-326.

Dimensions	Components	Characteristics
Physical dimension	<i>Place and senses</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Atmospherics (environment variables) ● Loss of self-consciousness
	<i>Time</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Time distortion ● Time pressure/duration of experience
Ideological dimension	<i>Shopping values</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Hedonic (sensation of pleasure and gratification) ● Utilitarian
	<i>Symbolism</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Symbols in consumption ● Symbols in shopping
	<i>Rituals</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Rituals in consumption ● Rituals in shopping
Pragmatic dimension	<i>Acts and gestures</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Shopping practices ● Routines
	<i>Appropriation of the environment</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Freedom ● Control ● Coproduction
Social Dimension	<i>Socialization</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Companions: friends, peers, family ● Vendors

Tableau 2 : Cadre conceptuel de l'expérience de shopping en ligne (Tiré de Michaud-Trévignat et Stenger, 2014).

- En dernier lieu les plus récents travaux en matière d'expérience de shopping en ligne insistent sur le caractère holistique de cette expérience, souligné dès 2003 par Caru et Cova¹³⁹. Kawaf et Tagg (2017)¹⁴⁰ proposent ainsi de définir cette expérience selon les perspectives de l'utilisateur individuel, avec comme conséquence de pouvoir proposer un e-environnement flexible et le plus proche possible de la réalité « *The ultimate role of this environment is to bring the online shopping experience closer to real-life experience* » (p. 230).

¹³⁹ Caru A. et Cova B. (2003), Revisiting Consumption Experience : A more humble but complet view of the concept, *Acoustics, Speech, and Signal Processing Newsletter*, IEEE, 3, 2, 267-286

¹⁴⁰ Kawaf F. et Tagg S. (2017), The construction of online shopping experience: A repertory grid approach, *Computers in Human Behavior*, 72.

3.2.1 Les composantes atmosphériques prises en compte

La majorité des auteurs en marketing ayant étudié ce sujet ont proposé de transposer au e-marketing les taxinomies et les résultats des analyses obtenus dans les magasins traditionnels (Volle, 1999¹⁴¹ ; Dubois et Verneette, 2001¹⁴² ; Helme-Guizon, 2001¹⁴³ ; Eroglu *et al.*, 2003¹⁴⁴ ; Sabadie et Verneette, 2005¹⁴⁵).

En reprenant les dimensions proposées initialement par Kotler (1973), Dailey (2000)¹⁴⁶ définit les « *Web atmospherics* » comme étant « *le design conscient d'environnements web permettant de créer des effets positifs chez l'internaute* », le but étant d'augmenter les réponses positives des visiteurs telles que l'achat, la re-visite ou le butinage.

Lemoine en 2003¹⁴⁷ (puis 2008¹⁴⁸ et 2012)¹⁴⁹ propose, et valide également, le fait de pouvoir utiliser le modèle « classique » de Baker pour classifier les différentes composantes de l'atmosphère d'un site web.

¹⁴¹ Volle P. (2000), Du marketing des points de vente à celui des sites marchands : spécificités, opportunités et questions de recherche, *Revue française du marketing*, 177/178, 83- 101.

¹⁴² Dubois P.L. et Verneette E. (2001), « Contributions et pistes pour la recherche en 'e-marketing' », *Recherche et applications en marketing*, 16, 3, 1-8.

¹⁴³ Helme-Guizon A. (2001), Le comportement du consommateur sur un site marchand est-il fondamentalement différent de son comportement en magasin ? Proposition d'un cadre d'appréhension de ses spécificités, *Recherche et applications en marketing*, 16, 3, 25-38.

¹⁴⁴ Eroglu S.A., Machleit K.A. et Davis L.M. (2003), Empirical Testing of a Model of Online Store Atmospherics and Shopper Responses, *Psychology and Marketing*, 20, 2, 2003, 139-150.

¹⁴⁵ Sabadie W. et Verneette E. (2005), Le management d'une servuction on line : quelles caractéristiques et implications pour le marketing ?, *Gestion 2000, Recherches et Publications en Management A.S.B.L.* 6, 171-193.

¹⁴⁶ Dailey L.C. (2000), *Navigational Atmospherics On The Web: Consumers' Responses To Restrictive Navigation Cues*, Ph.D. dissertation, The Graduate School, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

¹⁴⁷ Lemoine J.F. (2003), Vers une approche globale de l'atmosphère du point de vente, *Revue française du marketing*, 194, 83-101.

¹⁴⁸ Lemoine J.F. (2008), Atmosphère des sites web marchands et réactions des internautes, *Revue française du marketing*, 217,45-61.

¹⁴⁹ Lemoine J.F. (2012), Pour une présentation du concept d'atmosphère des sites web et de ses effets sur le comportement des internautes, *Marché et organisations* 1 (N° 15), 169-180.

Composantes atmosphériques d'un site web	Éléments constitutifs des composantes atmosphériques d'un site web
Les facteurs d'ambiance	Les couleurs Les images/illustrations Les caractéristiques de la typographie Les facteurs sonores
Les facteurs design	La navigabilité du site L'accessibilité de l'offre
Les facteurs sociaux	Les agents virtuels Les forums de discussion Les FAQ (Frequently Asked Questions)

Tableau 3 : Les composantes atmosphériques d'un site web, LEMOINE, 2008, p.50

Ses études concluent que ce sont les facteurs de design (navigabilité du site et accessibilité de l'offre) et d'ambiance (couleurs et images) qui provoquent le plus d'effets chez les internautes. Gharbi *et al.*¹⁵⁰ ont proposé une synthèse comparative des différents éléments d'atmosphère entre un magasin classique et un site web, et détaillé les constituants « techniques » permettant, dans les deux cas, d'obtenir le résultats escompté. Nous en détaillons ci-après les différentes dimensions qui concernent spécifiquement l'ambiance des sites web.

¹⁵⁰ Gharbi J.E, Ettis S. et Ben Mimoun M.S. (2002), Impact de l'atmosphère perçue des sites commerciaux sur leurs performances, *Actes de la 1ère Journée Nantaise de Recherche sur le E- marketing*, Nantes.

Dimensions de l'atmosphère d'un magasin classique		Dimensions de l'atmosphère d'un site
Facteurs d'ambiance (éclairage, odeur, musique et température)	Variables internes générales (plancher, moquette, éclairage, odeur, son, température, propreté, meubles et appareils)	Téléprésence (être absorbé par le site, substitution de l'environnement physique par celui virtuel, considérer ce dernier comme étant naturel)
	Variables de décoration (présentation des produits, présentoirs, posters, signalisation, cartes et décorations murales)	Vivacité (largeur et profondeur sensorielle, visibilité, audibilité, qualité de l'image et du son)
Facteurs de design (agencement du magasin, aisance de déplacement et facilité de trouver les produits).	Variables d'agencement et de design (allocation de l'espace, groupement des produits, circuit du trafic, emplacement des rayons et allocations au sein des rayons)	Interactivité technique (cartographie, rapidité, simultanéité, choix, revisabilité, réexamen, séquentialité)
Facteurs sociaux (interaction avec les clients, disponibilité et visibilité des vendeurs, foule et encombrement)	Variables humaines (encombrement, caractéristiques des clients et des vendeurs)	Interactivité sociale (échange d'information avec le personnel ou d'autres clients, personnalisation, continuité et profondeur des rapports sociaux)
Baker (1986)	Bitner (1992), Berman et Evans (1995) et Turley et Milliman (2000)**	Steuer (1995), Wu (2000), Coyle et Thorson (2001), Tractinsky et Rao (2001) et Jee et Lee (2002)

Tableau 4 : Comparaison des dimensions de l'atmosphère entre un magasin et un site web 2D, d'après GHARBI *et al.* (2002).

La **téléprésence** est définie comme l'expérience de sembler être présent dans un environnement à distance au moyen d'un support de communication (Steuer, 1992). La téléprésence est **déterminée par les caractéristiques du média et les caractéristiques de son utilisateur** (Lessiter *et al.*, 2001¹⁵¹). S'agissant des caractéristiques utilisateurs, elles recouvrent sa capacité perceptuelle et cognitive, son attention, la durée de son exposition et/ou de son interaction et sa familiarité avec les environnements médiatisés (Lessiter *et al.* 2001¹³⁵, Witmer et Singer 1998¹⁵²). Les caractéristiques média correspondent à la forme et au contenu du média (Heeter 1992¹⁵³ ; Lombard et Ditton 1997¹⁵⁴). Selon Steuer, la forme du média est relative à son interactivité et à sa richesse de la représentation alors que

¹⁵¹ Lessiter J., Freeman J., Keogh E., et Davidoff J. (2001), A Cross-Media Presence Questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory, *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*

¹⁵² Witmer B.G. et Singer M. J. (1998), Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire, *Presence Teleoperators & Virtual Environments*

¹⁵³ Heeter C. (1992), Being There: The Subjective Experience of Presence, *Presence: Teleoperators and virtual environments*.

¹⁵⁴ Lombard M. et Ditton T. (1997), At The Heart of It All: The Concept of Presence, *Journal of Computer-Mediated Communication*.

son contenu correspond à l'utilisation des conventions relatives au média et à la nature de la tâche ou de l'activité à opérer.

La vivacité, toujours selon Steuer, est le corollaire de la richesse de la représentation, c'est-à-dire la manière dont le site web va apporter des informations aux sens de l'internaute. Tout comme une gamme de produits, la vivacité va se décliner en largeur (nombre de sens impactés par un site) et en profondeur sensorielle (qualité des informations perçues).

L'interactivité technique se rapproche du concept d'ergonomie des sites web puisqu'elle va concerner la facilité de navigation (aides visuelles, cartographie...), la fluidité (temps d'attente entre action du visiteur et réaction du média), et enfin l'éventail de choix de possibilités offertes à l'instant « T » dans la navigation.

L'interactivité sociale, ou « social presence » en anglais, est définie comme la mesure dans laquelle un médium permet à un individu d'établir un lien personnel avec les autres (tels que l'interaction avec une autre personne est jugée comme étant sociale, sensible et personnelle). Cette présence, si elle est élevée, permet à un individu de vivre l'expérience avec ses interlocuteurs comme s'ils étaient physiquement présents (Short *et al.*, 1976¹⁵⁵ ; Yoo et Alavi 2001¹⁵⁶).

Pelet (2008)¹⁵⁷ propose de définir le concept d'atmosphère dans un site web marchand par « l'interface soit l'ensemble des composantes touchant le champ visuel et auditif capables de stimuler les sens des internautes, en vue de percevoir ses réactions émotionnelles, cognitives, psychologiques, physiologiques et comportementales par leur modification ». Là encore, nous retrouvons les briques essentielles du modèle de Baker.

C'est donc en manipulant ces différentes variables (ambiance, design et social) sur des sites web que les chercheurs ont pu les tester.

¹⁵⁵ Short J.A., Williams E. et Christie, B. (1976), *The social psychology of telecommunications*. New York: John Wiley & Sons.

¹⁵⁶ Yoo Y. et Alavi M. (2001), Media and Group Cohesion: Relative Influences on Social Presence, Task Participation, and Group Consensus, *MIS Quarterly*, (25: 3).

¹⁵⁷ Pelet J.E., (2008), *Effets de la couleur des sites web marchands sur la mémorisation des informations commerciales et sur l'intention d'achat du consommateur*, Thèse de doctorat.

Toutefois nous pouvons évoquer quelques limites. En effet, Helme-Guizon (2001) a souligné le fait que la médiation de l'écran limite la perception de l'internaute au visuel uniquement, alors que dans un magasin réel il est possible de proposer une expérience poly-sensorielle. De ce fait, les sensations ressenties face à un écran sont généralement moins intenses. Lemoine (2012) signale, quant à lui, que les interactions entre les différentes composantes atmosphériques sont encore très peu étudiées alors que prises une à une elles le sont très fréquemment (Halle et Hanna, 2003¹⁵⁸ ; Gorn *et al.*, 2004¹⁵⁹ ; Moss, Gun et Heller, 2006¹⁶⁰).

En conclusion de cette section consacrée aux facteurs d'atmosphère dans les sites web « classiques » nous pouvons valider, là encore, que le modèle de Baker appliqué à des sites web marchand propose des dimensions suffisamment complètes pour pouvoir être utilisé dans ce contexte.

3.2.2 Quelles sont les réponses des consommateurs face aux facteurs d'atmosphère des sites web classiques 2D ?

D'après Gerbert *et al.* (2000)¹⁶¹: « *c'est le contexte, et non le produit, qui fait toute la différence* » ! On perçoit donc à travers cette citation l'importance de ce que Childers *et al.* appelleront les « webmospherics »(2001)¹⁶². S'agissant donc de sites classiques en deux dimensions, de nombreux auteurs ont successivement analysé les réponses affectives et cognitives des internautes face à des variations des composantes atmosphériques. Ils ont pour la plupart démontré que ces réponses ont

¹⁵⁸ Hall R.H. et Hanna P. (2003), The Impact of Web Page TextBackground Color Combinations on Readability, Retention, Aesthetics and Behavioral Intention, *Behavior and Information Technology*, 23, 3, 183-195.

¹⁵⁹ Gorn G., Chattopadhyay A., Sengupta J. et Tripathis S.(2004), Waiting for the Web: How Screen Color Affects Time Perception, *Journal of Marketing Research*, 41, 215-225.

¹⁶⁰ Moss G., Gunn R. et Heller J.(2006), Some Men Like it Black, Some Women Like it Pink: Consumer Implications of Differences in Male and Female Website Design, *Journal of Consumer Behaviour*, 5, 4, p. 328-342

¹⁶¹ Gerbert P., Kaas P. et Schneider D. (2000), *Les nouveaux marchands du net, les clés du commerce électronique*, Paris, Editions Générales First.

¹⁶² Childers M., Terry L., Carr C. L., Peck J. et Carson S. (2001), Hedonic and Utilitarian Motivations for Online Retail Shopping Behavior, *Journal of Retailing*, 77 (Winter), 511-35.

des conséquences sur le comportement et les intentions des visiteurs d'un site web (Eroglu *et al.*, 2001¹⁶³ ; Galan *et al.*, 2001¹⁶⁴ ; Helme-Guizon, 2001¹⁶⁵ ; MCKinney, 2004¹⁶⁶ ; Lemoine, 2008¹¹⁷).

La plupart de ces chercheurs ont utilisé le paradigme « S-O-R Framework » (Stimulis Organism Response) pour définir les impacts de l'atmosphère d'un site sur le comportement de ses visiteurs. En effet, cette méthode permet de définir les caractéristiques technologiques et spatiales et leurs influences sur les expériences virtuelles vécues par l'internaute dans un site web 2D. Rappelons que ce modèle psycho-environnemental a été proposé par Mehrabian et Russel en 1974¹⁶⁷, dans un environnement physique, afin de pouvoir analyser l'impact des stimuli de l'environnement sur les états émotionnels de l'individu et, par voie de conséquences, sur son comportement.

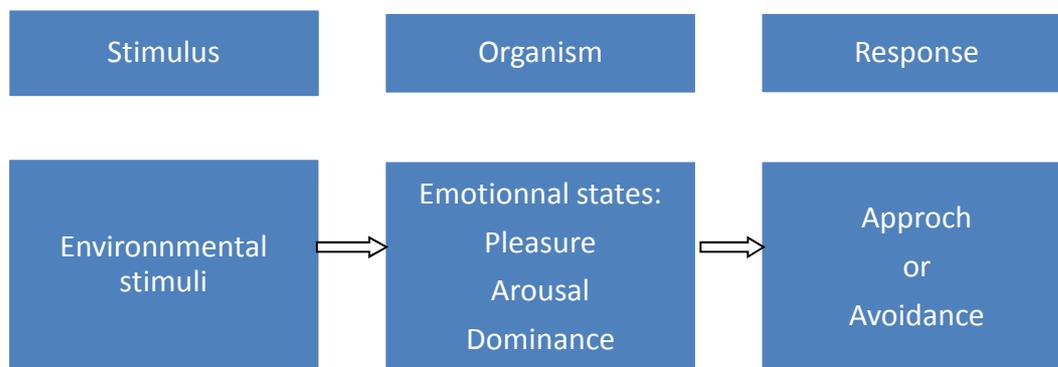


Figure 25 : Le modèle S.O.R de Mehrabian et Russel 1974

¹⁶³ Eroglu, S. A., Machleit K.A. et Davis L. M. (2001), Atmospheric Qualities of Online Retailing: A Conceptual Model and Implications, *Journal of Business Research*, 54, 2, 177-84.

¹⁶⁴ Galan J.P. et Gonzales C. (2001), Webscape: a theoretical framework of website design impact on consumer responses, *European Advances in consumer research*, Association for consumer Research, 270-275.

¹⁶⁵ Helme-Guizon A. (2001), Le comportement du consommateur sur un site marchand est-il fondamentalement différent de son comportement en magasin : Proposition d'un cadre d'appréhension de ses spécificités, *Recherche et Applications en Marketing*, 16, 3, 25-38.

¹⁶⁶ McKinney L. (2004), Creating a satisfying Internet shopping experience via atmospheric variables, *International Journal of Consumer Studies*, 28, 3, 268-283.

¹⁶⁷ Mehrabian A. et Russell J. A. (1974), *An Approach to Environmental Psychology*, Cambridge, Mass, MIT Press.

En effet, face à un stimulus de son environnement, l'individu va d'abord avoir une réaction émotionnelle (affective), liée aux caractéristiques de son organisme. Puis dans un second temps, cette réaction émotionnelle se traduira par des modifications de comportement.

Les stimuli sont donc les composantes de l'atmosphère du site web telles que nous les avons définis précédemment (essentiellement des éléments visuels et auditifs).

Dans ce modèle S.O.R de Mehrabian et Russel, **les réactions émotionnelles** possibles sont de trois types : « *pleasure* » le plaisir, « *arousal* » l'excitation (parfois dénommée « éveil ») et « *dominance* » la dominance (« domination »). L'abréviation utilisée fréquemment est « P.A.D. »

- Le plaisir est défini par Baker Levy et Grewal (1992)¹⁶⁸ comme « *the extent to which a person feels good in the environment* » (p 449), autrement dit la mesure du bien-être (émotions liées au bonheur, au consentement, à la satisfaction) dans un environnement.
- L'excitation représente la mesure dont l'individu se sent stimulé ou éveillé et donc prêt à réagir.
- Et enfin la dominance reflète le sentiment qu'a le visiteur de dominer, contrôler, ou non, la situation dans laquelle il évolue.

Les réponses sont binaires : approche ou évitement. Plus précisément, Donovan et Rossiter (1982)¹⁶⁹ détaillent, pour les environnements marchands, quatre familles de réactions :

- L'envie de découvrir (versus d'ignorer) l'environnement,
- L'envie de communiquer avec les autres (versus ignorer),
- l'envie de rester dans le magasin (versus sortir),
- le niveau de satisfaction vis-à-vis de l'objectif à atteindre.

Le manque d'un système de classification de ces composantes est le principal reproche fait au modèle de Mehrabian et Russel par Baker Levy et Grewal (1992)¹⁵². En conséquence la grande majorité des chercheurs utilisent donc désormais le modèle de Baker (1986)¹⁷⁰. C'est en utilisant cette typologie de

¹⁶⁸ Baker J., Levy M. et Grewal D. (1992), An experimental approach to making retail store environmental decisions, *Journal of Retailing*, 68, 4, 445-460.

¹⁶⁹ Donovan R. J. et Rossiter J. R. (1982). Store atmosphere: An environmental psychology approach. *Journal of Retailing*, 1982. 58(1), 34.

¹⁷⁰ Baker, J. (1986), *The Role of the Environment in Marketing Services: The Consumer Perspective*, in *The Services Challenge: Integrating for Competitive Advantage*, The American Marketing Association, eds. J.A.

Baker, et les éléments complémentaires proposés par Bitner (1992), qu'Eroglu *et al.* (2001)¹⁷¹ ont démontré que le paradigme behavioriste du « Stimulus-Organisme-Réponse », considéré désormais comme classique, est influencé par les réponses que peuvent faire les acheteurs en ligne aux facteurs d'atmosphère. Le modèle qu'ils proposent est le suivant :

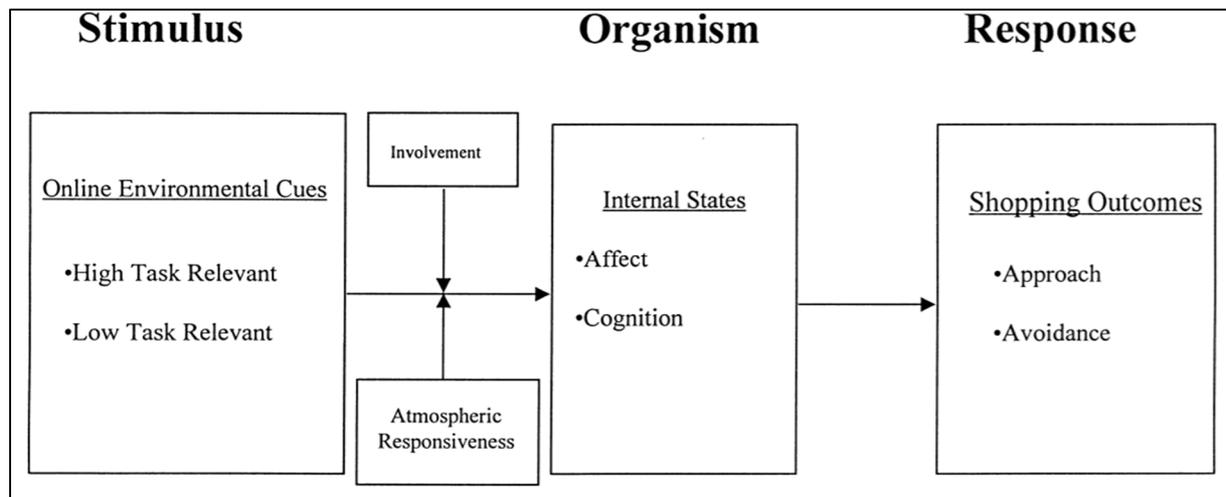


Figure 26 : Modèle S O R de la réponse de consommateurs dans l'achat en ligne selon Eroglu *et al.*

Dans leurs conclusions, ils soulignent également que, pour les chercheurs en marketing, les magasins virtuels présentent davantage de flexibilité que les magasins réels dans la manipulation des différentes variables atmosphériques dans le temps et l'espace.

Ettis (2008)¹⁷² justifie l'utilisation de ce modèle pour les environnements virtuels de vente en pointant toutefois la nécessité d'y inclure la capacité immersive des environnements virtuels ainsi que des variables modératrices liées au média internet en lui-même.

Cette première vision, basée sur l'idée que l'atmosphère influence les réponses des visiteurs d'un site web en agissant d'abord sur leur état émotionnel, est complétée par une seconde vision qui met en avant les influences de l'atmosphère sur l'immersion, les valeurs perçues et les comportements

¹⁷¹ Eroglu, S. A., K. A. Machleit et Davis L. M. (2001), Atmospheric Qualities of Online Retailing: A Conceptual Model and Implications, *Journal of Business Research*, 54, 2,177-84.

¹⁷² Ettis S. (2008), *L'atmosphère des sites web marchands et les réactions des consommateurs en ligne : impact de la couleur dominante, de la musique d'ambiance et des animations*. Thèse de doctorat.

(Bettaieb et Poncin, 2013¹⁷³ ; Charfi, 2012¹⁷⁴). Ces aspects, applicables également à la 3D, sont développés dans la suite de notre document (3.3.2).

¹⁷³ Bettaieb G. et Poncin I (2013), Les facteurs d'atmosphère dans un site en 3D: des facteurs classiques à la mobilisation des 5 sens dans l'expérience de shopping en ligne. *29ème Congrès International de l'Association Française du Marketing*. La Rochelle, mai.

¹⁷⁴ Charfi A. (2012), *L'expérience d'immersion en ligne dans les environnements marchands de réalité virtuelle*. Thèse de doctorat ès Sciences de Gestion: Université Paris Dauphine, juin.

3.2.3 L'impact du mode de navigation

Les études séminales sur le magasinage dans des magasins classiques menées par Downs (1961)¹⁷⁵ indiquent que cette activité peut être dirigée vers trois objectifs différents : obtenir un produit (ou service), rechercher de l'information et avoir une activité récréative. Les enquêtes de Tauber (1972)¹⁷⁶ révèlent que « faire les courses » peut être, pour certaines personnes, une activité dont le but dépasse la simple fonction d'approvisionnement. Babin *et al.* (1994)¹⁷⁷, en regroupant les deux premiers objectifs de Downs, mettent en place une échelle de mesure et les concepts de shopping utilitaire d'une part et hédoniste d'autre part. Par la suite Bonnin (1999)¹⁷⁸, Reynolds *et al.* (2002)¹⁷⁹ et Arnold et Reynolds (2003)¹⁸⁰ confirment cette typologie des magasiniers utilitaristes versus expérientiels pour des magasins classiques.

S'agissant de magasinage sur des sites web, Wolfinbarger et Gilly (2001)¹⁸¹ confirment que cette dualité peut s'appliquer aux sites web. Ils recensent les facteurs importants et les attentes des consommateurs présentés dans le tableau ci-dessous :

¹⁷⁵ Downs A.(1961), A Theory of Efficiency, *Journal of Retailing*, 37, Dpring, 6-12.

¹⁷⁶ E.M. Tauber, (1972), Why do people Shop? , *Journal of Marketing*, 36, 46-59.

¹⁷⁷ Babin B. J., Darden W. R.,Griffin M. (1994), Work and/or Fun : Measuring Hedonic and Utilitarian Shopping Value, *Journal of Consumer Research*, 20, 4, 644–656.

¹⁷⁸ Bonnin G. (1999), L'acte de magasinage : description et interprétation des pratiques spatiales des individus en rayon, *Actes du 15ème Congrès International de L'AFM*, Strasbourg, Tome 1, 117-136.

¹⁷⁹ Reynolds K. E. Ganesh J. et Lockett M. (2002), Traditional mall vs. factory outlets : comparing shopper typologies and implications for retail strategy, *Journal of Business Research*, 55, 687-696.

¹⁸⁰ Arnold M.J. et Reynolds K.E. (2003), Hedonic shopping motivations, *Journal of Retailing*, 79, 1, 77-95.

¹⁸¹ Wolfinbarger M. et Gilly M.C. (2001), "Shopping online for freedom, control, and fun", *California Management Review*, 43, 2, 34-55.

	Facteurs importants	Attentes des internautes
Magasinage utilitaire	<ul style="list-style-type: none"> - L'accessibilité et la commodité - Le choix - L'information - La disponibilité - Le minimum d'interactions sociales 	<ul style="list-style-type: none"> - La liberté - Le contrôle - L'atteinte de l'objectif - Pas l'expérience
Magasinage expérientiel	<ul style="list-style-type: none"> - L'implication avec la classe du produit - Des interactions sociales positives - Des surprises positives - La chasse aux bonnes affaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Le plaisir - L'engagement dans l'expérience tout aussi important ou plus important que le but

Figure 27 : Facteurs et attentes dans le shopping en ligne selon le type de navigation d'après Wolfinbarger et Gilly (page 6).

Childers *et al.* (2001)¹⁸², en mettant en situation deux groupes différents (étudiants d'une part et clients d'autre part) dans deux situations différentes (navigation hédonique pour les premiers et utilitaires pour les seconds), soulignent que « *une perspective orientée vers la technologie qui tente de traiter les médias commerciaux, en tant que systèmes d'information froids, plutôt que des environnements hédoniques immersifs, risque vraisemblablement d'être fondamentalement mal orientée, en particulier pour les produits à forte attribution hédonique* », valorisant ainsi d'autant les webmospherics comme éléments essentiels dans la navigation hédonique. S'agissant des situations utilitaires, les auteurs recommandent d'utiliser ces éléments d'atmosphère, ainsi que toutes les possibilités technologiques (vidéo, couleurs, sons, jeux, animations et interactions), pour augmenter le plaisir du shopping et différencier le canal de vente d'un magasin physique (p 527).

3.2.4 Conclusions

En conclusion de cette section consacrée aux réponses des consommateurs face aux stimuli liés aux facteurs d'ambiance dans les sites web classiques nous pouvons affirmer que, malgré les quelques lacunes que nous avons relevées, **le modèle S.O.R. semble être le plus pertinent pour modéliser les réponses faites par les visiteurs de sites marchands traditionnels. Par ailleurs les webmospherics seraient des éléments ayant une influence sur le comportement des consommateurs en ligne quel que soit leur type de navigation.**

¹⁸² Childers T.L., Carr C.L., Peck J. et Carson S. (2001), "Hedonic and utilitarian motivations for online retail shopping behavior", *Journal of Retailing*, 77, 4, 511-35.

3.3 Les facteurs d'ambiance en e-marketing 3D.

3.3.1 Les dimensions prises en compte

L'analyse de cette problématique commence par la définition d'un monde virtuel en 3D afin de pouvoir le rapprocher, ou pas, du monde réel, mais également de le différencier d'un site web classique en deux dimensions.

Steuer (1992)¹⁸³, à l'inverse de ses prédécesseurs, est le premier à s'extraire des aspects purement matériels pour définir la réalité virtuelle : « *defining virtual reality as a particular type of experience, rather than as a collection of hardware* ». Tisseau (2001)¹⁸⁴ définit la réalité virtuelle, comme étant « *un univers de modèles au sein duquel tout se passe comme si les modèles étaient réels car ils proposent simultanément la triple médiation des sens, de l'action et de l'esprit* ».

Fuchs *et al.* (2003)¹⁸⁵ définissent la réalité virtuelle comme le fait de « *réaliser une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel créé numériquement... permettent de simuler certains aspects du monde réel* ». Selon Poncin et Garnier (2010)¹⁸⁶, on ne peut qualifier le monde virtuel ni d'imaginaire ni de réel mais on peut le simuler comme étant une plaque tournante à partir de laquelle l'internaute peut s'orienter vers le coté imaginaire ou réel mais l'expérience vécue par l'internaute dans un monde virtuel est réelle.

Par rapport à un site 2D le concept apporte donc, en théorie, la possibilité de reproduire des caractéristiques d'un environnement réel ou *a-contrario* de modéliser des environnements totalement imaginaires. Il en va de même pour les possibilités de visualisation (vue subjective à la première personne ou vue à la 3^e personne c'est-à-dire une vue positionnée derrière le personnage), de déplacement, de choix de produits manipulables.

A partir des différents auteurs que nous avons présentés ci-dessus (notamment Lemoine, 2008, et Gharbi *et al.*, 2002), et de ces définitions d'univers virtuels, **nous pouvons donc proposer un tableau**

¹⁸³ Steuer J. (1992), Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence, *Journal of Communication*, 42, 4, 73–93.

¹⁸⁴ Tisseau J. (2001), *Réalité virtuelle – autonomie in virtuo*, Habilitation à Diriger des Recherches, Informatique, Université de Rennes 1.

¹⁸⁵ Fuchs P., Arnaldi B. et Tisseau J. (2003), *La réalité virtuelle et ses applications*, Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris.

¹⁸⁶ Poncin I et Garnier M. (2010). L'expérience sur un site de vente 3D. Le vrai, le faux et le virtuel : à la croisée des chemins. *Management & Avenir*, 32, 2, 173-191.

synthétique comparant les éléments constitutifs d'un site web 2D avec ceux d'un site 3D. Grâce aux multiples possibilités offertes par les simulations, nous retrouvons dans la 3D nombre de caractéristiques des magasins physiques qui ne pouvaient pas s'appliquer dans des sites 2D traditionnels.

Composantes atmosphériques d'un site web	Éléments constitutifs des composantes atmosphériques d'un site web 2D	Éléments constitutifs des composantes atmosphériques d'un site web 3D : les 3Dsphériques
Les facteurs d'ambiance	Les couleurs Les images/illustrations Les caractéristiques de la typographie Les facteurs sonores	Variables de réalisme (proximité plus ou moins grande de l'univers avec la réalité) Variables internes générales (murs, plancher, moquette, éclairage, son, meubles et appareils) Variables de décoration (présentation des produits, présentoirs, posters, signalisation, cartes et décorations murales) Variables techniques de la simulation (qualité d'image, latence, taille de l'univers)
Les facteurs design	La navigabilité du site L'accessibilité de l'offre	Variables d'agencement et de design (nombre de références proposées, allocation de l'espace, groupement des produits, circuit du trafic, emplacement des rayons et allocations au sein des rayons) Variables ergonomiques de la simulation (visualisation, modalités de déplacement, possibilités de manipuler des éléments en 3D)
Les facteurs sociaux	Les agents virtuels Les forums de discussion Les FAQ (Frequently Asked Questions)	Variables humaines virtuelles (nombre et caractéristiques des autres avatars, caractéristiques des vendeurs et/ou des chatbot)

Tableau 5 : Proposition de comparaison des composantes atmosphériques des sites 2D/3D

De par la relative nouveauté du concept, relativement peu de recherches se sont intéressées au marketing sur des sites 3D et dans des mondes virtuels. Citons Hemp (2006)¹⁸⁷ pour qui le marketing dans les mondes virtuels est face aux mêmes challenges que le e-marketing dans les années 90 car

¹⁸⁷ Hemp P. (2006), Avatar-Based marketing, *Havard Business Review*, 84, 6.

« *les chercheurs ne sont pas familiers de ce nouveau médium* ». Lui et al. (2007)¹⁸⁸ pointent la richesse du média qui peut générer un fort sentiment de présence et d'interactivité, ce qui en fait un excellent moyen de développement et un outil marketing spécifique. Dès 2009, Kaplan et Haenlein¹⁸⁹ détectent le potentiel marketing des mondes virtuels pour permettre aux marques de commercialiser leurs produits.

S'agissant des conséquences pour le visiteur, l'impact des dispositifs de visualisation en 3D sur l'immersion a été abordé par Charfi et Volle (2010)¹⁹⁰ ainsi que l'impact du décor en 3D sur la perception des facteurs d'ambiance « *les stimulations auditives et visuelles sont suffisantes pour que certains internautes se croient dans le point de vente physique* », les facteurs d'ambiance « *donnent à la navigation un caractère plaisant et agréable* » (p10).

Poncin et Garnier¹⁹¹, se sont, quant à elles, intéressées au rôle de l'avatar dans le processus identitaire d'un individu dans une galerie commerciale en 3D et plus globalement à l'expérience de consommation dans un site commercial en 3D¹⁹². Notons toutefois que ces recherches ont été portées par ce que l'on pourrait qualifier *a posteriori* de « bulle » Second Life. En conséquence, depuis que nombre de sociétés et de distributeurs ont quitté ce média, les recherches sur cette thématique sont en perte de vitesse. Toutefois, et nous y reviendrons dans nos conclusions, l'avènement de la réalité virtuelle grand public sera peut-être l'opportunité de relancer ce champ de recherche dans les années à venir.

¹⁸⁸ Lui T. W., Piccoli G. et Ives B. (2007), Marketing Strategies in Virtual Worlds, *ACM SIGMIS*, 38, 4, 77–80.

¹⁸⁹ Kaplan A. M. et Haenlein M. (2009), Consumer Use and Business Potential of Virtual Worlds: The Case of 'Second Life, *International Journal on Media Management*, 11, 3–4, 93–101.

¹⁹⁰ Charfi A. et Volle P. (2010), L'Immersion dans les Environnements Expérientiels en Ligne : Rôle des dispositifs de la Réalité Virtuelle, *Actes de la 26ème Conférence de l'Association Française du Marketing*, Le Mans.

¹⁹¹ Poncin I. et Garnier M. (2012), Immersion in a New Commercial Virtual Environment: the Role of the Avatar in the Appropriation Process, *Advances in Consumer Research*, 40, 475-782.

¹⁹² Poncin I. et Garnier M. (2010). L'expérience sur un site de vente 3D. Le vrai, le faux et le virtuel : à la croisée des chemins. *Management & Avenir*, 32, 2, 173-191.

3.3.2 Quelles sont les réponses des consommateurs face aux facteurs d'atmosphère des sites web 3D ?

Poncin et Garnier proposent « de se baser sur les travaux de l'analyse expérientielle (Holbrook et Hirschman, 1982¹⁹³ ; Filser, 2002¹⁹⁴) ». Tout comme Steuer, Hoffman et Novak (1996)¹⁹⁵ qui ont démontré le rôle médiateur de l'état de flow et l'expérience de téléprésence comme facteurs explicatifs du comportement de l'internaute dans les environnements virtuels.

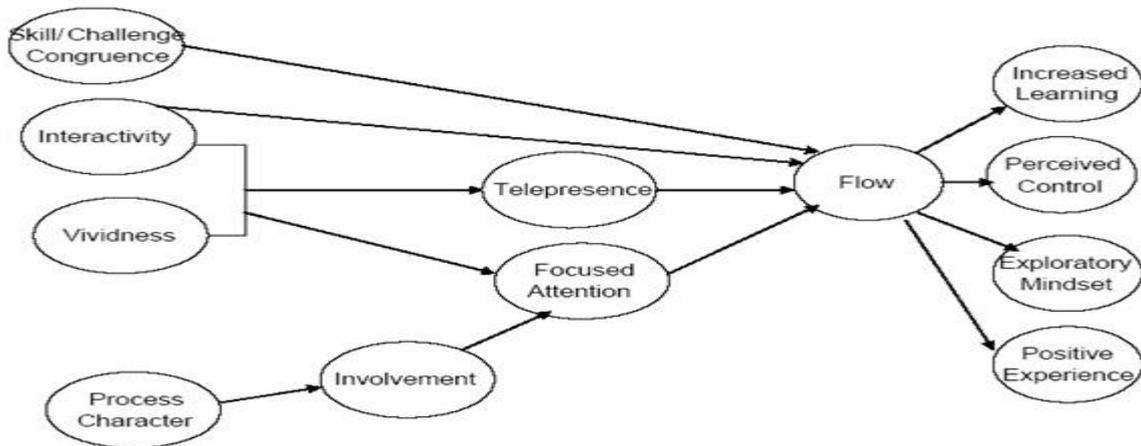


Figure 28 : Le modèle de Hoffman et Novak 1996

Le concept de téléprésence ayant été présenté dans la sous-partie concernant les sites 2D nous ne détaillerons ici **que le flow**. C'est un état qui est défini comme le sens du plaisir intrinsèque obtenu à partir d'une activité. C'est un concept essentiel pour comprendre l'impact d'un monde virtuel. Le flow est aussi l'état mental atteint par une personne lorsqu'elle est complètement immergée dans ce qu'elle fait, dans un état maximal de concentration. Cette personne éprouve alors un sentiment d'engagement total et de réussite, selon Csikszentmihalyi¹⁹⁶. Ce sentiment de flow produit un effet de distorsion temporelle au sens où l'individu peut perdre en partie la notion du temps qui passe.

¹⁹³ Holbrook M, Hirschman E (1982) The experiential aspects of consumption. *Journal of Consumer Research*, 9: 132-140.

¹⁹⁴ Filser M. (2002), Le Marketing de la production d'expérience: Statut théorique et implications managériales, *Décisions Marketing*, 28, 13-23.

¹⁹⁵ Hoffman D.L. et Novak T. P. (1996), Marketing in Hypermedia Computer-Mediated Environments: Conceptual Foundations, *Journal of Marketing*, 60 July, 50-68.

¹⁹⁶ Csikszentmihalyi M. (1990), *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, New York: Harper & Row.

De nombreuses méthodes ont été développées pour mesurer l'état de flow, parmi lesquelles nous pouvons citer les trois principales :

- **La méthode narrative** qui consiste à choisir des événements évoquant les sentiments et les performances et demander aux participants de les décrire. Par exemple la dernière fois qu'ils ont pratiqué une activité agréable ou une expérience qu'ils ont très bien réussi. Cette description est par la suite analysée à l'aide d'un « Experience Questionnaire » (Privette et Bundrick)¹⁹⁷ afin de montrer la corrélation entre ces différents événements. Ces travaux ont permis de démontrer que le flow est un état fortement sensible à la présence des autres pendant une activité.

- **La méthode d'activité** qui consiste à observer un certain nombre d'utilisateurs de la messagerie électronique et de mesurer à l'aide d'un questionnaire (rempli au cours de l'activité) leur état de flow. Cette mesure est élaborée à partir de la mesure des éléments de contrôle, de l'attention, de la curiosité et de l'intérêt intrinsèque.

- Et enfin la méthode **d'échantillonnage des expériences** (Csíkszentmihályi et Larson, 1984), en anglais ESM (Experience Sampling Method), qui est la méthode la plus utilisée malgré sa complexité. Elle consiste à faire autoévaluer, via un questionnaire, l'immersion sur une période d'une semaine. L'évaluation porte sur les défis et les compétences de l'activité exercée au moment de la mesure, ainsi qu'une variété de critères sur l'humeur du répondant et sa motivation à cet instant. Les compétences et les défis de chaque répondant sont normalisés après la collecte des données, de sorte qu'ils représentent s'ils sont en dessus ou en dessous du niveau moyen de toutes les activités nominales durant la période d'une semaine. Cette méthode permet d'évaluer huit dimensions de l'expérience de flow :

¹⁹⁷ Privette G. et Bundrick C. (1987), Measurement of Experience: Construct and Content Validity of the Experience Questionnaire, *Perceptual and Motor Skills*, 65, 315-332.

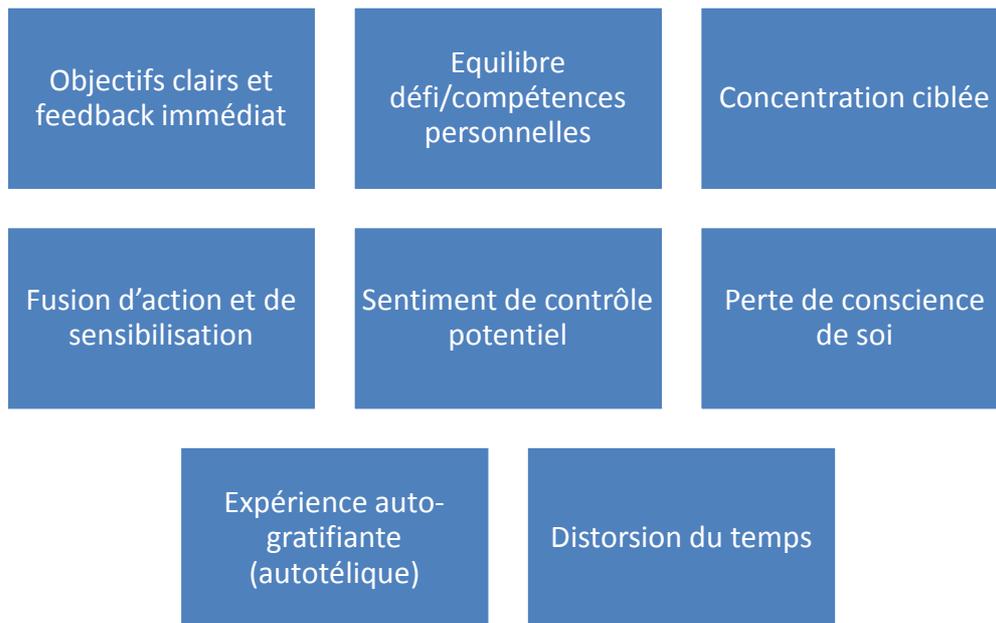


Figure 29 : Les huit dimensions de l'état de flow selon Csikszentmihályi

3.3.3 Le modèle S-O-R appliqué aux sites internet 3D

Animesh *et al.* (2011)¹⁹⁸, en utilisant la méthode « S-O-R Framework » (Stimulus Organism Response), ont pu définir les caractéristiques technologiques et spatiales et leurs influences sur les expériences virtuelles vécues par l'internaute dans un site web 3D. Leurs résultats proviennent d'une étude en ligne menée auprès de 354 participants du monde virtuel « Second Life ».

¹⁹⁸ Animesh A., Pinsonneault A., Yang S. et Oh W. (2011), An odyssey into virtual worlds: exploring the impacts of technological and spatial environments on intention to purchase virtual products, *MIS Quarterly*, 35, 3, September, 789-810.

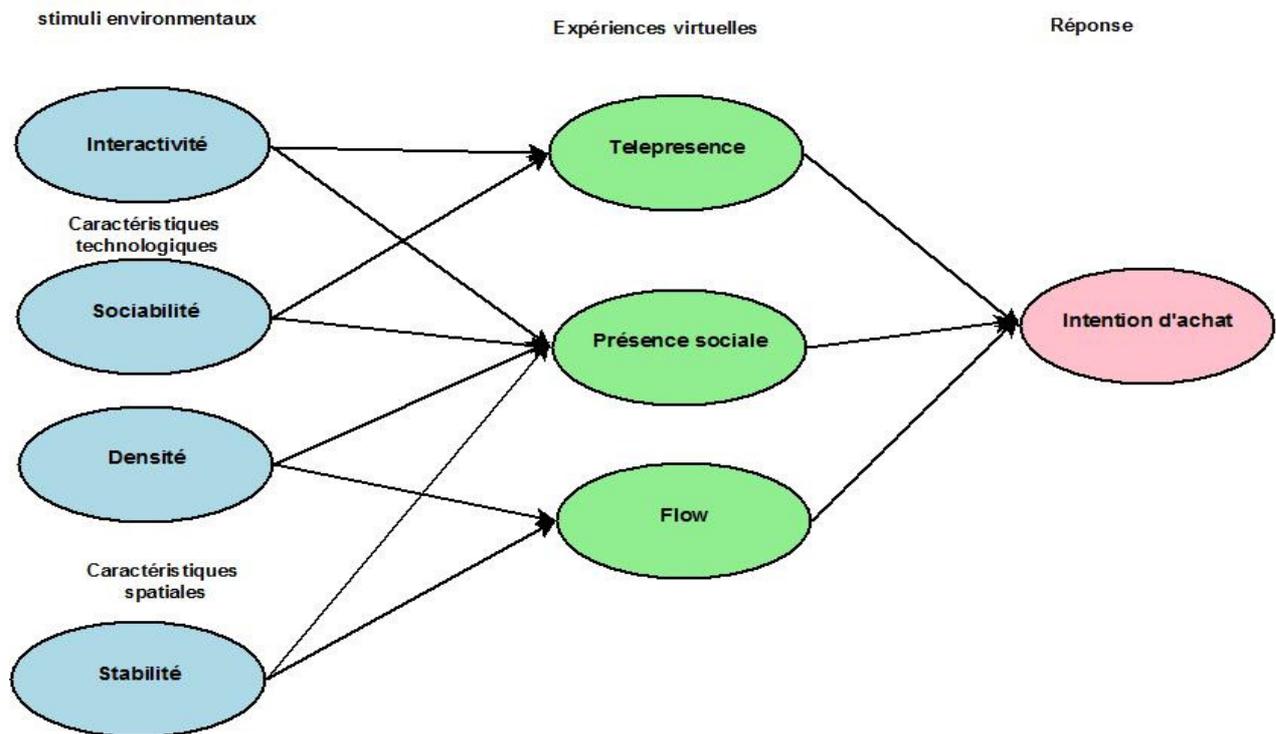


Figure 30 : Modèle de recherche basé sur le S-O-R proposé par Animesh *et al.* 2011

Dans les stimuli environnementaux le modèle distingue deux types de caractéristiques :

L'environnement technologique : ce sont les caractéristiques qui ont une influence positive sur les expériences virtuelles du visiteur du site. A cet égard, on distingue les deux éléments suivants :

- L'interactivité qui définit à quelle mesure le visiteur du monde virtuel peut, à travers son avatar, contrôler son environnement virtuel en le modifiant. Elle offre également à l'internaute la possibilité de créer son portrait idéal à travers son avatar qu'il peut parfois considérer comme étant une extension de soi (Ijsselsteijn W.A.2005)¹⁹⁹.
- La sociabilité mesure comment le monde virtuel facilite l'émergence des espaces sociaux. Elle donne la possibilité aux internautes de créer leur propre monde, de mettre en place le design et l'architecture qui leur donnent l'opportunité d'interagir avec les autres et d'établir des relations sociales.

¹⁹⁹ Ijsselsteijn W.A. (2005), Towards a neuropsychological basis of presence. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 3, 25-30.

L'environnement spatial, quant à lui, est construit au travers de la navigation des avatars dans les mondes virtuels. Là encore deux caractéristiques pour cet environnement :

- La densité définit le nombre d'avatars se trouvant dans le même monde virtuel. Le test de ce facteur montre qu'un nombre très important d'avatars présents dans un même site web peut générer un sentiment de stress et donc impacter négativement les expériences virtuelles vécues par l'internaute. D'un autre côté, l'existence de plusieurs avatars peut générer un sentiment de confiance chez l'internaute et l'incite à interagir.
- La stabilité est liée au comportement de l'avatar vis-à-vis des visiteurs du site web 3D. Sont-ils souvent les mêmes ou pas ? L'analyse de ce facteur montre que plus les visiteurs du monde virtuel sont identiques, plus cela facilite l'immersion des avatars dans le site.

Les conclusions d'Animesh *et al.* (2011²⁰⁰), montrent plus précisément que l'interactivité, la densité et la stabilité ont un impact positif sur la téléprésence et le flow et **incitent l'internaute à acheter dans un site web 3D.**

L'interactivité génère une sensation de confort qui permet par la suite au visiteur d'interagir avec les autres. Tout comme dans un magasin réel, le visiteur peut avoir le besoin d'avoir des échanges avec les autres. La stabilité peut aussi se relier avec la fidélisation des clients en monde réel. Enfin en ce qui concerne la densité, ce critère s'applique de manière similaire en monde réel comme en monde virtuel, à savoir la création d'une sensation de gêne si on se trouve dans un magasin très fréquenté. Mais d'un autre côté un magasin sans personne n'incite pas la visite.

En résumé, l'état de l'art nous indique que les éléments qui caractérisent le mieux les expériences dans un monde virtuel de type 3D sont l'immersion, l'interactivité et le sentiment de relations proches du réel.

A partir de la définition des expériences virtuelles qui caractérisent l'immersion de l'internaute dans le monde virtuel, on s'intéresse essentiellement à l'influence de tous ces facteurs sur l'intention d'achat. En effet, la participation des internautes dans des interactions sociales augmente leurs engagements dans le monde virtuel. Ces relations peuvent alors engendrer une immersion totale des personnes et

²⁰⁰ Animesh A., Pinsonneault A., Yang S. et Oh W. (2011), An odyssey into virtual worlds: exploring the impacts of technological and spatial environments on intention to purchase virtual products, *MIS Quarterly*, Volume 35 Issue 3, September, pp. 789-810.

une incarnation entière dans leurs avatars, susceptibles d'atteindre un niveau d'absorption important dans leurs activités virtuelles, leur faisant perdre la notion du temps et ne pas remarquer les événements survenant dans le monde physique. Toujours selon ces auteurs, plus les interactions avec les avatars sont chaleureuses plus les visiteurs se sentiront impliqués dans le monde virtuel.

Cette implication dans le monde virtuel engendre des activités de gestion d'identité et, de ce fait, l'internaute sera plus tenté d'acheter des produits pour marquer son existence virtuelle.

Notons également que les auteurs ont démontré que plus les expériences des visiteurs du site sont agréables, plus ceux-ci évoquent un sentiment de flow. Ce sentiment les lie plus intensément au monde virtuel et par la suite, ils s'intéressent à leurs images face aux autres avatars. Cette symbiose entre l'internaute et sa représentation pouvant se traduire concrètement par l'achat de certains produits tels que les vêtements, les accessoires, les produits cosmétiques...

3.3.4 Les spécificités des mondes virtuels et des sites 3D

Les visiteurs des sites web 3D **sont de plus en plus sensibles à la ressemblance entre le monde virtuel et le monde réel**. Ils cherchent à trouver les mêmes facteurs habituels dans les magasins physiques et ne semblent pas être trop habitués au changement.

Selon l'expérience menée par Poncin et Garnier (2010)²⁰¹, expérience consistant à inviter des gens à faire du shopping dans un magasin virtuel 3D « Victoria couture », les personnes qui ont participé au test n'étaient pas, au final, très en faveur du site. Cependant, les résultats suivants sont mis en avant :

- Un détachement entre la personne et son avatar : Absence de la présence et de l'incarnation (la présence dans le monde virtuel, l'internaute contrôle son avatar comme une marionnette).
- Un intérêt par rapport à l'immersion : En entrant dans l'univers virtuel et en s'imprégnant de l'atmosphère ambiante, l'internaute oublie la notion du temps et de tout ce qui tourne autour de lui.

²⁰¹ Poncin I., Garnier M.(2010), L'expérience sur un site de vente 3D. Le vrai, le faux et le virtuel : à la croisée des chemins, *Management & Avenir* n° 32 .

- Le design du monde virtuel exerce un double impact sur l'immersion du visiteur car un design trop complexe peut avoir un impact négatif sur l'immersion en causant une surcharge cognitive, mais il peut aussi favoriser l'immersion en offrant plus de stimuli.
- Un développement du flow, c'est-à-dire de l'état mental atteint par une personne lorsqu'elle est complètement immergée dans ce qu'elle fait, dans un état maximal de concentration. Cette personne éprouve alors un sentiment d'engagement total et de réussite.

L'interprétation qualitative de ces résultats montre que le site virtuel se caractérise par un manque de réalisme, notamment :

Le réalisme graphique : les personnes testées trouvent que, quel que soit le perfectionnement du site virtuel, ils n'auront jamais la même vision qu'avec leurs propres yeux dans un magasin physique réel.

Le réalisme sensoriel : à cet égard les gens ont évoqué l'isolement sensoriel qui est dû à l'absence de bruit et de musique, l'absence du toucher qui se considère comme une caractéristique fondamentale pour certains produits tels que les vêtements.

Le réalisme social : l'absence des agents virtuels incarnés (les vendeurs), absence des autres clients présents dans le même magasin inquiétant les internautes et affaiblit leur intention d'acheter.

L'analyse de cette expérience montre que les visiteurs considèrent les sites 3D virtuels plus proches de l'imaginaire que du réel, ce qui freine l'immersion et la sensation de flow. Cela invite les créateurs de tels sites à améliorer le design et à penser aux facteurs d'ambiance qui stimulent les consommateurs. « *Sachant que l'internaute peut quitter le site par un simple clic, il faut penser à rendre ce site plus interactif pour encourager les visiteurs à rester davantage* » (Jeff Bezos, fondateur d'Amazon).

Plus récemment Waterlander *et al.* (2015)²⁰² ont mené une étude de validation d'un magasin virtuel 3D en comparant les comportements d'achats entre un magasin réel et ce magasin virtuel sur une population de 123 personnes. Leurs conclusions montrent que leur magasin virtuel est utilisable pour mesurer les comportements d'achats de nourriture et que le sentiment de présence est moyen à élevé

²⁰² Waterlander W. E., Jiang Y., Steenhuis I. et Ni Mhurchu C. (2015), Using a 3D Virtual Supermarket to Measure Food Purchase Behavior: A Validation Study, *Journal of Medical Internet Research*, 17(4), 107.

pour un grand nombre d'individus (88% moyen, 8% élevé). La suite de cette étude (2017)²⁰³, menée au Royaume Uni sur 98 participants, conforte l'appréciation positive d'un magasin 3D en termes d'utilisabilité (83% d'opinion positive) et de ressemblance avec un contexte d'achat habituel pour 89% des utilisateurs.

3.3.5 Les critères d'ergonomie dans les sites web 3D

Suite à la définition des caractéristiques d'un site web 3D, intéressons-nous à l'ergonomie des sites. Bastien et Scapin (1993)²⁰⁴ ont proposé une liste exhaustive de recommandations ergonomiques pour la conception de systèmes informatiques au sens large. Ils ont abouti à une liste de 8 dimensions détaillées en 18 critères, permettant aux chercheurs et aux concepteurs d'évaluer et d'optimiser l'ergonomie des environnements virtuels.

	Dimension	Contenu synthétique (critères)
1	Guidage	Incitation, lisibilité, Groupement distinction entre items, feedback immédiat
2	Charge de travail	Brièveté, concision, actions minimales, densité informationnelle
3	Contrôle explicite	Actions explicites, contrôle de l'utilisateur
4	Gestion des erreurs	Assistance proposée à l'utilisateur
5	Signifiante des codes et dénominations	Tous les éléments doivent être explicites et adaptés au public visé
6	Adaptabilité	Flexibilité, prise en compte de l'expérience utilisateur
7	Compatibilité	Les interactions système/utilisateurs sont conçues pour que le système s'adapte au mieux aux caractéristiques de l'utilisateur
8	Homogénéité cohérence	Homogénéité sur la totalité de l'interface et du système

Figure 31 : Critères de Bastien et Scapin (1993)

²⁰³ Mizdrak A., Waterlander W.E., Rayner M. et Scarborough P. (2017), Using a UK Virtual Supermarket to Examine Purchasing Behavior Across Different Income Groups in the United Kingdom: Development and Feasibility Study, *Journal of Medical Internet Research*, 19(10), 343.

²⁰⁴ Bastien J.M. et Scapin D. (1993), *Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer interfaces*, Institut National de recherche en informatique et en automatique, France .

Parmi ces critères, nous avons choisi de sélectionner 7 critères qui nous semblaient plus importants pour la 3D. Cette sélection a été faite à la fois en tenant compte des éléments de notre état de l'art mais également en analysant et en synthétisant les résultats de nos études empiriques.

Au sein de la première dimension « guidage » :

Le guidage se définit tout d'abord comme l'ensemble des moyens mis en œuvre, avec les diverses modalités disponibles, pour conseiller, orienter, informer, et conduire l'utilisateur lors de ses interactions avec l'Environnement Virtuel (EV), notamment on parle de points de repères, bornes d'informations, indices multimodaux, labels, etc. L'évaluation de ce critère vient à travers la validation de certains sous critères ou des critères élémentaires, à savoir :

L'incitation : elle définit l'ensemble des informations qui permettent à l'utilisateur de savoir où il en est et de connaître les alternatives qui s'offrent à lui. Son intérêt est de guider l'utilisateur pas à pas, afin de lui éviter de devoir éviter une série de commandes. L'incitation est recommandée afin de montrer à l'utilisateur les actions qui ne lui sont pas disponibles mais qui peuvent l'être dans une autre situation.

La lisibilité : elle concerne les caractéristiques de présentation de l'information qui peuvent faciliter ou pas la lecture de ces informations. Ce critère requiert que les objets présents dans le monde virtuel seront clairement visibles et présentés et accessibles à partir de différents angles ainsi que l'avatar soit totalement transparent.

Groupement/distinction entre items : c'est l'ensemble des informations qui permettent d'illustrer les relations et les différences entre catégories et produits à travers deux composantes :

- **La localisation** : Il s'agit du positionnement des items les uns par rapport aux autres, afin de « marquer » clairement les catégories de produit. La prise en compte de ce critère est importante en termes de positionnement marketing qui vise la nécessité de la définition de la catégorie du produit avant de communiquer sur ses avantages.
- **La compréhension** d'une présentation 3D dépend, entre autres choses, de l'arrangement objets qui y sont présentés. Les utilisateurs auront plus de facilité à repérer les différents items s'ils sont présentés de façon organisée. De même, ils pourront mieux les mémoriser et s'en rappeler.

Le feedback immédiat : L'environnement virtuel réagit aux actions de l'utilisateur. Et de ce fait, un temps de réponse de 100ms entre l'action et le feedback est considéré comme acceptable voir qualifié de bon. Le feedback contribue à la satisfaction de l'utilisateur qui a un retour sur son action. Il empêche

également de se lancer dans des actions en pensant par erreur que l'action antérieure n'a pas été prise en compte.

Au sein de la seconde dimension « charge de travail » :

La brièveté : qui inclut « concision » et « actions minimales », ces deux critères ayant pour but de proposer, d'une part la présence d'une information concise présentée clairement, et d'autre part un nombre d'actions limitées pour arriver à un objectif (exemple pour un site marchand le nombre de clics avant d'arriver au paiement).

La densité informationnelle : afin de minimiser la charge de travail, et donc la charge cognitive de l'utilisateur d'un système 3D, le nombre d'informations présentes au même moment sur un écran doit être optimisé. Nous verrons ultérieurement (voir Partie 3, Chapitre 10 : « Cahier des charges du magasin 3D ») que cette contrainte a été prise en compte notamment sur le nombre de rayons visibles par l'utilisateur et sur les possibilités de zoomer sur les produits présentés.

Au sein de la troisième dimension « contrôle explicite » : Le contrôle utilisateur. C'est un critère que nous pouvons considérer étant un élément constitutif du concept de « flow » présenté précédemment. En effet pour une meilleure ergonomie l'utilisateur doit pouvoir avoir l'assurance de contrôler le système ce qui va faciliter son immersion. Pour cela l'utilisateur doit pouvoir effectuer simplement les actions qu'il envisage, être en mesure d'annuler aisément une action en cours, voire de revenir à l'étape précédente.

S'agissant de la cinquième dimension « signifiante des codes et des dénominations, Bastien et Scapin recommandent de « prendre en compte les standards existants », ce qui, pour un environnement 3D ayant pour objectif de reproduire un environnement réel existant, peut être envisagé comme se rapprocher, voire utiliser, les codes (ordonnancement, signalétique, produits, couleurs, etc...) du monde, et dans notre cas d'un site marchand, « réel ».

Pour conclure sur ces critères ergonomiques, nous constatons que les recommandations de Bastien et Scapin que nous avons mis en avant doivent être prises en compte dans la conception ET dans la

mesure de l'efficacité d'un site web 3D car ce sont des composantes expérientielles susceptibles d'avoir une influence sur l'immersion de l'utilisateur.

3.3.6 L'acceptation des technologies : le modèle TAM (Technology Acceptance Model) de Davis (1989)

Le dernier élément qu'il nous semble important de prendre en compte dans cet état de l'art est le concept d'acceptation technologique, concept essentiel dans le cadre d'une nouveauté comme la 3D sur internet. Davis (1989)²⁰⁵ a proposé le fait que l'acceptation d'une technologie par un individu est principalement basée sur deux éléments l'utilité perçue (UP) et la facilité d'usage perçue (FUP). L'UP est définie par le niveau auquel un individu pense que l'utilisation de la technologie va lui permettre d'améliorer ses résultats, la FUP reflète la perception d'efforts supplémentaire (ou pas) que l'individu imagine dès lors qu'il utilise cette nouveauté. Ces deux éléments ont une influence essentielle sur les attitudes et l'intention d'usage.

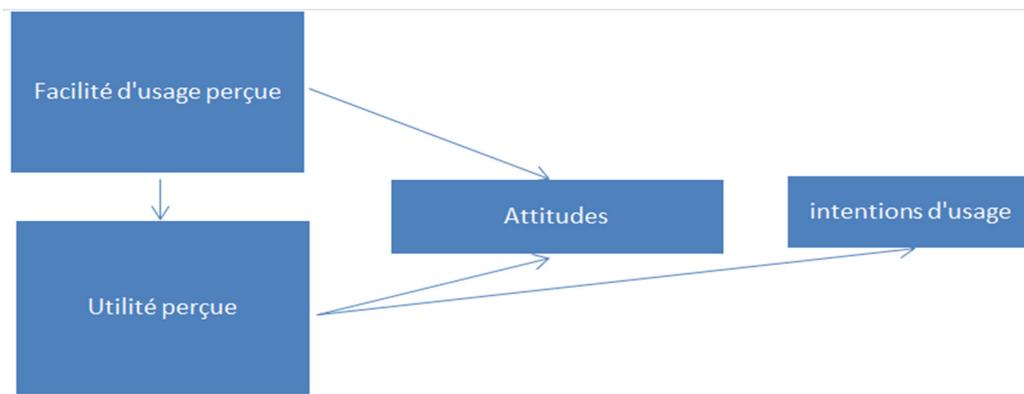


Figure 32 : Modèle d'acceptation technologique de Davis (1989).

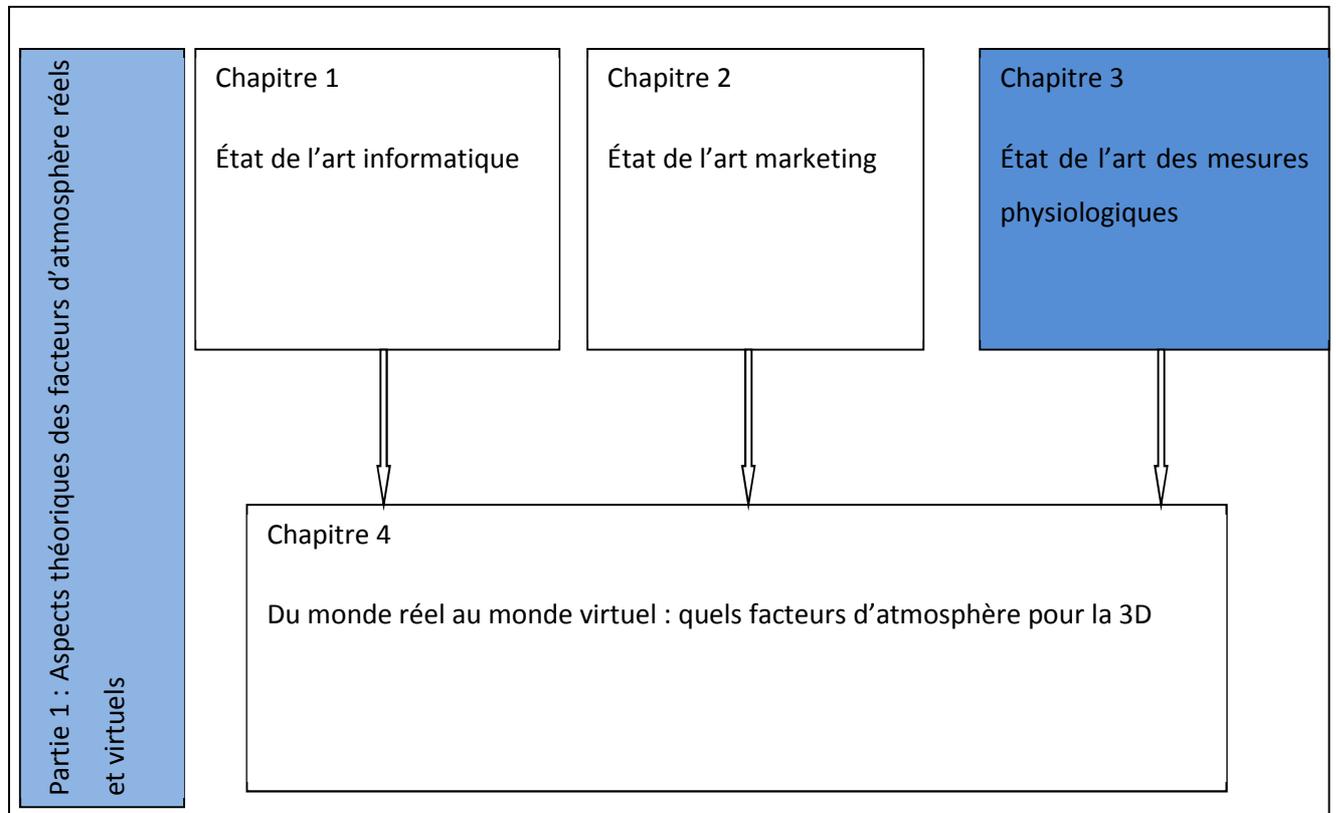
²⁰⁵ Davis F. D. (1989), Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13, 318-340.

3.4 Conclusions du chapitre 2

A l'issue de notre état de l'art « marketing », il apparaît que les champs de recherches en matière **d'influence des facteurs d'atmosphère sur le comportement des visiteurs d'un site web en trois dimensions sont en pleine construction**. Ces recherches prennent leurs fondements dans l'étude du réel et dans la plupart des cas la transposition de ces facteurs dans le virtuel. Mais, dès lors que l'on modifie le champ d'observation, les outils de mesure d'impacts ne sont plus les mêmes, nous l'avons vu lors de la transition des magasins traditionnels vers les magasins en ligne. Il en va de même pour la nouvelle transition vers la 3D.

L'étape suivante de nos travaux va donc consister à proposer des outils permettant de mesurer l'impact de ces facteurs d'atmosphère au sein d'un environnement virtuel en 3D. Pour ce faire, nous pouvons à la fois utiliser les méthodes d'observations classiques, puisque certaines composantes de ces facteurs se retrouvent dans des magasins physiques classiques, mais également des méthodes plus techniques puisque l'objet d'étude est lui-même un objet technique. Nous avons choisi d'utiliser des méthodes et des outils faisant appel à la technologie afin de mesurer de façon objective des réactions physiologiques lors d'une navigation dans un environnement 3D. Le chapitre suivant va donc nous permettre de présenter ces outils, leurs utilités et leurs fonctionnements respectifs.

Chapitre 3 ÉTAT DE L'ART DES MESURES PSYCHOPHYSIOLOGIQUES



1 Introduction

L'étude des comportements passe généralement par deux grands types de mesures :

- des mesures dites « subjectives », qui utilisent les résultats de questionnaires et d'entretiens. Ce sont les plus fréquemment mises en œuvre de par leur facilité de déploiement et la multitude de références et d'échelles disponibles ;
- des mesures dites « objectives », basées sur l'analyse des comportements et la physiologie.

Ce second type de mesure fait nécessairement appel à des moyens techniques de captation et d'enregistrement qui observent le sujet dans les conditions de l'expérimentation. C'est le champ d'action de la psychophysiologie « *discipline scientifique qui cherche à mettre en relation les comportements et, éventuellement, les activités mentales chez l'homme avec les processus physiologiques qui sont supposés leur être sous-jacent* » (dictionnaire Larousse 2015). De nos jours les

techniques de captation utilisent différents moyens permettant ainsi de varier les sources de données.

Les principaux moyens utilisés sont :

- l'électro encéphalographie ou EEG, qui a pour objectif de capter les champs électriques cérébraux ;
- la tomographie qui va suivre le parcours d'une molécule radio dans le sang ;
- l'imagerie par résonance magnétique ou IRM, qui utilise la résonance des atomes d'hydrogène dans le sang pour réaliser des photographies, des coupes et des reconstitution en 3D de l'intérieur du corps humain ;
- l'oculométrie qui va capter les variations de l'état des yeux (pupilles, iris, dilatation) ;
- la mesure de l'activité électrodermale ou EDA qui s'appuiera sur la dilatation des pores de la peau et la transpiration qui en résulte.

Bien entendu la majorité de ces moyens nécessite l'utilisation d'un matériel lourd et complexe à mettre en œuvre. **Seuls les deux derniers de cette liste** sont accessibles relativement aisément pour un chercheur en Bretagne car ils sont disponibles sur les plateformes technologiques LOUSTIC mises en place avec l'aide de la Région Bretagne. Pour nos expérimentations, nous avons donc utilisé une de ces plates-formes technologiques située à Brest dans les locaux de TELECOM Bretagne.

2 Les outils de mesure d'impact mobilisés et leurs caractéristiques

L'utilisation de la plateforme LOUSTIC Brest nous aura donc permis de compléter les instruments de mesure traditionnels utilisés (questionnaires et observations) par deux types de mesures physiologiques. Comme toutes les mesures de ce type, elles présentent l'avantage de l'objectivité et offrent des données continues ce qui renforcera la validité de nos résultats.

A l'occasion des expérimentations menées dans notre magasin 3D (voir chapitre 14), plusieurs informations ont été relevées. Parmi elles, deux mesures physiologiques ont été effectuées :

- des mesures oculaires : position du regard du sujet sur l'écran et caractéristiques de l'œil et l'enregistrement de l'évolution
- des mesures de la conductance de la peau (skin conductance).

Nous allons, à l'aide de la littérature existante sur le sujet, en expliquer tout d'abord les principes respectifs, puis en quoi le choix de ces variables est légitime lors de l'étude du comportement du testeur, et plus particulièrement lors de l'étude de son immersion, dans notre expérience.

2.1 Différents types de variables

Il existe plusieurs méthodes de mesure dans l'étude du comportement. (Insko, 2003)²⁰⁶ :

Tout d'abord des **mesures dites déclaratives**, principalement basées sur des questionnaires d'auto-évaluation que remplissent les sujets. Ils sont le plus souvent remplis après l'expérience. Ils sont faciles à utiliser, n'interfèrent pas avec l'expérience et sont très peu chers. En revanche, les questionnaires ne permettent pas d'obtenir une série de valeurs continues, et sont souvent influencés par la partie de la simulation précédant leur remplissage (J. Freeman, 1999)²⁰⁷. Ils sont clairement subjectifs.

Les mesures comportementales basées sur la classification des actions du testeur. Elles ne sont pas intrusives, et ne sont pas sujettes au biais du sujet. D'après Lahlou (2011) : « *elles peuvent être influencées par l'observateur, qui peut avoir tendance à favoriser les résultats qu'il veut voir émerger* »²⁰⁸.

Enfin les derniers types de mesures sont des **mesures physiologiques**, permettant d'évaluer grâce à des capteurs adéquats un certain nombre de paramètres physiologiques tels que l'activité électrodermale et le travail oculaire. Il est également possible aujourd'hui d'utiliser d'autres capteurs pour enregistrer des données comme la fréquence cardiaque (Lang *et al.*, 1993)²⁰⁹ ou la température de la peau (Guyton, 1986²¹⁰, Andreassi, 1995²¹¹). Ces mesures sont les plus objectives de toutes et

²⁰⁶ Insko, B. E. 2003, *Measuring Presence: Subjective, Behavioral, and Physiological Methods*, in G. Riva, F. Davide, W.A IJsselsteijn(eds), *Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*, Ios Press, Amsterdam, 109–119.

²⁰⁷ Freeman WJ. (1999), *How brains make up their minds*. London: Weidenfeld & Nicolson.

²⁰⁸ Lahlou S. (2011), How can we capture the subject's perspective? An evidence-based approach for the social scientist. *Social science information*, 50 (4), 607-655. ISSN 0539-0184.

²⁰⁹ Lang P. J., Greenwald M. K., Bradley M. M. et Hamm A. O. (1993), Looking at pictures: evaluative, facial, visceral, and behavioral responses. *Psychophysiology*, 35-39.

²¹⁰ Guyton A. (1986), *Textbook of medical physiology*, 7th ed., Philadelphia : Saunders Company, 1st ed., 1956.

²¹¹ Andreassi J. L. (1995), *Psychophysiology: Human behavior and physiological responses* (3rd edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

offrent des données continues. Bien souvent le sujet oublie la présence des capteurs si l'expérience est bien conçue (Meehan *et al.*, 2002)²¹². Mais il est important de combiner ces valeurs avec des marqueurs, indiquant les différents stimuli de l'expérience afin de pouvoir analyser ces données dans leur contexte. L'acquisition est parfois ardue et est soumise à un temps de latence, de la part du système nerveux ou des appareils de mesures. Pour être fiables, les conditions de l'expérience doivent être identiques, ce qui n'empêche pas les résultats de varier selon les individus. Il faut donc normaliser ces résultats selon la valeur au repos. Le dernier point négatif de ce type de mesures est qu'elles requièrent souvent l'immobilisation des parties où sont placés les capteurs (main, tête,...) afin d'éviter de générer des bruits parasites qui en rendent l'interprétation beaucoup plus ardue.

Ces différents types de valeurs ont des caractéristiques différentes en termes de fiabilité, de validité, d'objectivité, et de sensibilité. Il n'y en a cependant pas une meilleure que l'autre, tout dépend de la situation. Il est donc préférable d'en utiliser autant que le contexte de l'expérience le permet. Dans la suite de notre document nous nous focaliserons sur les deux types de variables physiologiques que nous avons mis en œuvre dans nos expérimentations : les mesures oculaires et les mesures de l'activité électrodermale (AED).

2.2 Le système nerveux

Pour bien comprendre les concepts, l'intérêt et la méthodologie de ces mesures, il est nécessaire de détailler *ad minima* l'organisation du système nerveux du corps humain.

2.2.1 Les fonctions du système nerveux

Le système nerveux dans sa globalité permet au corps humain de fonctionner à la fois de manière naturelle et involontaire (cœur, intestins), soit de réagir suite à des décisions volontaires et enfin d'apporter une réaction à des événements extérieurs. Grâce à lui, nous pouvons percevoir des sensations, nous exprimer, et emmagasiner des savoirs. Nous trouvons donc trois types de fonctions génériques couvertes par le système nerveux :

²¹² Meehan M., Insko B., Whitton M. et Brooks Jr, F. P. (2002), Physiological measures of presence in stressful virtual environments. *ACM Transactions on Graphics*, 21(3), 645-652.

- la fonction sensorielle, assurée par des neurones sensitifs qui vont capter et transmettre l'information depuis des récepteurs comme la peau vers le cerveau.
- la fonction intégrative, qui permet d'analyser les informations récoltées par les neurones sensitifs et de décider quelle est la réponse la plus adéquate à y apporter.
- la fonction motrice qui va véhiculer la réponse motrice apportée par le cerveau aux muscles.

Ces trois fonctions vont nous intéresser puisqu'elles peuvent être toutes les trois générées par une réaction à un stimulus provoqué par l'expérimentation.

2.2.2 L'organisation globale du système nerveux

Le système nerveux se décompose en deux grands sous-systèmes complémentaires :

- le système nerveux central (SNC) composé de l'encéphale et de la moelle épinière
- le système nerveux périphérique (SNP) composé de l'ensemble des fibres et des tissus parcourant le corps qui permettent aux informations sensorielles et aux commandes d'aller du SNC vers les muscles ou les ganglions et réciproquement.

À son tour, ce système nerveux périphérique se décompose en trois sous-systèmes :

- le système nerveux somatique SNS composé d'une part de neurones sensitifs transmettant l'information des récepteurs sensoriels, et d'autre part de neurones moteurs véhiculant les flux nerveux du SNC jusqu'aux muscles squelettiques, permettant par exemple la stabilité et le déplacement du corps.
- le système nerveux entérique SNE qui régule l'intestin.
- le système nerveux autonome SNA qui transmet et pilote les actions et réactions non soumises à la volonté de l'individu comme la digestion, le rythme cardiaque, la température corporelle...

C'est ce dernier sous-système nerveux autonome qui nous intéresse plus particulièrement car nous allons y trouver les activités réflexes et sensibles potentiellement liées aux conditions de notre expérimentation. En effet selon Critchley (2002²¹³), le SNA a pour activité essentielle le maintien de l'homéostasie (stabilité de l'environnement interne du corps). Pour cela, il adapte en permanence la

²¹³ Critchley, H. (2002), Electrodermal responses : What happens in the brain ?, *The neuroscientist*, 8, 132.

physiologie du corps en apportant une réponse appropriée aux modifications des environnements (chaleur, bruits, agressions...). Le schéma ci-dessous donne une représentation du SNA et des actions qu'il coordonne.

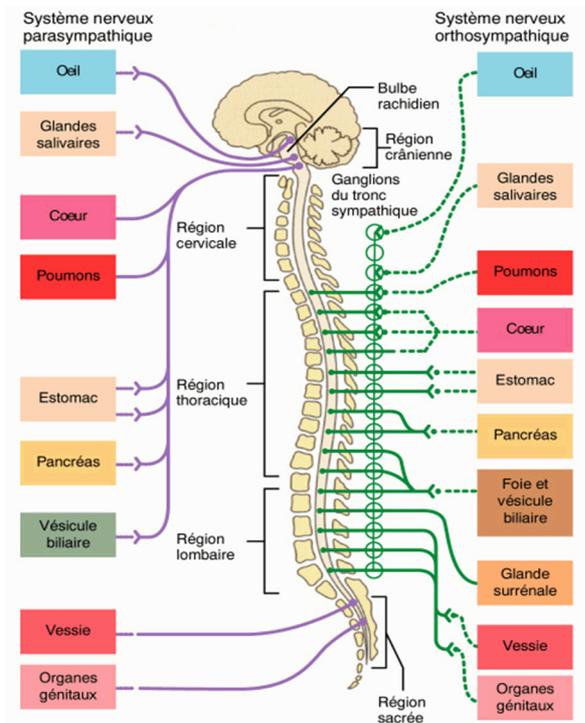


Figure 33 : Système nerveux autonome, source : Cours de neurosciences, flosforum.fr, consulté le 13.06.2014

Nous remarquons que chaque organe est géré par deux sous-systèmes différents : le système nerveux parasympathique, et le système nerveux orthosympathique. En effet, l'équilibre de l'organisme est un processus permanent d'activation et de désactivation. Par exemple à l'occasion d'une situation stressante, le système nerveux orthosympathique va faire réagir le corps avec une augmentation du rythme cardiaque, du débit sanguin, de la sudation et une dilatation de la pupille. À l'inverse lorsque la situation redevient normale, le système nerveux parasympathique va opérer un effet ralentisseur sur l'ensemble des paramètres.

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des organes impliqués dans le SNA et les conséquences que ce phénomène d'activation/désactivation entraîne sur chacun d'entre eux (d'après Widmaier, Raff

et Strang 2013)²¹⁴. Comme nous pouvons le constater l'œil et la peau (sudation) sont directement impactés par l'action du SNA. Ceci conforte notre choix dans l'utilisation de ces deux indicateurs pour mesurer efficacement l'implication, l'immersion de nos testeurs dans l'expérience qui leur est proposée.

Organes	Action du parasympathique	Action de l'orthosympathique
Yeux	Rétrécissement pupillaire et aplatissement du cristallin	Dilatation pupillaire et arrondissement du cristallin
Cœur	Diminution de la fréquence cardiaque	Augmentation de la fréquence cardiaque
Artères	Pas d'action	Constrictive
Veines	Pas d'action	Constrictive
Intestins, estomac	Augmente	Diminue
Peau	Pas d'action	Sudation

Figure 34 : Les organes impliqués dans le SNA (d'après Widmaier *et al.*) .

²¹⁴ Widmaier E-P, Raff H, Strang K-T. Vander (2013), *Physiologie humaine. Les mécanismes du fonctionnement de l'organisme*, Ed Maloine, 6^é édition, Ch 6.

2.3 Mesures oculaires

Les valeurs d'eye-tracking sont une source de mesures physiologiques pouvant aider à l'étude du jugement et de la prise de décision. En effet, le regard est un bon indicateur de l'attention et de l'immersion (Cox *et al.*, 2006)²¹⁵.

2.3.1 Eye tracking, de quoi s'agit-il ?

L'eye tracking est un processus de mesure portant soit sur le « point du regard » ou « direction du regard » (en anglais « eye gaze tracking »), soit sur le mouvement de l'œil en lui-même (« eye tracking »). Un dispositif de suivi de l'œil ou « eye tracker » est donc un outil mesurant les positions et les mouvements des yeux d'une personne face à une tâche donnée.

Depuis quelques dizaines d'années ces dispositifs sont utilisés dans la recherche dans différents domaines : psychologie, linguistique cognitive et plus récemment encore dans la conception des produits et des sites internet. Plusieurs méthodes, plus ou moins invasives, ont été successivement mises en place par le passé, la plus utilisée aujourd'hui est l'analyse des images de l'œil capturées par une ou plusieurs caméras. **Un niveau de détail plus approfondi de ces méthodes est disponible en annexe.** Nous ne présenterons ci-dessous que les éléments nous ayant permis de construire nos mesures et d'en exploiter les résultats.

Weiser (91)²¹⁶ considère l'eye tracking comme une « technologie transparente » c'est-à-dire que l'objet analysé par le sujet n'implique aucune contrainte spécifique, physique ou psychologique. Pour Baccino et Colombi (2000)²¹⁷ « l'utilisateur est donc à même de focaliser son attention sur l'objectif à atteindre et non plus sur les modalités d'utilisation de l'objet ou de réalisation de ce but ». Cette « transparence » nous garantit donc une parfaite objectivité de ces mesures du regard.

²¹⁵ Cox A., Cairns P., Berthouze N. et Jennett C. (2006), *The use of eyetracking for measuring immersion. in: What Have Eye Movements Told us So Far?*, Cognitive Science . Vancouver.

²¹⁶ Weiser M. (1991), *The Computer for the 21st Century*, Scientific American, 265, 3, 66-75.

²¹⁷ Baccino T. et Colombi T. (2000), L'analyse des mouvements des yeux sur le Web, *Revue d'Intelligence Artificielle*, 14(1-2), 127-148

2.3.2 Typologie des observations de l'œil humain

C'est en se basant sur la connaissance des différentes composantes de l'œil humain, que les chercheurs ont pu développer des observations à différents niveaux. On peut distinguer des observations basées sur les **mouvements de l'œil**, celles utilisant les **caractéristiques de l'œil** en lui-même et enfin les observations de la **paupière**.

2.3.3 Les mouvements de l'œil

Les saccades : en particulier les saccades exploratoires.

La saccade oculaire est un mouvement rapide de l'œil permettant de modifier la direction du regard vers un nouveau point de fixation. Ces mouvements peuvent être d'une durée variable (entre 50 et 150 ms) en fonction de l'amplitude. Plus l'écart entre deux zones de fixation est important plus la saccade sera longue jusqu'au nouveau point de fixation (Bohghen *et al.* 1974²¹⁸). L'œil tourne avec des amplitudes qui varient entre 30° et 40°. La vitesse angulaire avec laquelle l'œil tourne lors de ces mouvements peut dépasser 600°/s. Les saccades sont espacées par des fixations. L'exécution de ces saccades dépend de l'existence de points de fixations dans le champ visuel (Becker et Fuchs, 1969²¹⁹). La saccade oculaire amène l'image du point d'intérêt de la scène visuelle sur la fovéa, permettant ainsi une intégration et une analyse fine de l'information visuelle. La fréquence des saccades est plutôt reliée à un état de fatigue. Des études ont montré un ralentissement de la vitesse, de la durée et de l'amplitude des saccades dans le cadre de l'étude de la fatigue mentale (Bahill et Stark, 1975²²⁰ ;

²¹⁸ Bohghen D., Trost B., Daroff R., Dell'Osso L. et Birkett J. (1974), Velocity characteristics of normal human saccades, *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 13(8), 619-623.

²¹⁹ Becker W. et Fuchs A. F. (1969), Further properties of the human saccadic system: eye movements and correction saccades with and without visual fixation points. *Vision Res.* 9, 1247-1258.

²²⁰ Bahill A. T. et Stark L. (1975), Overlapping saccades and glissades are produced by fatigue in the saccadic eye movement system. *Experimental neurology.* 48. 95-106.

Schmidt *et al.*, 1979²²¹ ; Stern, Boyer et Schroeder 1994²²²). Ces études ont montré qu'en général **la fréquence des saccades diminuerait en présence de fatigue.**

Les fixations : elles se produisent lorsque le sujet est en concentration et en observation. Elles ont une durée moyenne située entre 200 et 300 ms. Elles sont généralement **représentatives d'un traitement cognitif important** (Viviani, 1990²²³) et, à ce titre, intéressantes pour notre étude.

Des **mouvements de poursuite** se manifestent également lorsque le sujet va effectuer le suivi du regard d'un objet ou d'une image en mouvement. Ces mouvements des yeux sont beaucoup plus lents que les saccades (environ 30°/s).

2.3.4 Caractéristiques de l'œil : le diamètre pupillaire

La pupille est un diaphragme par lequel la lumière pénètre dans le globe oculaire. La pupille grandit ou rétrécit en fonction de la luminosité. Avec une lumière intense la pupille ne mesure que 1 à 2 millimètres de diamètre, alors que dans l'obscurité elle peut atteindre 8 mm de diamètre. Le diamètre pupillaire se réduit avec l'âge, le manque de sommeil ou l'ennui. Des facteurs tels que la stimulation psychique, la concentration mentale, l'anxiété, l'attention, la motivation et les émotions peuvent eux aussi faire varier la taille de la pupille.

La constriction pupillaire est un indicateur imparfait de la fatigue visuelle bien qu'elle se révèle être un meilleur indice que le temps de réaction, la fréquence de clignement ou la fréquence critique de fusion (Salsi, 1992)²²⁴. Toutefois, plusieurs expérimentations utilisent cet indice comme indicateur objectif de

²²¹ Schmidt D., Abel L., DellOsso L. et Daroff R. (1979), Saccadic velocity characteristics Intrinsic variability and fatigue. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 50(4), 393-395.

²²² Stern J. A., Boyer D. et Schroeder D. (1994), Blink rate: a possible measure of fatigue. *Human Factors, The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 36(2), 285-297.

²²³ Viviani P. (1990), *Eye movement in visual search : cognitive, perceptual and motor aspects*, Elsevier Science , Amsterdam.

²²⁴ Cail F. et Salsi S. (1992), *La fatigue visuelle. Notes de l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles*. INRS éditions, Paris (France).

fatigue mental et d'effort cognitifs associé à certaines activités. De façon générale, l'accroissement d'attention s'accompagnerait d'une dilatation pupillaire (Davies et Parasuraman, 1982)²²⁵.

Il a aussi été prouvé que lors, d'une tâche immersive, le sujet aura tendance à diminuer ses mouvements oculaires au fil du temps, encore plus lors d'un jeu de type FPS (First Person Shooter : jeux vidéo de tir en vue subjective, c'est-à-dire que le joueur voit le terrain d'action au travers de la vision du protagoniste virtuel tout comme dans notre expérience), où son attention se concentrera au centre de l'écran (Anna L. Cox *et al.*, 2006)²²⁶.

Pour analyser l'immersion et le degré de réflexion d'un testeur, il faut donc s'intéresser à la fréquence et la durée des fixations, la fréquence des clignements (blink) ainsi **qu'au diamètre de la pupille**.

2.3.5 Observations de la paupière

Le clignement (Eye Blink)

L'eye blink (EB) est la couverture momentanée de l'œil par la paupière (Tecce, 1992)²⁰⁷. La fréquence de clignement est plus élevée chez les sujets jeunes que chez les sujets âgés. Elle diminue donc avec l'âge et également avec l'utilisation de tranquillisants. (Salsi, 1992).

Une augmentation de la fréquence des EBs est observée au cours d'une tâche de longue durée notamment si elle conduit à de la fatigue ou de l'ennui (Stern, Boyer et Schroeder, 1994²²⁷; Tecce, 1992²²⁸). Leur durée augmente aussi avec la fatigue (Kramer, 1991²²⁹). Lors d'une tâche immersive et

²²⁵ Davies D. R. et Parasuraman R. (1982), *The psychology of vigilance*. London, R.-U. : Academic Press.

²²⁶ Cox A., Cairns P., Berthouze N. et Jennett C. (2006), The use of eyetracking for measuring immersion. in: *What Have Eye Movements Told us So Far?*, *Cognitive Science* . Vancouver.

²²⁷ Stern J. A., Boyer D., Schroeder D., Touchstone M. et Stoliarov N. (1994), *Blinks, Saccades, and Fixation Pauses During Vigilance Task Performance*, rapport n° DOT/FAA/AM94/26, Washington, DC: Office of Aviation Medicine.

²²⁸ Tecce J. (1992), Psychology, physiology and experimental. Dans *McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology* (375-377). New York, NY: McGraw-Hill

²²⁹ Kramer A. F. (1991), Physiological metrics of mental workload: A review of recent progress. Dans L. Damos (dir.), *Multiple-task performance* (p. 279-328). London, R.-U. : Taylor & Francis.

d'un haut niveau cognitif, le nombre de fixations augmente et leur durée diminue (Ueno *et al.*, 2002)²³⁰, **tandis que la pupille se dilate** (Jennett *et al.*, 2008)²³¹. Il se produit **l'effet inverse lors de tâches non immersives et de faible attention**. Parallèlement, les EBs augmentent lors de la présence d'information, c'est-à-dire lorsque le sujet attend visualise ou analyse des données (Fukuda *et al.*, 2005)²³². Ainsi, Le système de contrôle oculomoteur serait très sensible à la fatigue, à la baisse d'attention et à l'immersion en général. Il est donc pertinent de s'intéresser à des variables comme le « Blinking », sa fréquence (Blink Frequency) et sa durée (Average Blink duration). Il est à noter que Le EB est le clignement de l'œil tandis que les fixations sont les intervalles de temps entre deux blinks. Lors de l'analyse, on peut concaténer ces variables par blocs de 10 secondes.

Le PERCLOS

Le PERCLOS (Percent Eyelid Closure) est défini comme étant la proportion du temps pendant lequel les yeux sont fermés lentement sur une période donnée. Le PERCLOS a été validé séparément dans plusieurs laboratoires comme étant l'indice le plus fiable pour détecter la fatigue (Richard Grace)²³³. Cette mesure est largement utilisée pour permettre l'observation en temps réel de la baisse de vigilance chez le conducteur (Dinges *et al.*, 1998)²³⁴.

2.4 L'activité électrodermale

2.4.1 Activité électrodermale : de quoi s'agit-il ?

²³⁰ Ueno A., Tateyama T., Takase M. et Minamitani H. (2002), *Dynamics of saccadic eye movement depending on diurnal variation in human alertness*. Syst. Comp. Jpn., 33: 95–103.

²³¹ Jennett C., Cox A.L., Cairns P., Dhoparee S., Epps A., Tijds T., et Walton A. (2008), *Measuring and defining the experience of immersion in games*. *International Journal of Human Computer Studies*.

²³² Fukuda K., Stern J., Brown T., Russo M. (2005), *Cognition, blinks, eye-movements, and pupillary movements during performance of a running memory task*, *Aviat Space Environ Med* ; 76(7, Suppl.): C75– 85.

²³³ <http://drivingassessment.uiowa.edu/> consulté le 10.01.2014

²³⁴ Dinges D. F., Mallis M., Maislin G. et Powell I. (1998), *Evaluation of techniques for ocular measurement as an index of fatigue and the basis for alertness management*, Rapport No. HS-808 762. U.S. Dept. Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.

L'activité électrodermale (AED), ou « Electro Dermal Activity (EDA) » ou encore « skin conductance » en anglais, part du principe physique que la peau conduit à plus ou moins bien l'électricité lorsqu'elle est soumise à une légère source externe de courant, d'un voltage constant (Johnson et Lubin, 1966)²³⁵. Cette variation des propriétés électriques est liée à la variation de la sécrétion de sueur par les glandes sudoripares eccrines. Ces glandes sont présentes sur tout le corps (environ 3 millions) et plus particulièrement concentrées sur le front, la plante des pieds et la paume des mains. L'AED dépend du système nerveux central. L'excitation de ce système stimule les glandes eccrines, responsables de la production de sueur, ce qui a pour conséquence d'augmenter la conductivité de la peau. Cet effet est principalement visible sur la paume des mains, le front et la plante des pieds (Boucsein 1992²³⁶).

Les dispositifs de captation de l'AED sont assez simples à mettre en œuvre puisqu'il s'agit généralement de simples capteurs placés à l'extrémité des phalanges. Ces capteurs sont reliés à un enregistreur (ordinateur) soit en filaire soit en radio (Bluetooth ou Wifi).

Les variations de conductance s'expriment en micro siemens (μS). Pour un individu moyen, la conductance électrodermale se situe dans une fourchette comprise entre 2 et 20 micro siemens, selon que l'individu soit au repos et détendu ou en phase de travail et contracté.

Si les études séminales sur ce sujet ont été faites au début du siècle précédent (Waller 1919²³⁷), on peut considérer que les principaux développements sur ce sujet ont été apportés à partir des années 1960²³⁸. Au fil de la progression des connaissances, il a été progressivement démontré que l'AED peut être utilisée comme une mesure de l'émotion (Nacke, 2009 ; Mandryck *et al.*, 2008²³⁹ ; Boucsein 2012, p31) et donne des indications fiables sur les variations de l'activation physiologique (Collet *et al.*,

²³⁵ Johnson, L. C. et Lubin, A. (1966), Spontaneous electrodermal activity during walking and sleeping. *Psychophysiology*, 3: 8–17.
doi:10.1111/j.1469-8986.1966.tb02673.x

²³⁶ Boucsein, W. (1992), *Electrodermal activity*. New York: Plenum Press.

²³⁷ Waller A.D., (1919), Concerning emotive phenomena-Part II.Periodic variations of conductance of the palm of the human hand. *Proceedings of the Royal Society*, 91, 17

²³⁸ Lader M.H. et Wing L. (1964), Habituation of the psycho-galvanic reflex in patients with anxiety states and in normal subjects. *Journal of Neurol Neurosurg Psychiatry*. 27:210–218.

²³⁹ Mandryk R. L., Inkpen K. M. et Calvert T. W. (2006), Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. *Behaviour et information technology*, 25(2), 141-158.

1996)²⁴⁰. Dans des contextes similaires à notre étude, il a été démontré une forte corrélation entre l'AED et l'expérience de gameplay que reportent les testeurs dans leurs réponses aux questionnaires (Drachen *et al.*, 2010)²⁴¹.

Toutefois si l'activité électrodermale permet de mesurer l'intensité d'une émotion, elle ne permet pas de connaître précisément quelle émotion entre en jeu. Pour cela il est **nécessaire de coupler ces relevés avec des résultats issus de données subjectives** ou comportementales, tels que l'observation du comportement ou des questionnaires d'auto évaluation (Nacke *et al.*, 2009)²⁴². Depuis plus d'un siècle, les variations de l'AED sont considérées comme des marqueurs crédibles sur les émotions (Féré, 1888)²⁴³, sur les processus de décision (Bechera *et al.*, 1999)²⁴⁴, sur l'attention (Sequeira *et al.*, 2009)²⁴⁵ et le stress (Boucsein, 2012, p31). L'AED est aujourd'hui régulièrement utilisée pour **mesurer les réactions émotionnelles des consommateurs** face à des stimuli marketing (Lajante *et al.*, 2012)²⁴⁶.

3 Conclusions du chapitre 3

L'ensemble des technologies présentées dans cet état de l'art des mesures physiologiques, et les résultats qu'elles permettent d'obtenir, sont donc scientifiquement validés. L'apport de ces mesures permet au chercheur de confronter, et de coupler si nécessaire, les résultats de mesures déclaratives

²⁴⁰ Collet, C., Roure, R., Rada, H., Dittmar, A. et Vernet-Maury, E. (1996), Relationships between performance and skin resistance evolution involving various motor skills. *Physiology and behavior*, 59(4), 953-963

²⁴¹ Drachen A., Nacke L. E., Yannakakis G. et Pedersen A. L. (2010), Correlation between heart rate, electrodermal activity and player experience in first-person shooter games. *Proceedings of the 5th Symposium on Video Games*, ACM SIGGRAPH. New York: ACM. 49-54.

²⁴² Nacke L. et Lindley C. A. (2008), Flow and immersion in first-person shooters: Measuring the player's gameplay experience. *Proceedings of FuturePlay* (pp. 81-88), Toronto, Ontario, Canada.

²⁴³ Féré C. (1888), Note sur les modifications de la résistance électrique sous l'influence des excitations sensorielles et des émotions. *Comptes rendus des séances de la société biologique*, 5, 217-219.

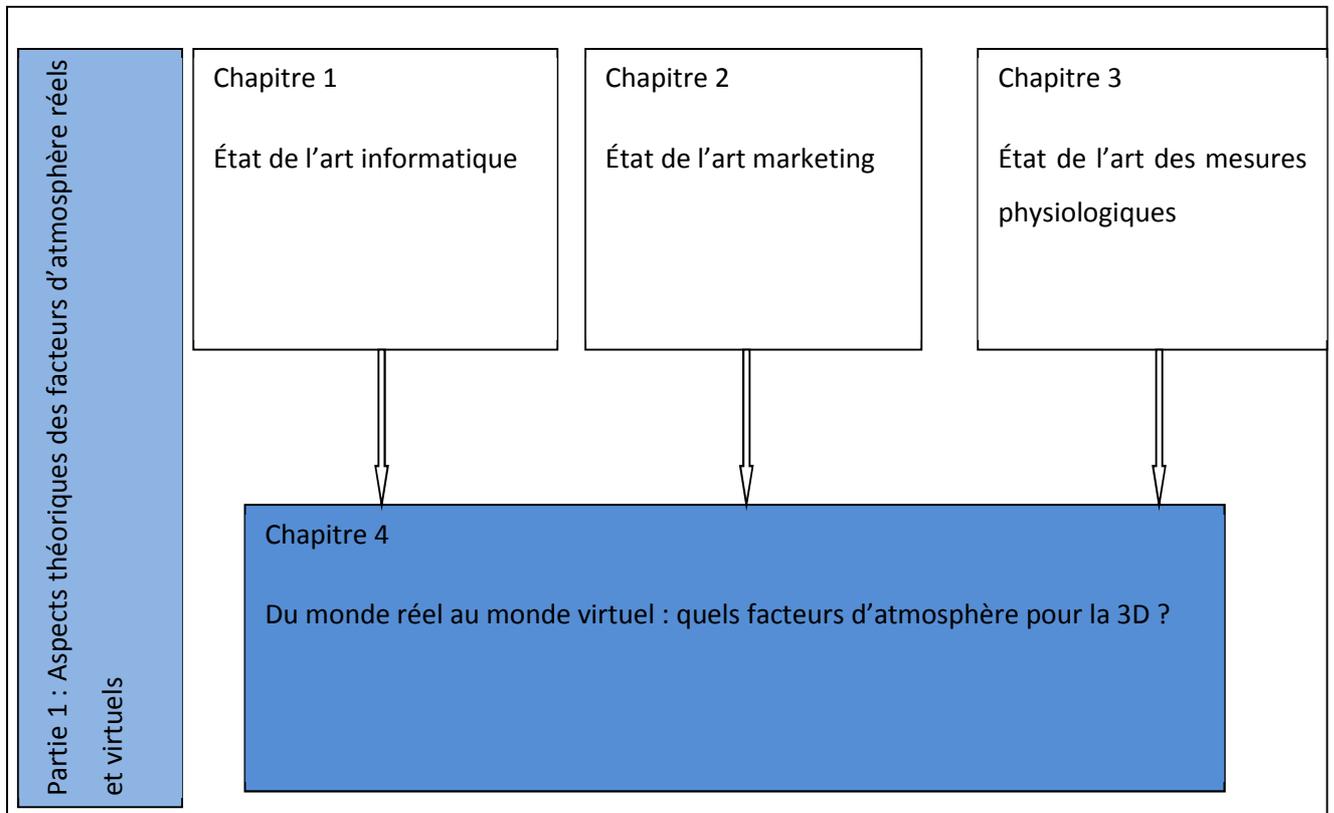
²⁴⁴ Bechara A., Damasio H., Damasio A. R. et Lee G. P. (1999), Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience*, 19(13), 5473-5481.

²⁴⁵ Sequeira H., Hot P., Silvert L. et Delplanque S. (2009), "Electrical autonomic correlates of emotion. *Journal of Psychophysiol* 71(1): 50- 56.

²⁴⁶ Lajante M., Droulers O., Dondaine T. et Amarantini D. (2012), *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, Vol 5(4), 238-249.

ou comportementales (questionnaires et observations) avec des résultats *apriori* totalement objectifs. C'est dans cette perspective que nous utiliserons les mesures de l'AED et de l'oculométrie pour la suite de nos recherches en mettant en place un protocole de recueil de ces données lors d'une expérimentation d'un magasin virtuel auprès d'un échantillon de consommateurs.

Chapitre 4 Du monde réel au monde virtuel : quels facteurs d'atmosphère pour la 3D ?



L'objectif de cette partie est de synthétiser les éléments exposés jusqu'à présent et de présenter les facteurs que nous avons choisis d'une part car ils sont significatifs dans le monde réel et d'autre part, techniquement parlant, transférables du monde réel vers le monde virtuel.

1 Du monde réel au monde virtuel : des « atmospherics » aux « 3Dspherics »

Nous proposons de dénommer les composantes atmosphériques d'un site web 3D « **3Dspherics** » en référence aux « atmospherics » de Kotler s'appliquant aux magasins réels, puis aux « webmospherics » de Childers *et alii* (2001)²⁴⁷ qui s'appliquent aux sites 2D.

A travers la présentation des éléments de la littérature sur les facteurs d'atmosphère des magasins classiques, des magasins 2D et des environnements 3D nous pouvons conclure que :

- S'agissant des magasins physiques, de Kotler à Lemoine les auteurs ont tous successivement étudié et validé l'importance de l'impact de ces facteurs dans le processus décisionnel du consommateur.
- S'agissant des sites 2D, nous pourrions résumer notre état de l'art en citant une des conclusions de Liang et Lai, 2002²⁴⁸ « *le design des sites marchand joue le même rôle que l'agencement des magasins* ».
- Enfin, sur les quelques éléments de littérature disponibles sur la 3D à ce jour, nous avons pu constater que les 3Dspherics qui ont été étudiés semblent avoir tout autant d'importance que les webmospherics dans un site classique 2D. Plus spécifiquement nous avons proposé, à l'identique du monde réel, de scinder les 3Dspherics en trois sous familles : les facteurs d'ambiance, les facteurs de design et les facteurs sociaux (cf. Figure 23). Tous trois semblent pouvoir avoir une influence sur la perception et l'état de Flow du visiteur d'un environnement 3D marchand. Nous en avons conclu que, **sur un plan théorique, les facteurs d'atmosphère ont probablement une influence sur le comportement des visiteurs d'un site web 3D.**

²⁴⁷ Childers T., Carr C., Peck J. et Carson S. (2001), Hedonic and utilitarian motivations for online retail shopping behavior, *Journal of Retailing*, 77, 511-535

²⁴⁸ Liang T-P. et Lai H-J. (2002), Effect of store design on consumer purchases : van empirical study of on-line bookstores, *Information & Management*, 39, 431-444

2 Quels sont nos choix de facteurs d'atmosphère pour la 3D ?

Compte tenu de la quantité et de la diversité de ces facteurs, nous avons choisi de nous focaliser **uniquement sur l'influence des deux sous-familles « ambiance » et « design »** que l'on retrouve à la fois dans les magasins physiques, les magasins 2D et les magasins 3D du web. Nous avons donc **volontairement écarté les facteurs sociaux** et cela pour deux raisons. La première d'ordre théorique puisqu'il s'agit d'un champ de recherche spécifique que nous n'avons pas abordé dans notre état de l'art. La seconde d'ordre pratique puisque nos premières réflexions en matière de terrain d'expérimentation nous ont amené à écarter cette dimension car elle aurait nécessité de mettre en place des interactions entre plusieurs personnes sur un seul site 3D. Cette contrainte aurait impliqué la mise en œuvre de moyens techniques qui n'étaient pas à notre disposition. Une autre solution envisageable aurait été d'utiliser des mondes virtuels existants (type Second Life) comme terrain, mais dans ce cas les deux autres dimensions n'auraient pas été manipulables !

Rappelons que le contenu de ces deux familles pour un site 3D tel que proposé dans l'état de l'art.

S'agissant des facteurs d'ambiance :

- Les variables de réalisme : (proximité plus ou moins grande de l'univers avec la réalité)
- Les variables internes générales : (murs, plancher, moquette, éclairage, son, meubles et appareils).
- Les variables de décoration : (présentation des produits, présentoirs, posters, signalisation, cartes et décorations murales)
- Les variables techniques de la simulation : (qualité d'image, latence, taille de l'univers)

S'agissant des facteurs de design :

- Les variables d'agencement et de design (accessibilité de l'offre, nombre de références proposées, allocation de l'espace, groupement des produits, circuit du trafic, emplacement des rayons et allocations au sein des rayons).
- Les variables ergonomiques de la simulation (visualisation, navigabilité, modalités de déplacement, possibilités de manipuler des éléments en 3D)

Enfin, au sein de ces deux sous-famille (ambiance et design) il a été nécessaire de **tenir compte des contraintes technologiques** auxquelles nous devons faire face (voir Partie 3, Chapitre 10 : « Cahier des charges du magasin 3D »), pour finaliser notre choix de facteurs afin de construire notre modèle de

recherche en fonction de ce qui était modifiable, donc mesurable dans un environnement 3D marchand spécifiquement construit.

Notre choix final s'est donc porté sur trois éléments modulables et dont l'impact est potentiellement mesurable :

- la luminosité globale du magasin virtuel et l'éclairage additionnel,
- la disposition des produits dans les rayons (facing) et le coefficient d'occupation au sol,
- la signalétique et sa couleur en tant qu'aide aux déplacements dans la simulation.

L'ensemble de ces composantes, et leur impact, peut donc être présenté synthétiquement de la façon suivante :

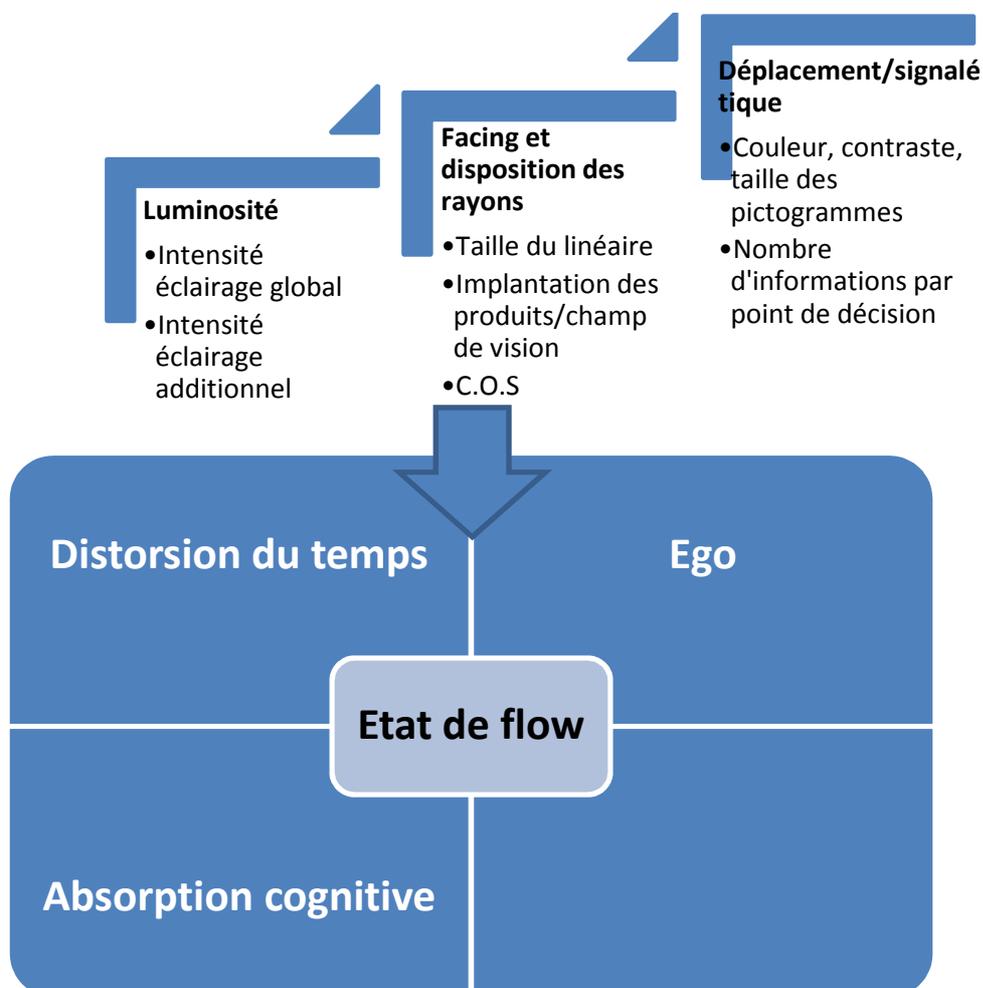
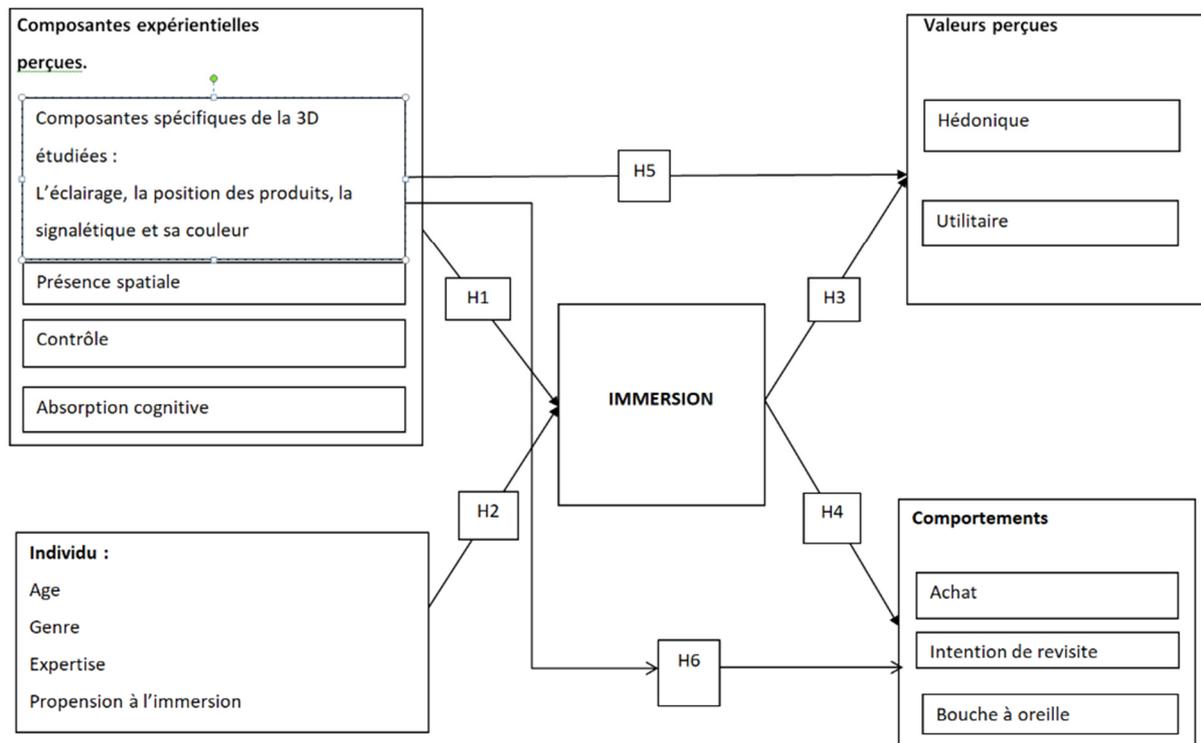


Figure 35 : Schéma synthétique de nos éléments de recherche

Au vu de ces différents éléments, et des choix que nous avons faits, nous proposons à ce stade une première ébauche du modèle théorique présentée ci-après :



De ce modèle nous proposons une première version de nos méta-hypothèses de recherche :

H1 : Les composantes expérientielles perçues lors de la visite du magasin 3D influencent positivement l'immersion de l'utilisateur.

H2 : Certaines caractéristiques de l'utilisateur ont une influence positive sur son niveau d'immersion dans un environnement marchand en 3D.

H3 : Le niveau d'immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les valeurs perçues de l'utilisateur.

H4 : Le niveau d'immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les comportements du consommateur.

H5 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits et couleur de signalétique) ont une influence positive sur les valeurs perçues de l'utilisateur.

H6 : Les composantes expérientielles perçues lors de la visite du magasin 3D influencent positivement les comportements de l'utilisateur.

En vue de conforter, ou non, ce schéma potentiel de recherche, et d'affiner nos hypothèses, nous avons effectué une étude empirique en quatre temps, étude présentée dans la partie suivante (Partie 2 : Études exploratoires).

PARTIE 2 : ÉTUDES EXPLORATOIRES

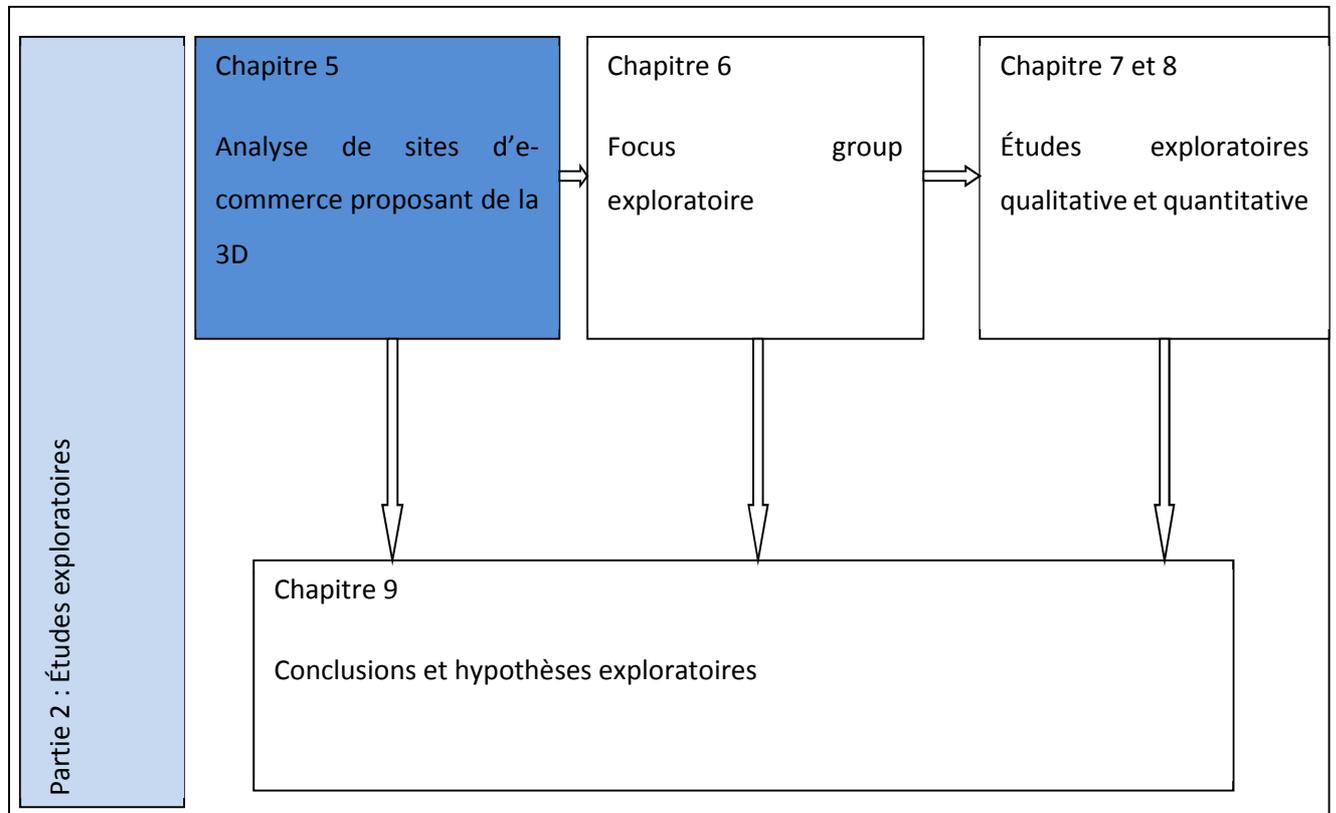
Compte tenu du peu d'études existantes sur les comportements de consommation dans des sites 3D il nous a semblé nécessaire de réaliser une première batterie d'études exploratoires permettant de cerner plus précisément les enjeux et d'affiner notre problématique de recherche.

Notre étude s'est déroulée en quatre temps :

- dans un premier temps nous avons répertorié différents sites d'e-commerce proposant de la 3D et étudié leurs principales caractéristiques en termes de facteurs d'ambiance ;
- dans un second temps nous avons organisé un focus group que nous qualifierons « d'exploratoire » constitué de neuf personnes avec pour objectif de recenser quelques grandes voies potentielles de recherche ;
- dans un troisième temps nous avons mis en place une étude qualitative auprès d'un échantillon d'une vingtaine de personnes afin de recueillir leurs impressions lors d'une navigation dans quelques sites 3D sélectionnés à l'issue du recensement de la première phase ;
- enfin dans une quatrième et dernière étape, nous avons mis en place et administré un questionnaire en ligne en vue d'obtenir des informations plus générales sur les attentes et préférences des internautes face à ces nouveaux concepts.

Il est à noter que ces différentes étapes se sont succédés en majorité en première partie du travail doctoral. Les conséquences sont que, d'une part certains sites de e-commerce utilisés ne sont parfois plus opérationnels, et que, d'autre part, le nombre de sites et les performances proposées ont fortement évolué depuis l'origine.

Chapitre 5 ANALYSE DE SITES D'E-COMMERCE PROPOSANT DE LA 3D



1 Introduction

Comme nous l'avons vu dans l'état de l'art, depuis que le Web existe beaucoup de tentatives ont été effectuées pour essayer de recréer des sensations proches de la réalité. Les applications marchandes qui se sont développées à l'instar des jeux tentent d'atteindre les mêmes objectifs d'immersion.

La première étape de notre analyse a consisté à la construction d'une typologie permettant de classer les nombreux sites disponibles sur le Web. Au vu des différentes solutions existantes sur le Web, nous avons choisi une échelle de graduation permettant de hiérarchiser l'interactivité possible entre le visiteur et les produits.

Niveau d'interaction 3D	Type de site web 3d
Basique	Galerie d'objets 3D
Simple	Configurateurs 3D
Avancé mais non-communautaire	Espaces de vente interactifs
Avancé	Galeries communautaires

Tableau 6 : Proposition d'échelle de graduation d'intensité des sites Web en termes d'interactions possibles

Au premier niveau nous allons donc trouver des « **galeries d'objets 3D** » qui présentent des objets sous forme de liste, tout comme des sites Web classiques, mais qui autorisent la possibilité d'une interaction sous forme de manipulation de l'objet en trois dimensions.

A un second niveau nous avons placé les « **configurateurs 3D** », ce sont des logiciels avec lesquels il est possible d'entrer en interaction afin par exemple de modéliser une future cuisine ou un meuble.

Au troisième niveau figurent les « **espaces de vente interactifs** » dans lesquels apparaît la navigation au sein d'un univers virtuel mais qui restent unipersonnels (pas d'autres participants visibles au même moment).

Enfin en quatrième niveau les « **espaces communautaires** » qui sont des sites 3D totalement interactifs et au sein desquels il est possible d'interagir avec d'autres avatars qu'ils soient des représentations des vendeurs ou d'autres acheteurs.

Nous présenterons donc dans la suite de chapitre des exemples pris dans chacune de ces catégories et nous attarderons plus particulièrement sur ceux d'entre eux qui nous ont semblé plus particulièrement représentatifs au sein de chaque catégorie. Pour chacun d'entre eux, nous avons recensé la présence ou non des facteurs d'ambiance significatif relevés dans notre état de l'art.

2 Galeries d'objet 3D

Ce type de magasins provient généralement d'un enrichissement du site Web classique en deux dimensions avec de nouvelles possibilités techniques. En effet, l'internaute a ici la possibilité d'une interaction avec les objets qu'il a sélectionnés. On quitte donc le domaine de la photographie des produits « à plat », tel que proposée par les sites Web classiques, pour aller vers des photographies interactives permettant de faire pivoter le produit et de l'observer sous toutes les coutures. Toutefois, mis à part une éventuelle plus grande qualité des photographies, l'interaction reste généralement

uniquement limitée à cette manipulation. Le site « potoroze » propose quand même une personnalisation de l'avatar et « allolunette » d'utiliser votre webcam pour prendre une photo de votre visage afin de lui adapter les lunettes de votre choix.

Nom du site	Lunette optic	Potoroze Mode	Allo lunettes	Damartsport
Adresse Web	www.lunette-optic.fr	www.potoroze.com	www.allolunettes.com	www.damartsport.com
Présentation	Vente de lunettes	Vente de vêtement	Vente de lunettes	Vente de vêtements de sport
Nombre de marques représentées	20	43	240	1
Achat en ligne	Oui	Oui	Non	Oui
Fonction de recherche	Oui	Oui	Oui	Non
ATHMOSPHERE				
Superficie de l'univers (1-5)	NA	NA	NA	NA
Profondeur de champ (1-5)	NA	NA	NA	NA
Qualité des graphismes (1-5)	2	5	1	4
Luminosité (1-5)	NA	NA	NA	NA
Type de lieu (réel -imaginaire)	NA	NA	NA	NA
ORIENTATION				
Balisage (1-5)	NA	NA	NA	NA
Présence d'un plan facilement accessible	NA	NA	NA	NA
DÉPLACEMENTS				
Déplacements dynamiques possibles (oui-non)	NA	NA	NA	NA
Possibilité de voler (oui-non)	NA	NA	NA	NA
Fluidité des déplacements (1-5)	NA	NA	NA	NA
VARIABLES HUMAINES				
Le client est associé à un avatar (oui-non)	Non	Oui	Oui	Non
L'avatar est personnalisable (oui-non)	Non	Oui	Oui (photo client)	Non
Présence d'autres avatars (oui-non)	Non	Non	Non	Non
Possibilité d'interagir avec les autres avatars (oui-non)	Non	Non	Non	Non

Tableau 7 : présentation de sites de type galerie 3G

Nous allons maintenant effectuer un focus du site Potoroze.com, qui nous a semblé être l'exemple le plus riche des quatre.

2.1 Potoroze Mode

Potoroze propose une expérience relativement peu fréquente en e-commerce : pouvoir **visualiser des produits et faire du shopping en 3D**. Sur ce site il est donc possible de comparer, regarder les produits sous toutes les coutures en tournant autour d'eux à 360°. La version que nous avons utilisée (juin 2013) était une version de démonstration, ayant pour but de montrer les possibilités de l'outil en marque blanche.



Figure 36 : Le concept de Potoroze

Sur le site Web www.potoroze.com/Mode/, on accède à la page d'accueil. Il est alors nécessaire de télécharger un **plugin adéquat**. À noter au passage que la fenêtre de demande de téléchargement (cf. figure ci-dessous) est susceptible de **dissuader l'utilisateur de poursuivre**.

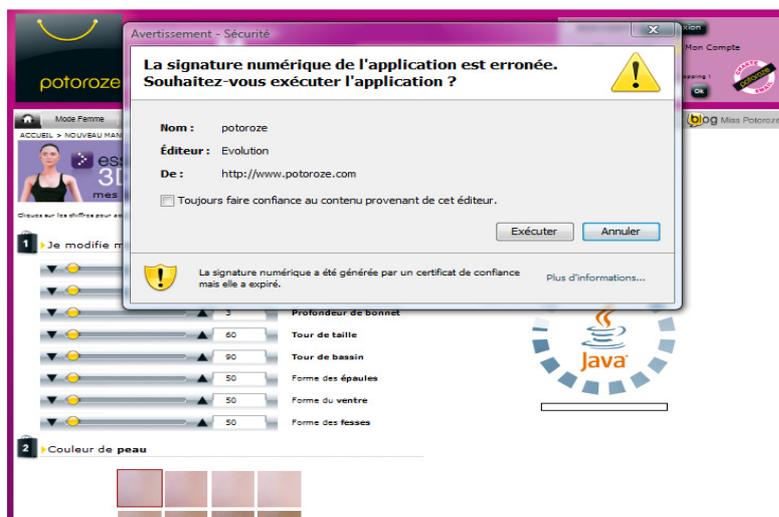


Figure 37 : téléchargement du plugin

L'utilisateur doit ensuite sélectionner un mannequin qui va porter les produits qui l'intéressent. Il peut alors soit partir sur un modèle standard d'avatar 3D, soit créer un avatar correspondant à ses propres mensurations, soit reprendre un avatar qu'il a déjà été créé.

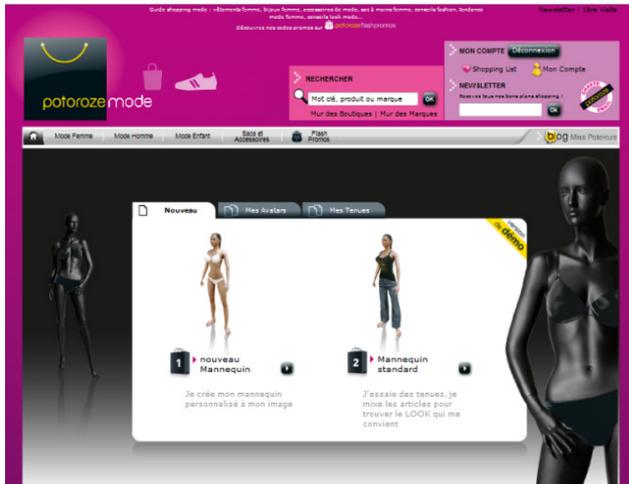


Figure 38 : choix du type d'avatar

Les possibilités de **personnalisation** sont assez avancées. On y modifiera l'**aspect général** (tour de poitrine, de taille, couleur de peau), mais aussi le **visage** (forme, couleur des yeux) et les cheveux (coiffure, couleur). Cette fonction permet au modèle de se rapprocher au mieux des caractéristiques physiques du client afin d'éviter, *a priori*, de mauvaises surprises.

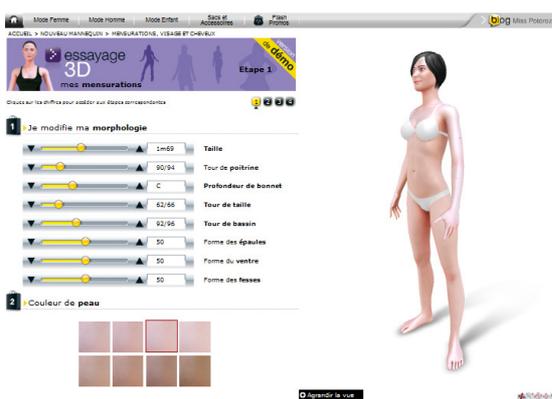


Figure 39 : personnalisation de l'avatar

Lorsque le modèle est fini, l'application propose à l'utilisateur de **l'enregistrer**, en vue d'une reconnexion, ce qui lui fera gagner du temps la prochaine fois, voire le fidélisera.

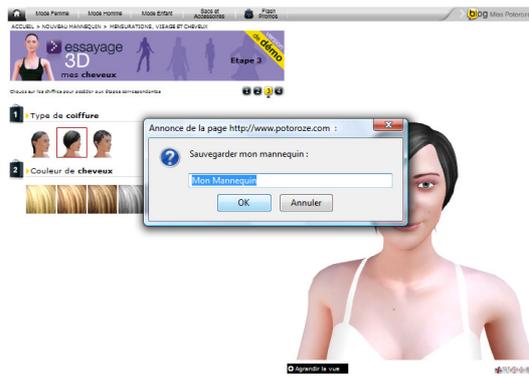


Figure 40 : enregistrement d'un avatar

Dès lors que son avatar est défini, le client va se voir **proposer l'ensemble du catalogue des produits 3D**. On retrouve alors **plusieurs marques**, telles que « La Redoute Création », « Laura Clément » ou encore « Edéis ». Le client sélectionne les produits qu'il souhaite regarder et qui sont alors automatiquement positionnés sur son avatar. Il est possible d'agrandir, de faire pivoter son avatar afin de pouvoir l'observer sous **toutes ses coutures**. Le client peut également sélectionner à la fois un chapeau, un vêtement différent en haut et en bas, des chaussures et un accessoire. S'il est intéressé, une icône le renverra sur l'espace paiement du site 2D.

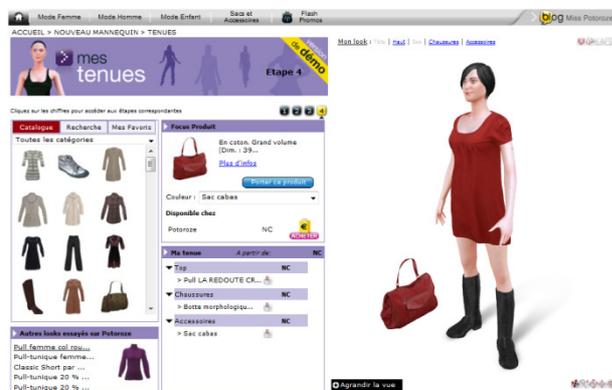


Figure 41 : essai de vêtements

Une **vue interactive** spécifique à chacun des produits est disponible. Elle permet d'avoir encore **plus de détails** sur chacun d'eux. La manipulation des produits est très intuitive et fluide et on peut apprécier la **qualité de modélisation** (malgré quelques bugs d'affichages minimes) ainsi que celle des textures, très détaillées.

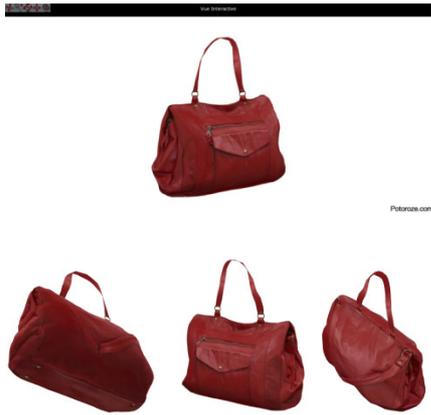


Figure 42 : vision à 360° des produits

On peut juste regretter qu'elles ne soient pas davantage travaillées en termes de **colorimétrie**, afin de se rapprocher encore plus de la réalité. Exemple avec à gauche la représentation 3D et à droite une photo du produit.



Figure 43 : représentation des couleurs et des matières

C'est la société **VB2S** (société roubaisienne) qui a réalisé ce site. Selon l'interview téléphonique de son créateur Mr Chevalier (interview menée le 10.10.2012), VB2S a choisi un modèle économique permettant de favoriser le développement de cette technologie puisqu'il est basé sur l'**affiliation** c'est à dire que la société est **rétribuée à la performance** (amélioration des ventes du site). VB2S proposera prochainement une plateforme de type Potoroze en « marque blanche » c'est-à-dire sous forme d'un site web complet à personnaliser aux couleurs du client.

Enfin, Potoroze ne souhaite pas se limiter au vêtement, chaussures et autres accessoires, mais il veut se positionner en tant que galerie multimarques : « *Nous pouvons aussi bien référencer des produits high-tech, des produits habitat/déco, des jouets, du matériel sportif, etc. Du moment que la visualisation 3D interactive d'un produit apporte un plus dans le processus de découverte/d'achat pour*

l'internaute et donc aussi pour le marchand. L'objectif est vraiment de mieux présenter l'offre produits pour mieux vendre. » ²⁴⁹

Avantages :

- Un rendu 3D des produits sur un site d'e-commerce ;
- La vue 3D plein écran ;
- La qualité des graphismes ;
- La possibilité d'essayer plusieurs vêtements différents (objectif : inciter le consommateur à acheter une tenue complète).

Inconvénients :

- Le temps de téléchargement du plugin, auquel il faut rajouter le long premier chargement des fiches produits. Deux facteurs qui risquent de décourager les moins patients ;
- Il manque un panier dans le site pour acheter plusieurs produits à la fois. Le panier moyen et le nombre de produits achetés pourraient sans doute ainsi augmenter ;
- Le temps nécessaire à la virtualisation de chaque produit (qui fait qu'actuellement beaucoup de produits ne sont pas encore modélisés).

2.2 Configurateurs 3D

Le second niveau d'interaction concerne « les configurateurs 3D ». Ce sont des outils logiciels permettant d'utiliser la 3D pour des applications marchandes. Nous avons analysé trois configurateurs 3D que nous avons identifié sur Internet :

²⁴⁹ Source : interview téléphonique de Mr Sébastien Chevalier du 10.10.2012

Nom du site	La Redoute	Lundia	Ikea
Adresse Web	www.idees-3com.com/maquettes/red	http://94.23.7.169:8080/lun3dia/applicationClient/Configu	http://kitchenplanner.ikea.com/fr/UI/Pages/VPUI.htm
Présentation	Personnalisation d'une gamme de canapés	Mobilier modulable	Modélisation de cuisine, salle à manger et déco
Nombre de marques représentées	1	1	1
Achat en ligne	Non	Oui	Oui
Fonction de recherche	Non	Non	Oui
ATHMOSPHERE			
Superficie de l'univers (1-5)	NA	NA	NA
Profondeur de champ (1-5)	2	1	2
Qualité des graphismes (1-5)	4	4	4
Luminosité (1-5)	NA	NA	NA
Type de lieu (réel - imaginaire)	Réel	Réel	Réel
ORIENTATION			
Balisage (1-5)	NA	NA	NA
Présence d'un plan facilement accessible	NA	NA	NA
DÉPLACEMENTS			
Déplacements dynamiques possibles	NA	NA	NA
Possibilité de voler	NA	NA	NA
Fluidité des déplacements (1-5)	NA	NA	NA
VARIABLES HUMAINES			
Le client est associé à un avatar	NA	NA	NA
L'avatar est personnalisable	NA	NA	NA
Présence d'autres avatars	NA	NA	NA
Possibilité d'interagir avec les autres avatars	NA	NA	NA

Tableau 8 : présentation des sites de type configurateurs 3D

Nous allons maintenant présenter plus en détail le site de Lundia, qui nous a semblé offrir le plus de fonctionnalités.

La société **Lundia**, commercialise du mobilier modulaire en épicea massif depuis son lancement en 2009, et a développé un nouvel outil d'aide à la vente : <http://94.23.7.169:8080/lun3dia/applicationClient/Configurateur>. Ce configurateur de meuble permet à l'internaute de **créer son meuble personnalisé en 5 étapes**, de **visualiser son rendu en 3D** et **d'obtenir son devis en ligne**. L'idée est alors de mettre à disposition des visiteurs un outil simple et intuitif.

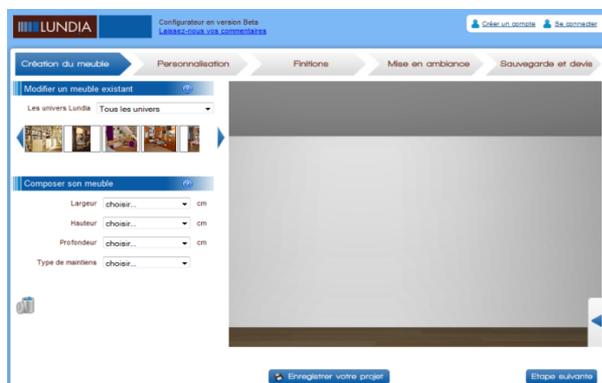


Figure 44 : concept de Lundia

Au travers de cinq étapes, l'utilisateur va pouvoir **construire et personnaliser son meuble** (tailles, extension de la partie principale, poignées, etc.). Il peut ensuite y ajouter des **éléments préenregistrés** (tablettes, tiroirs, portes, etc.). A terme, le site proposera également de remettre le meuble dans une ambiance particulière.

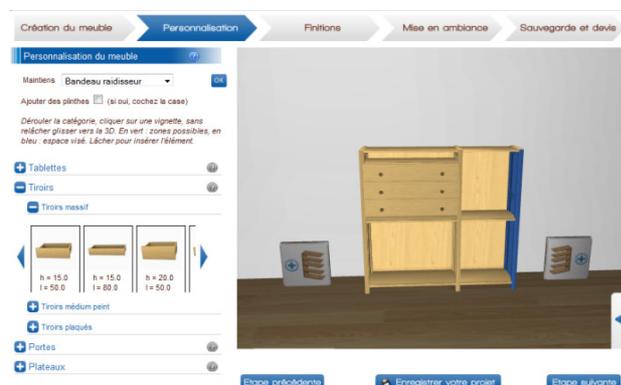


Figure 45 : personnalisation du meuble

Pour finir, lorsque l'utilisateur est satisfait de sa création, il peut voir le **devis correspondant** et décider ou non de procéder à l'achat.

Création du meuble → Personnalisation → Finitions → Mise en ambiance → Sauvegarde et devis

Votre devis

Référence produit	Désignation	Finitions	Qté	P.U.	Prix total
CCP400VE	Côté coulissant	Verni	1	7.00	7.00
ET1200VE	Echelle terminale	Verni	2	70.00	140.00
EM1200VE	Echelle motte	Verni	1	54.00	54.00
CFT30VE	Cache de finition terminale	Verni	2	7.00	14.00
CFM30VE	Cache de finition motte	Verni	1	7.00	7.00
CCP800VE	Côté coulissant	Verni	1	13.00	13.00
TD0500VE	Tablette droite simple	Verni	3	29.00	87.00
TD0600VE	Tablette droite simple	Verni	4	33.00	132.00
FP1225VE	Fond plaqué	Verni	1	31.00	31.00
FP1228VE	Fond plaqué	Verni	1	49.00	49.00
TAPM15803TS	Tiroir massif	Chêne blond	3	95.00	285.00
TELTD00VE	Tasseau de tiroir et de porte	Verni	1	8.00	8.00
BRMLP	Bouton bouton métal laiton		6	7.00	42.00
Frais de port				30.00	
Montant T.V.A				147.33	
Montant T.T.C				899.00	

Votre composition

Pour enregistrer votre composition vous devez être identifié dans le configurateur.

Si vous n'avez pas encore de compte, [Créer un compte](#)

Si vous avez déjà un compte, [Identifiez-vous](#) avec votre e-mail et mot de passe dans le bandeau du haut

Une fois votre composition enregistrée vous pourrez :

- la retrouver ultérieurement
- l'envoyer par mail
- télécharger le devis
- transmettre au conseiller décorateur Lundia pour un conseil à distance ou en boutique

Pour commander :

- En ligne avec les références de mon devis (L)
- En boutique (L)

[Espace précédents](#)

Figure 46 : génération du devis

Présenté par ses concepteurs comme un nouveau relais de croissance en complément des magasins en propre et des revendeurs, le site de vente en ligne a pour ambition de devenir, par le biais du Configurateur 3D Lundia, l'un des moyens de développer significativement le chiffre d'affaires du spécialiste du mobilier modulable.

Avantages :

- Très bon rendu du l'aspect général ;
- Possibilité de créer soi-même un meuble (en ayant des possibilités quasi infinies) ;
- Un devis automatiquement calculé.

Inconvénients :

- Le temps de chargement un peu long ;
- Une interface un peu trop compliquée, difficile à prendre en main.

2.3 Espaces de vente interactifs

C'est à ce type de sites Web que notre étude va s'intéresser plus en détail. En effet nous retrouvons ici des éléments de magasins physiques qui ont été transférés dans un univers virtuel. Nous les avons nommés « espace de vente interactifs » car ils proposent, comme dans les magasins réels, la possibilité de sélectionner d'interagir et d'acheter un plusieurs produits tout comme dans un magasin physique. Dans un premier temps nous avons donc sélectionné quatre espaces de vente qui nous ont semblé particulièrement représentatifs et nous en avons détaillé trois parmi eux :

Nom du site	Viktor & Rolf	Willemse	Place des styles	SFR - Eshop
Adresse Web	www.viktor-rolf.com/index.htm	http://ns311156.ovh.net/main.html?z=45743	www.place-des-styles.com	eshop.sfr.fr
Présentation	Présentation des parfums et vidéos	Jardin	Place avec plusieurs boutiques (marque Promod)	Boutique virtuelle
Nombre de marques représentées	1	1	1	1
Achat en ligne	Non	Oui	Non	Oui
Fonction de recherche	Non	Oui	Non	Oui
ATHMOSPHÈRE				
Superficie de l'univers (1-5)	4	5	3	3
Profondeur de champ (1-5)	4	5	2	4
Qualité des graphismes (1-5)	5	2	4	3
Luminosité (1-5)	5	4	4	4
Type de lieu (réel - imaginaire)	Réel	Réel	Réel	Imaginaire
ORIENTATION				
Balisage (1-5)	4	4	4	5
Présence d'un plan facilement accessible	Oui	Oui	Oui	Oui
DÉPLACEMENTS				
Déplacements dynamiques possibles (oui-non)	Non	Oui	Non	Oui
Possibilité de voler	Non	Non	Non	Non
Fluidité des déplacements (1-5)	NA	5	NA	4
VARIABLES HUMAINES				
Le client est associé à un avatar	Non	Non	Non	Non
L'avatar est personnalisable	Non	Non	Non	Non
Présence d'autres avatars	Non	Non	Oui	Oui
Possibilité d'interagir avec les autres avatars	Non	Non	Non	Oui (deux conseillers)

Tableau 9 : présentation des sites de types espaces de vente interactifs

2.3.1 SFR - Eshop



Courant 2011, l'opérateur mobile SFR a lancé sa première **boutique virtuelle** en ligne. L'univers général est très **futuriste**. Le client se déplace très facilement dans la boutique à l'aide des touches de direction de son clavier, les espaces étant bien délimités.

Figure 47 : boutique virtuelle SFR



SFR intègre également à l'univers ses **dernières publicités**, de façon à maximiser l'effet de réalité.

Figure 48 : boutique vue de l'intérieur

Le potentiel de la 3D est exploité puisque le visiteur a la possibilité de visualiser et de manipuler certains produits en 3D.



Figure 49 : produits en 3D

Il peut également cliquer sur un **des conseillers pour obtenir des informations**. Ces dernières sont assez **pauvres** : l'utilisateur sera soit redirigé vers de courtes fiches produits, soit vers le site 2D de la marque.



Figure 50 : conseiller SFR

L'ensemble des **produits présentés sont en trois dimensions**. Il est ainsi possible pour l'utilisateur de faire tourner le produit de façon à l'observer en détail. Il a également accès à un certain nombre d'informations techniques et peut l'acheter (redirection vers le site classique).



Figure 51 : informations sur les produits

Des zooms sur les produits en 3D, des manipulations virtuelles et des présentations vidéo sont proposés afin de pouvoir découvrir les derniers produits SFR.

Avantages :

- Bon rendu général ;
- Une façon un peu plus interactive de découvrir les produits ;
- Des conseillers qui sont là pour répondre aux visiteurs, comme dans un vrai magasin.

Inconvénients :

- Des éléments de décor « imaginaires »;
- Un site difficile à trouver à partir du site 2D.

2.3.2 Place des styles [5]

La marque de prêt-à-porter Promod propose également ce type de boutique : www.place-des-styles.com. L'univers est cette fois-ci une **place marchande virtuelle**, où se trouvent **plusieurs boutiques**, dans lesquelles l'offre **Promod** y est répartie par style.



Le(a) client(e) peut entrer dans le magasin de son choix, regarder la collection et découvrir les tendances du moment. On note que les graphismes sont très poussés et que la 3D est très interactive.

Figure 52 : place virtuelle



Figure 53 : boutique vue de l'intérieur

Le visiteur peut ensuite se déplacer vers des **cabines d'essayage** et **découvrir quelques tenues complètes déjà appareillées**. Sur la droite, on retrouvera les détails des produits, et en cliquant sur leur image le client sera redirigé vers le site classique.



Figure 54 : essayage de vêtements

Avantages :

- Excellent rendu général
- Une façon un peu plus interactive de découvrir les produits ;
- Des conseils donnés sur la mode par les vendeuses virtuelles.

Inconvénients :

- Des déplacements très limités ;
- Des interactions et des possibilités assez pauvres.

2.3.3 Jardins Willemse [4]

Idées-3Com a réalisé pour la **société Willemse France**, n°1 de la **jardinierie à domicile**, un jardin 3D qui met en valeur la diversité et l'originalité des plantes de la marque, de manière dynamique et interactive : <http://ns311156.ovh.net/main.html?s=264091>.



Figure 55 : page d'accueil du site Willemse

Après quelques **explications et conseils d'utilisation**, le client entre dans le jardin. L'utilisateur se trouve dans un jardin virtuel en 3 dimensions et découvre huit espaces, tels que « La roseraie », « le Potager et verger », « le jardin aquatique », un espace outils et accessoires, une serre. Les **produits** sont mis en valeur par la 3D dans leur environnement naturel, pour **stimuler l'achat additionnel**. On y découvre des compositions de fleurs et de plantes, agrémentées d'éléments de décoration.



Figure 56 : jardin Virtuel

Enfin, si une plante particulière intéresse l'internaute, il pourra, en cliquant dessus, obtenir un certain nombre d'informations telles que le nom, la description, la disponibilité, etc.... et il pourra bien évidemment la **commander**.



Figure 57 : présentation des plantes ou des arbres

Avantages :

- Une façon un peu plus interactive de découvrir les produits ;
- Un univers très agréable et riche (musique, nombre de produits) ;
- Des fiches-produits très complètes.

Inconvénients :

- Un temps de chargement assez important et la nécessité d'installer un plugin.

2.4 Espaces communautaires

Voici les trois espaces communautaires que nous avons trouvés sur Internet :

Nom du site	Shopping life	The Mall TV	Le centre du monde
Adresse Web	www.shoppinglife.fr/galerie.html	www.themall.tv	www.lecentredumonde.com
Présentation	Centre commercial	Centre commercial	Centre commercial
Nombre de marques représentées	70	500	80
Achat en ligne	Non	Non	Non
Fonction de recherche	Oui	Oui	Non
ATHMOSPHERE			
Superficie de l'univers (1-5)	5	5	5
Profondeur de champ (1-5)	5	4	4
Qualité des graphismes (1-5)	2	5	5
Luminosité (1-5)	3	3	
Type de lieu (réel - imaginaire)	Réel	Réel	Réel
ORIENTATION			
Balisage (1-5)	3	4	4
Présence d'un plan facilement accessible	Non	NA (site en maintenance)	Oui
DÉPLACEMENTS			
Déplacements dynamiques possibles (oui-non)	Oui	Non	Non
Possibilité de voler (oui-non)	Non	Non	Non
Fluidité des déplacements (1-5)	5	4	4
VARIABLES HUMAINES			
Le client est associé à un avatar (oui-non)	Non	Non	Non
L'avatar est personnalisable (oui-non)	Non	Non	Non
Présence d'autres avatars	Oui	Oui	Oui
Possibilité d'interagir avec les autres avatars	Non	Non	Non

Tableau 10 : présentation des sites de types espaces communautaires

Nous avons également étudié deux exemples d'espaces communautaires. Chacun d'entre eux nous a en effet semblé particulier et intéressant à ce titre.

2.4.1 Shopping Life [2]

Shopping life propose à ses internautes 2 types de navigation : une navigation en 2D où l'internaute parcourt un site classique, et une navigation de type immersion dans un « **monde virtuel** ». Cette dernière permet au client de naviguer avec les flèches et de se balader dans des **villes bien connues** (les Champs-Élysées pour Paris, Londres, etc.) où les magasins bordent les rues. Pour y accéder, il faut se rendre à l'adresse suivante www.shoppinglife.fr/galerie.html et télécharger le plugin vous permettant de gérer la 3D dans votre navigateur.

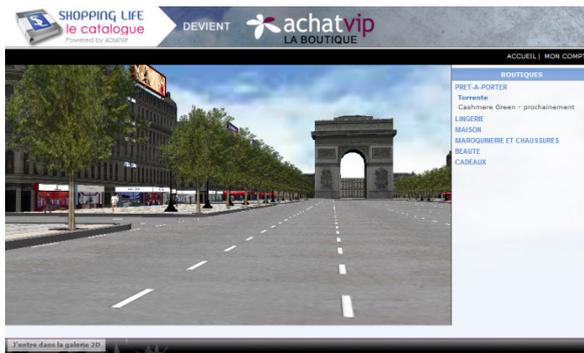


Figure 58 : les Champs-Élysées sur Shopping Life

Le choix d'une 3D assez sommaire a été fait ici avec pour objectif de s'adapter à un maximum d'ordinateurs (notamment ceux n'ayant pas une carte graphique dédiée dans leur ordinateur). L'univers est **animé en permanence** : voitures qui roulent, atmosphère nocturne, ce qui a pour but de maximiser l'effet de réalité, etc. Il y a actuellement un peu plus de **70 boutiques** tous univers confondus.



Figure 59 : boutique vue de l'extérieur

Lorsqu'un utilisateur clique sur une vitrine, il entre dans le magasin (cf. dessous l'exemple du joaillier Swarovski).



Figure 60 : boutique vue de l'intérieur

Il peut alors évoluer dans ce dernier mais les **possibilités sont ensuite assez limitées**. En effet, il n'y a **aucune interaction** possible avec le(s) vendeur(s) présent(s) dans le magasin ou autres personnages. Il sera, dans la majorité des cas, invité à cliquer sur un visuel qui le **redirigera vers la boutique 2D**.



Figure 61 : diaporama des produits

Ce site a un **fonctionnement de type affiliation** car il présente les produits de plusieurs marques et les met en avant en prenant simplement un pourcentage fixé sur la vente. Il propose également des **espaces publicitaires** directement intégrés dans l'univers.



Figure 62 : boutique personnalisée



Figure 63 : bannière publicitaire

Avantages :

- Un concept encore original en e-commerce ;
- des marques connues proposées ;
- une navigation très simple et intuitive (on avance avec le clavier et on regarde avec la souris).

Inconvénients :

- des bugs qui freinent la navigation (images qui ne s'affichent pas notamment) ;
- téléchargement du plug-in obligatoire ;
- le rendu intérieur des boutiques est très inégal ;
- qualité du graphisme parfois assez sommaire ;
- les produits ne sont pas en 3D.

2.4.2 Aushopping [4]

Créé en décembre 2009, Aushopping est une filiale d'Immochan, immobilière commerciale du **Groupe Auchan**. Ouvert le 18 juin 2012, Aushopping est présenté comme un « **espace web communautaire 3D qui combine un comparateur de prix, un réseau social dédié au shopping et un centre commercial entièrement en 3D** ». Comme annoncé par le concepteur ce projet traduit « *la stratégie multi-canal d'Immochan : aushopping.com* ».



Figure 64 : concept de Au Shopping

Le but déclaré de ce nouveau concept est de faire « **vivre une expérience d'achat en ligne inédite** » à l'internaute. Grâce aux boutiques 3D l'utilisateur retrouve ses **enseignes favorites**, découvre les produits et services de manière interactive, ajoute ses produits favoris au panier par un simple clic, pour ensuite les **acheter en ligne**.



Figure 65 : boutique vue de l'intérieur

Le comparateur de prix regroupe plus de **10 000 commerçants**, permettant ainsi de trouver les bons produits aux bons prix ! Le quartier communautaire propose des **animations**, des jeux concours, des expositions, ainsi que la possibilité d'aménager son appartement et de personnaliser son **avatar**.



Figure 66 : quartier communautaire

Le **site communautaire** lui permet de compléter son profil, d'échanger ses photos, ses vidéos, ses avis sur les produits, ses marques et enseignes préférées, des idées cadeaux, des bons plans, etc.

Le concept, sur ces bases, a donc été lancé auprès du grand public en juin 2012. Dans la galerie du centre commercial virtuel, une place comportait entre 15 et 20 boutiques. Quant aux **ambitions de trafic**, elles étaient importantes : « *nous visons 5 millions de visiteurs par mois d'ici 5 à 6 ans* », notait François Tiberghien directeur du projet. Pour l'e-marchand, les coûts se composent du montant de la réalisation de la boutique en 3D et d'un loyer annuel : « *pour une entreprise qui s'installe, il faut compter un ticket d'entrée entre 25 et 30k€* ». Pour commencer, le centre commercial a été lancé avec des enseignes du groupe Auchan et quelques partenaires (Cache Cache, La Poste). Fonctionnalité de nature à intéresser plus d'un e-marchand, la boutique virtuelle accessible depuis la galerie Aushopping peut également l'être depuis le site marchand de l'entreprise : « *les enseignes déjà présentes sur la version Beta vont permettre à Auchan d'améliorer progressivement le concept* ».

Avantages :

- une fluidité dans les « déplacements » à l'intérieur du site ;
- des marques et des enseignes connues sont proposées ;
- un aspect communautaire (échange d'informations, partage de photos, etc.) qu'on ne retrouve pas ailleurs ;
- une navigation très simple et intuitive (on avance avec le clavier et on regarde avec la souris).

Inconvénients :

- assez peu de choix proposés au démarrage du site.
- Le concept du magasin virtuel d'origine a été abandonné fin 2014 pour des raisons inexplicables officiellement.

3 Conclusions de l'analyse initiale de sites existants

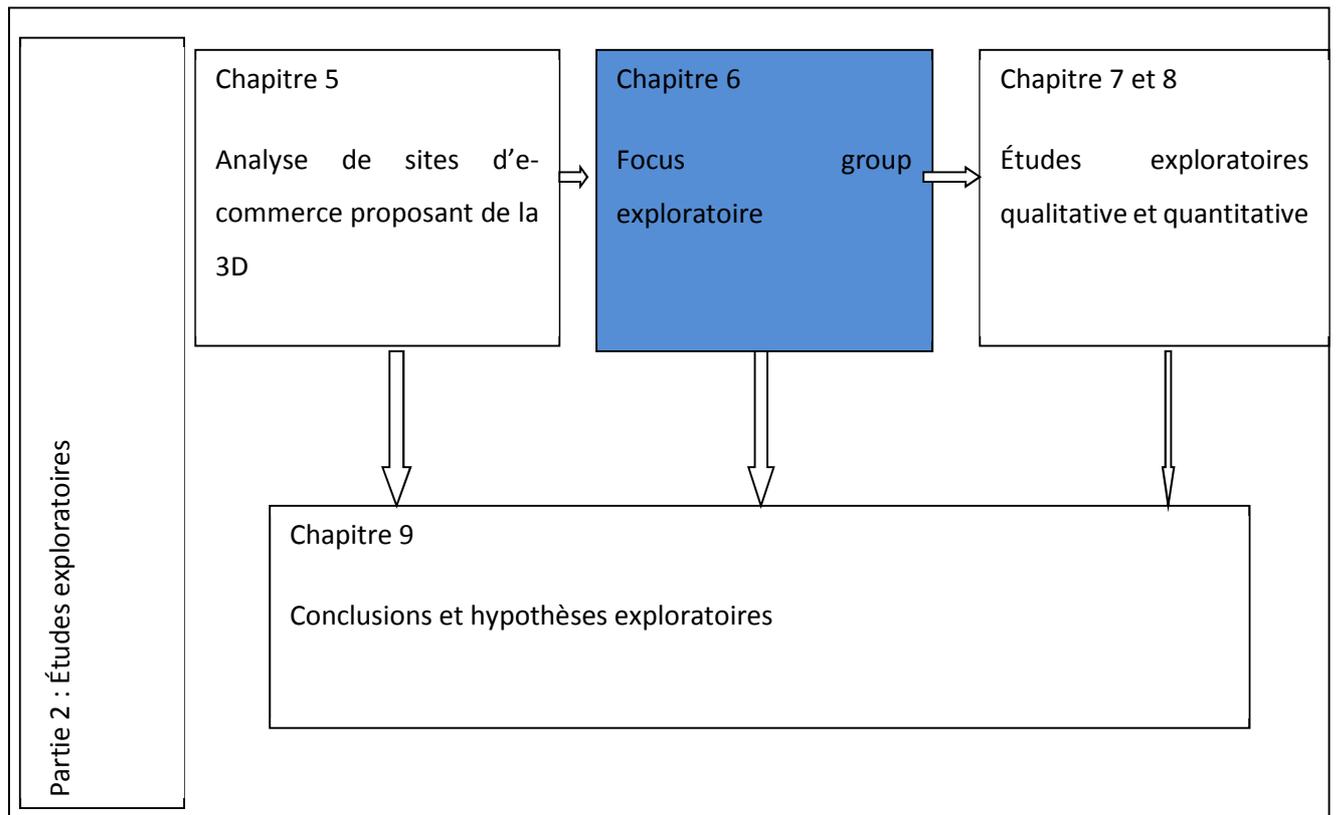
Les **possibilités techniques offertes par la 3D** semblent **intéressantes et nombreuses**. La résultante de ces possibilités est que le visiteur d'un site 3D a à sa disposition différents types concepts, allant de la e-boutique légèrement augmentée jusqu'au monde virtuel totalement intégré. Chaque concept propose des niveaux plus ou moins poussés d'interactions voire différentes modalités de déplacements.

Comme nous l'avons supposé l'objectif des concepteurs semble être de permettre au visiteur de s'immerger à un niveau qu'il pourra librement choisir.

Les deux questions qui se posent sont, d'une part, de savoir si cet objectif est **prisé par les consommateurs**, et, d'autre part, si l'ergonomie de ces sites et les interactions proposées peuvent avoir un **effet sur son appréciation de l'atmosphère** du site commercial.

Pour répondre à ces interrogations, nous avons donc dû quitter le niveau purement technique et descriptif présenté ci-dessus et nous lancer dans des mises en situation en utilisant le matériau recueilli lors de ce premier inventaire.

Chapitre 6 FOCUS GROUP EXPLORATOIRE



1 Introduction

Historiquement conçu par des chercheurs en communication sociales dans les années 1940, le concept du focus group (abrégé parfois en « FG » dans notre document), a par la suite été utilisé en marketing à partir des années 1960 pour tester des nouveaux produits et concepts. Basé sur le concept d'une discussion de groupe autour d'un sujet, il permet au chercheur « *d'utiliser explicitement l'interaction entre les participants, à la fois comme moyen de recueil de données et comme point de focalisation dans l'analyse* » (Kitzinger 1994)²⁵⁰. Un des intérêts du focus group est de laisser s'exprimer les participants le plus librement possible afin de susciter un maximum d'échanges entre eux et d'arriver ainsi à dégager les idées clés sur les comportements, les attitudes, voire les freins face à une innovation

²⁵⁰ Kitzinger J. (1994), The methodology of focus groups : the importance of interactions between research participants, *Sociology of health and illness*, 16, 1, 103-121.

ou un produit. Ils permettent de « focaliser » des discussions sur un sujet (Kitzinger *et al.* 2004)²⁵¹. L'animateur doit donc être discret (Powney 1988)²⁵² n'intervient donc que pour relancer le débat si ce dernier s'essouffle, ou pour le recentrer sur le point focal de la recherche. Pour un historique détaillé des focus group, il est possible de consulter l'article de Kitzinger *et al.* (2004).

Cet outil nous a semblé le plus pertinent pour ouvrir le champ de nos recherches et explorer, avec l'aide d'un petit panel de consommateurs, les premières voies offertes par la technologie 3D au service du web marchand. Enfin, comme suggéré par la recherche (Babour et Kitzinger, 1999²⁵³; Merton, Fiske et Kendall, 1956²⁵⁴), le concept de FG est à utiliser en complémentarité d'autres outils (questionnaires, observations, entretien individuel) pour un éclairage « multifaisceaux » (les auteurs parlent de triangulation ce qui, dans le cas présent, ne convient pas puisque nous aurons quatre éclairages différents : le FG, les observations, l'entretien et l'étude quantitative en ligne).

2 Présentation des sites web marchands 3D utilisés pour le focus group

Dans un premier temps, notre étude préliminaire de faisabilité nous a amené à consulter et analyser quelques sites marchands en 3D. En effet, pour construire au mieux notre guide d'entretien (cf. annexe), nous devons recenser les possibilités, et les lacunes offertes par ce concept novateur afin d'éventuellement pouvoir les mettre en exergue lors du focus group.

Concrètement, nous avons analysé plus finement les possibilités proposées par les sites suivants :

- **Victoria Couture**, un magasin de mode féminine de luxe, entièrement en 3D,
- **La Redoute**, qui propose un essayage virtuel en 3D des vêtements,
- **Renault**, qui propose une exposition de ses différents véhicules en 3D,
- **Shopping Life**, une galerie marchande en 3D,
- **Potoroze**, un site marchand permettant une visualisation en 3D des produits.

²⁵¹ Kitzinger J., Markova I. et Kalampalikis, N. (2004), Qu'est-ce que les focus groups. *Bulletin de psychologie*, 471(3), 237-243.

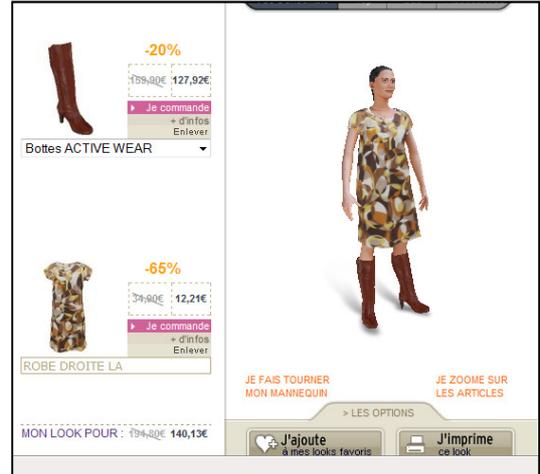
²⁵² Powney J. (1988), Structured Eavesdropping, *Journal of the British educational research foundation*, 28, 3-4.

²⁵³ Babour R. et Kitzinger J. (1999), *Developing focus group research : Politics, theory and practice*. Londres: Sage.

²⁵⁴ Merton R.K., Fiske M. et Kendall P.L. (1956), *The focused interview: a manual of problems and procedures* (2e éd.). New York/London: The Free Press/Collier Manmillan Publishers.



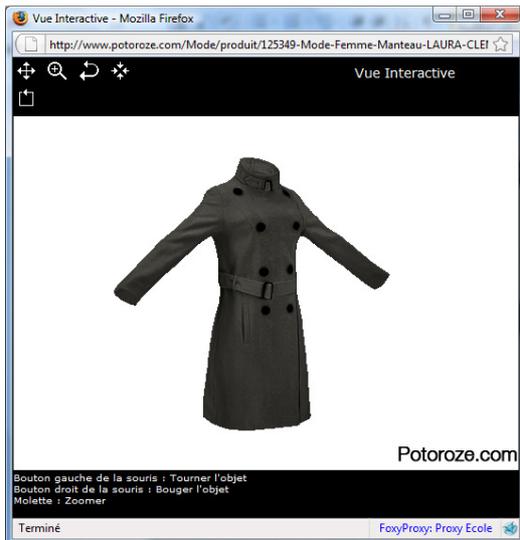
Victoria Couture



La Redoute



Shopping Life



Potoroze

Figure 67 : Aperçu des 4 sites marchands en 3D sélectionnés

Ces sites proposent différentes utilisations de la technologie 3D : Victoria Couture et Renault proposent un magasin en 3D dans lequel l'internaute peut se déplacer. Les produits peuvent également être visualisés en 3D. Le site de La Redoute est en 2D mais propose une visualisation des vêtements en 3D, via un mannequin standard ou personnalisé.

Shopping Life propose de se déplacer dans un centre commercial virtuel mais ne permet pas de visualiser les produits en 3D. La navigation est simple et fluide : le clavier permet de diriger le « corps » de l'avatar, tandis que la souris permet de diriger le regard. De plus, il propose la possibilité de se déplacer librement, « flâner », dans des rues virtuelles. En revanche, il faut télécharger un plug-in et le rendu visuel est très inégal d'une boutique à une autre.

Potoroze ne recrée pas l'atmosphère d'un centre commercial mais permet de manipuler les articles en 3D par des rotations et des zooms. Le site sert de plateforme à plusieurs marques. Les principaux avantages de ce site sont le rendu très réaliste des produits (notamment des matières), le comparateur simultané de produits (possibilité de comparer les tailles, de tourner les produits en même temps), ainsi qu'une vue plein écran permettant de visualiser plus de détails. Cependant, il faut faire preuve de patience lors de la visite de ce site, car le temps de téléchargement du plug-in et des fiches produits sont longs. De plus, on passe d'un site à l'autre selon les produits, on ne peut donc pas avoir de panier unique.

Lors de la visite de chacun de ces sites, nous avons établi une « fiche de visite » du site, dans laquelle nous avons pu décrire notre visite ainsi que les avantages et les inconvénients que nous avons pu remarquer. L'ensemble de ces fiches figure en annexe « Fiches de visites ». Voici par exemple la fiche de visite du site de Renault.

Description d'une « visite type » du site de Renault automobiles.

Le site de Renault propose une promenade virtuelle dans une concession. Le visiteur est accueilli par une hôtesse semi-virtuelle qui explique le fonctionnement de la visite : elle invite à visiter le « show-room » virtuel, où sont exposés les différents véhicules de la marque. Le discours d'accueil de cette hôtesse peut être esquivé si l'internaute connaît déjà le site et veut se rendre directement à la présentation des véhicules.

A la fin du discours d'accueil, le visiteur se retrouve dans le « show-room » où sont présents tous les véhicules. Il suffit de cliquer sur la voiture de son choix pour la visualiser de plus près. Il est alors possible d'avoir une vue extérieure de la voiture, qui tourne sur elle-même.

La visite ne s'effectue pas seul, d'autres clients se promènent également dans le magasin. Il y a de plus un bruit de fond signalant la présence d'autres clients.

Une fois la voiture visualisée en 3D, de plus amples détails sont disponibles, tels que le prix et les différentes options. On peut personnaliser son véhicule, mais toute cette partie se déroule sur un site en 2D.

Avantages.

- **Représentation d'un univers réel** : le client est plongé dans un univers virtuel qui ressemble beaucoup à une réelle concession. Le visiteur peut ainsi plus facilement s'immiscer dans ce monde virtuel, l'incitant ainsi plus à acheter. Ceci est réalisé par deux moyens :
- La présence de personnages et le bruit de fond contribuent à recréer l'atmosphère d'un réel magasin.
- Les décors ressemblent à une concession ordinaire (bien que plus luxueuse).
- La **navigation** vers chaque véhicule, à partir de la vue globale est relativement facile car intuitive : le visiteur a d'abord une vue d'ensemble et clique sur le véhicule de son choix.
- Le visiteur n'a **pas d'avatar**, il voit de lui-même : il s'intègre plus facilement dans le monde virtuel. De plus, aucun avatar ne lui obstrue une partie de son champ de vision.
- Le **chargement** des différentes visualisations est relativement rapide. Il n'y a presque pas de délai d'attente.

Inconvénients.

- La présentation des véhicules :
 - L'inconvénient majeur de ce site est l'absence de visualisation intérieure des véhicules. Il s'agit d'un gros frein pour le consommateur, qui va devoir se rendre dans une vraie concession pour poursuivre sa découverte du véhicule.
 - La présentation 3D ne propose qu'une rotation sur 360°, mais pas de zoom sur les différentes parties du véhicule.
 - La présentation des véhicules n'est pas la même pour tous les véhicules ; pour certains, l'internaute peut faire tourner le véhicule dans le sens qu'il veut, à la vitesse qu'il veut, alors que pour d'autres véhicules, la rotation est automatique, à vitesse fixe.
 - Le client ne peut que mettre en pause le mouvement du véhicule s'il veut s'attarder sur un endroit précis de la voiture.
- La **vue globale** de la concession présente quelques défauts :
 - Une fois le véhicule sélectionné et visualisé, le retour à la vue globale de la concession n'est pas intuitif, il faut chercher dans le menu du site.
 - La vue globale de la concession ne présente pas la réelle disposition des véhicules dans le magasin : le client peut alors se sentir perdu, car il lui est difficile de s'orienter et de savoir où il se trouve.

- Il n’y a pas de possibilité de promenade dans la concession : l’internaute peut avoir une vue globale de la concession, et à partir de cette vue globale, choisir un véhicule. Une fois qu’il se trouve près d’une voiture, il ne peut pas se déplacer pour aller en voir une autre. Il doit revenir à la vue globale, où éventuellement cliquer sur une flèche pour accéder au véhicule se trouvant juste à côté de celui-ci près duquel il se trouve. Les modalités de déplacement sont donc limitées.

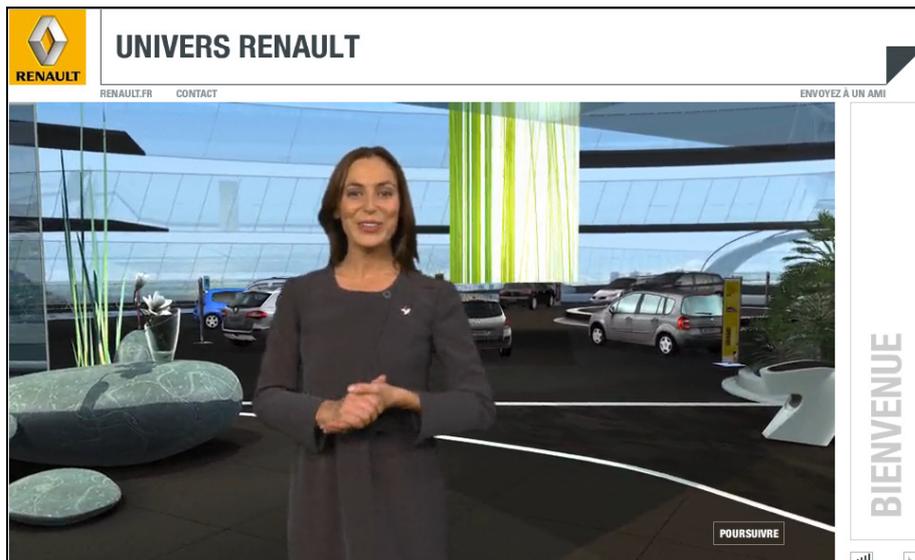


Figure 68 : Accueil dans la concession Renault en 3D

3 Méthodologie du focus group

Les objectifs de notre focus group exploratoire étaient donc de découvrir les premières réactions d’internautes face à une immersion dans des sites web marchands en 3D et soulever de nouvelles problématiques liées à ces modalités technologiques innovantes. Pour cela, nous avons fait réagir un groupe de personnes, ayant une connaissance minimale d’internet, sur l’utilisation de la 3D dans des sites marchands.

Techniquement parlant ce focus group s’est déroulé dans les locaux du laboratoire Loustic de TELECOM Bretagne le 25 février 2013 et a duré environ 2h00. Un technicien était présent dans la régie du laboratoire (contiguë à la salle dans laquelle se déroulait le FG) afin d’assurer les enregistrements audio et vidéo des discussions. Nous avons animé le focus group et pris des notes dont certaines ont été réutilisées dans la retranscription.

3.1 Recrutement

S'agissant du recrutement, nous avons cherché dans notre réseau de relations neuf personnes, de profils variés mais utilisateurs d'internet. Comme nous l'avons vu dans la littérature²⁵⁵, il est en effet important que les participants à un FG ne se connaissent pas et qu'ils aient ensuite assez peu de possibilités de se rencontrer à nouveau. Ceci permet de gagner en investissement de la part des participants qui n'ont ainsi pas d'image d'eux même à défendre en début de FG et qui savent également que les personnes avec qui le débat a été engagé ne seront probablement jamais recroisées ultérieurement.

Le groupe final a donc été constitué de deux enseignants (un du secondaire et un universitaire), quatre étudiants de l'enseignement supérieur d'horizons différents, un jeune sans-emploi, un retraité et deux cadres supérieurs. Sur les neuf personnes cinq étaient des hommes. Nous souhaitons toutefois préciser que les personnes recrutées avaient toutes un profil technophile (validé par un questionnaire), ce qui peut éventuellement influencer les résultats.

Le guide d'animation en annexe contient l'ensemble des questions que nous avons posé aux participants. Cependant, comme précisé en introduction, conformément aux pratiques conseillées par la littérature, nous avons utilisé ce guide uniquement pour poser les questions qui n'ont pas été abordées spontanément par les participants. Le guide nous a permis également de structurer très clairement les **trois parties de la discussion** que nous souhaitions aborder : le e-commerce en général, une démonstration des sites marchands en 3D, et le e-commerce en 3D.

3.2 Méthodologie et déroulement du focus group

La première partie de notre FG était constituée d'une brève présentation des objectifs de la réunion par l'animateur à l'issue de laquelle il a été demandé à chacun de donner son prénom et de dire quelques mots sur ce qu'il pense du commerce en ligne en général. Cette partie du FG est très importante car elle permet à tous les participants de prendre la parole dès le début de la réunion et ainsi de s'affirmer face aux autres, de « briser la glace » le plus rapidement possible. En effet plus le temps passe à compter du début du FG plus il est difficile pour un individu de prendre la parole. Nous

²⁵⁵ Merton, R.K., Fiske, M. et Kendall, P.L. (1956). *The focused interview : a manual of problems and procedures* (2e éd.). New York/London : The Free Press/Collier Manmillan Publishers.

avons ensuite amené les participants à parler de leurs achats sur internet, les avantages et les inconvénients, voire les freins du e-commerce selon eux.

Dans une deuxième partie, nous avons proposé à nos participants de « visiter » les trois sites marchands en 3D retenus :

- Victoria Couture,
- Renault,
- Shopping Life.

Pour cette visite virtuelle les participants se trouvaient devant un ordinateur, par groupe de trois. Nous leur avons proposé de se déplacer comme ils le voulaient sur chacun des trois sites. Nous leur avons également précisé de bien faire leurs commentaires à haute voix afin d'en permettre l'enregistrement audio.

Enfin, dans une troisième partie, nous avons animé une discussion générale (commentaires, analyse) sur les sites marchands en 3D en appuyant notre questionnement sur ce qui avait vu lors de leurs visites virtuelles.

3.3 Résultats du focus group exploratoire

Nous avons analysé les résultats du focus group à partir des notes que nous avons prises pendant le déroulement de la discussion et à partir des enregistrements audio de cette discussion. L'analyse sera présentée en suivant la logique de notre guide d'entretien (disponible en annexe), cependant, l'accent sera mis sur la troisième partie du focus group, concernant le e-commerce en 3D (partie entièrement retranscrite en annexe).

3.3.1 Opinions sur le e-commerce en général

La plupart des personnes invitées au focus group voient le commerce en ligne comme un moyen pratique d'effectuer des achats même s'ils émettent quelques réserves.

Les avantages

❖ Efficience

De façon globale le e-commerce permet un gain de temps et d'argent (effectuer des bonnes affaires). Ceci peut être fait sur des sites de vente dont les prix sont moindres par rapport aux prix en magasin ou sur des sites marchands dont l'enseigne est uniquement présente sur internet. Selon notre panel, des sites comme *venteprivée.com* affichent des prix jusqu'à 70% moins chers qu'en magasin. Cependant, on a pu remarquer qu'uniquement des « jeunes » invités ont évoqué ce site. Le fait de faire des bonnes affaires serait alors plus important sur les jeunes dont les moyens financiers restent moindres.

❖ Efficacité

Lorsqu'on sait déjà ce qu'on le veut acheter, le e-commerce permet de faire de achats ciblés et de trouver des produits « introuvables » dans les commerces traditionnels.

Les inconvénients:

❖ Sécurité de paiement :

L'avis sur la sécurité de paiement reste mitigé. Beaucoup d'invités ont cités celui-ci comme un danger. Cependant, on peut noter que Madame M considérait qu'il n'y avait aucun risque dans la transmission des données bancaires.

❖ Sécurité d'expédition :

Les invités ont exprimé une crainte par rapport à la mauvaise ou non réception du produit acheté même si aucun d'entre eux n'avait vécu une telle situation.

3.4 Les déceptions vis-à-vis du e-commerce

Quelques invités ont été déçus par leurs achats en ligne pour les raisons suivantes :

- Fausse publicité, avantages exagérés
- Les bonnes affaires semblent dures à trouver, il peut même y avoir tromperie sur les bonnes affaires apparentes. L'image donnée du produit peut être différentes de la réalité.
- Ne pas pouvoir essayer le produit

- Cette lacune freine certains achats, principalement dans l'habillement ou la musique (dans ce cas précis l'impossibilité d'écoute partielle, ou totale, avant l'achat). Cependant, malgré certaines déceptions, les invités n'ont eu recours qu'à très peu de fois à la procédure de remboursement qu'ils jugent compliquée.
- D'autres invités n'ont jamais été (ou très peu) déçus par le achat via internet. Ceux qui sont dans ce cas sont des personnes achetant sur internet divers types de produits régulièrement (Mademoiselle G), ou sinon effectuant plutôt des achats ciblés et réfléchis (Monsieur S).

3.5 Les usages du e-commerce

Les biens immatériels sont les produits qui ont le plus succès auprès des invités du focus groupe. Une évolution des mœurs apparaît. En effet, les voyages, les billets de train et d'avions sont achetés principalement sur internet (au moins 2 fois par mois par exemple pour Mademoiselle C).

Les invités précisent aussi que l'achat sur internet des autres produits reste exceptionnel sauf Mademoiselle G, jeune étudiante. Elle pratique l'achat de type d'articles de mode sur internet jusqu'à deux fois par semaine.

Aussi, il apparaît l'achat des biens immobiliers sur internet semble pratique. Même si cet intérêt ne s'est pas révélé pour les étudiants, il s'est plutôt présenté auprès de Madame M, adulte CSP+.

Par ailleurs, l'e-commerce permet d'acheter des produits/services qu'on ne peut trouver localement (exemple : accessoires d'escalade).

3.6 Flâner sur Internet

Les utilisateurs « exploratoires » semblent utiliser l'e-commerce pour des raisons de prospections. Ils sont alors aidés par des sites spécialisés dans ce domaine tels les comparateurs de prix. De plus, certains voient le e-commerce comme un moyen de repérage pour ensuite acheter en boutique réelle.

Par ailleurs, plusieurs personnes du focus group ont souligné qu'il serait intéressant de pouvoir réserver des vêtements sur internet, notamment pendant les soldes. Le « shopping » est vu comme un moment de plaisir et l'environnement en boutique est important (décor, musique, odeurs). C'est là que les sites 2D possèdent des limites quant à la réalisation de cet environnement.

Pour certains invités du focus group, l'interaction sociale durant le shopping est importante (Mademoiselle F et Monsieur S). Ils privilégient le contact et les conseils avec un vendeur. Ceci constitue également une limite du e-commerce car les conseils sont généralement uniquement trouvables dans les forums mais il n'y a pas, dans ces forums, d'obligation, et donc de garantie de compétences comme on peut trouver en magasin.

Cependant, on peut noter que le contact avec le vendeur n'est pas important pour tous les invités (par ex. pour Mademoiselle C). Ou alors, un vendeur en boutique peut s'avérer agaçant à trop insister. La vision du vendeur qui est ressortie du focus group serait un vendeur que les clients pourraient solliciter selon leurs besoins.

3.7 Le e-commerce en 3D

Avant d'entamer l'analyse des opinions énoncées par les différents participants du focus group, il est important de prendre en compte le fait que les divers avis prononcés ont été influencés, ou se réfèrent directement, aux 3 sites marchands en 3D qui ont été présentés durant la phase de démonstration du focus group.

3.7.1 Principales déceptions par rapport aux avantages attendus de la 3D

Les premières hypothèses que nous avons pu déduire des différentes études précédemment réalisées sur le thème de la 3D appliquées aux sites marchands sont que d'une part ces technologies génèrent potentiellement un sentiment de liberté, de divertissement, d'immersion et que d'autre part ils offrent des possibilités de visualisation, d'adaptation et d'interaction qui peuvent plaire aux visiteurs, accroissant ainsi leur sentiment d'immersion.

Dans le guide d'animation nous avons donc demandé aux participants d'émettre un avis, confirmant ou infirmant ces hypothèses, tant sur leurs observations des sites marchands 3D qu'ils ont pu visiter que sur leur vision d'un site marchand 3D idéal, adapté à leurs attentes. Les principales déceptions exprimées par nos testeurs portent sur les freins à l'immersion, les difficultés de navigation, le manque de flexibilité et le manque d'interactions.

Perception d'un sentiment de contrainte et difficultés de navigation

Contrairement à l'hypothèse selon laquelle la 3D permet de susciter un sentiment de liberté chez l'internaute, la majorité des participants du focus group ont annoncé **n'avoir ressenti aucun sentiment de liberté** et s'être même sentis « contraints » lors de leur expérience 3D, plus spécifiquement dans le cas des univers virtuels visités.

Ce sentiment s'est avéré être lié aux problèmes de navigation rencontrés avec la 3D. Comme les études sur la navigation assistée l'ont déjà souligné, certains codes ont été instaurés sur les sites en 2D, permettant de faciliter la navigation des internautes. Ces méthodes de facilitation de l'activité des internautes peuvent se traduire notamment par le soulignement des liens, la mise en évidence de certaines informations par l'utilisation de certaines typographies, le classement par listes, etc. Or, il n'existe pas encore dans les sites 3D actuels l'équivalent de tels codes : *« Sur un navigateur, on a l'habitude d'avoir les liens qui sont soulignés. D'ailleurs, quand on va sur un site où les liens ne sont pas soulignés, c'est toujours plus compliqué, on ne sait pas trop où il faut cliquer pour se balader, parce que, voilà, la norme est comme ça. Alors qu'en 3D, on ne sait pas trop identifier sur quoi on peut cliquer ou non. »*

Ainsi, les internautes, habitués à certaines manipulations spécifiques sur les sites 2D habituels, peuvent se sentir déroutés sur les sites 3D. Les participants du focus group ont également regretté l'absence de liste déroulante des différents produits accessibles sur le site. Les univers virtuels proposés imposaient en effet aux internautes de « flâner » pour accéder aux différents produits, ne proposant ni liste, ni plan ni raccourcis pour y accéder : *« En arrivant sur la rue dans Shopping Life, on n'a aucune idée de quels magasins sont présents, donc ça paraît un peu bizarre. Il faudrait une liste qui nous dise quelle est la boutique dans la deuxième rue à gauche par exemple ».*

De même, la dénomination adoptée pour certaines opérations peut également déstabiliser, voire agacer, nos internautes. Par exemple, l'utilisation du terme « poursuivre » pour éviter le discours de présentation par une hôtesse virtuelle sur le site de Renault n'a pas été correctement interprétée par les participants du focus group, qui s'attendaient à l'option « passer l'intro ». Les participants n'ont donc pas osé cliquer sur « poursuivre » dans le doute où cette option ne passerait pas l'introduction de l'hôtesse mais les redirigerait vers une autre section du site.

A ces problèmes de familiarisation aux « codes » de la 3D, s'ajoute des difficultés de prise en main. En effet, de nombreux participants se plaignent des problèmes de navigation de base : la facilité de déplacement au sein des univers virtuels. Le fait de se heurter à certains éléments du décor ou aux

chambranles de certaines portes. Ces difficultés de navigation poussent même certains des participants à remettre en question la pertinence de certains éléments du décor qui leur semblent gênants, puis dispensables, voire carrément inutiles.

Manque de Flexibilité

De façon générale, les participants du focus group se sont plaints du manque de flexibilité des différents sites marchands en 3D qui leur ont été présentés. En effet, les univers virtuels proposés leur ont semblé trop contraints dans le sens où les produits proposés étaient cloisonnés par marque, et donc par boutique. Par conséquent, il est impossible de composer une tenue avec des vêtements de différentes marques : « *Je trouve ça dommage de présenter les produits par marque. Moi, j'aime bien choisir un haut, puis un pantalon qui va avec, sans vraiment me soucier de la marque* ».

Manque d'interactivité

Davantage d'interactivité est attendue de la part des internautes. La sensation d'observer des modèles 3D prédéfinis et de ne pouvoir interagir de façon plus approfondie avec les univers 3D ou les produits a frustré les participants du focus group.

3.7.2 Les avantages potentiels attendus, mais non perçus, des technologies 3D

Possibilité de visualisation du produit

Bien que les exemples de visualisation de produits qui ont été présentés aux participants aient été jugés peu satisfaisants, cet aspect a semblé vivement les intéresser. Seul le site de Renault dans lequel les véhicules apparaissent en 3D a répondu aux attentes de certains d'entre eux : « *pour les voitures, je trouvais que c'était vraiment bien parce qu'on a vraiment une bonne idée de la forme de la voiture. On voit bien l'arrière* ».

Toutefois, les possibilités que peuvent offrir les technologies 3D ne sont pas suffisamment exploitées pour correspondre aux attentes de la globalité des participants du focus group. En effet, **la plupart d'entre eux souhaiterait que la visualisation des produits soit plus poussée**. Dans le cadre du site Renault, certains se sont sentis frustrés ne pouvoir que faire tourner le véhicule et de ne pouvoir y pénétrer, voir les différents accessoires de l'automobile : « *On devrait pouvoir voir le champ visuel qu'on a quand on est assis au volant, enfin tout ce qu'aujourd'hui les constructeurs automobiles font avec les outils de CAO pour étudier leurs modèles* ». Dans le domaine du prêt-à-porter, une meilleure

visualisation des produits est également attendue. Certains ont ainsi formulé le souhait de voir par exemple un mannequin défiler avec le produit sélectionné.

Possibilité de personnalisation et d'adaptation aux besoins et attentes

La principale attente, à laquelle les sites marchands 3D présentés n'ont pu répondre, est la possibilité d'adapter les différents produits aux besoins du client. Cette attente s'est avérée être plus forte dans le domaine de l'habillement en raison du besoin de se différencier des autres par sa tenue vestimentaire : « *pouvoir composer son produit et le voir en 3D, ça pourrait être un plus énorme pour les marques de prêt-à-porter* » ; « *pour ne pas acheter et porter la même chose que tout le monde* ».

Ainsi, les participants du focus group se sont accordés sur le fait que la possibilité de choisir le motif sur ses vêtements ou divers accessoires tels que les sacs à mains serait réellement intéressant. Cette possibilité de personnalisation correspond à l'une des motivations de l'achat sur internet : l'envie de trouver des vêtements qui ne sont pas facilement disponibles et qu'on ne risque pas de voir portés sur d'autres personnes.

De même, les internautes sont très sensibles aux **possibilités de personnalisations** des différentes applications proposées sur les sites automobiles en simulant par exemple des passagers d'une taille et de morphologie choisie par l'internaute. Une telle application permettrait ainsi de connaître le nombre de passagers pouvant s'installer dans le véhicule et le degré de confort de ces passagers en fonction de leur corpulence. Dans le même ordre d'idée, la contenance effective d'un coffre avec des bagages spécifiques.

De façon plus générale, la possibilité de créer un avatar adapté à sa propre morphologie a suscité l'intérêt de la plupart des participants du focus group. Un avatar adapté à ses mensurations pourrait en effet être utile pour essayer certains vêtements virtuels. Toutefois, ces mêmes participants ont exprimé le souhait de ne pas toujours devoir utiliser cet avatar pour naviguer dans les boutiques virtuelles mais de n'y avoir recours qu'au moment des essayages.

3.7.3 Les limites et inconvénients de la 3D dans les sites marchands

Pauvreté des rendus visuels

La principale critique formulée par les participants du focus group concerne la **pauvreté de la qualité d'image des décors et des produits en 3D** sur les sites marchands proposés lors de la partie démonstration de la réunion. Ils ont en effet été habitués à des applications 3D bien plus réalistes et

impressionnantes notamment par le biais des jeux vidéo de nouvelle génération. La résolution des différents sites marchands 3D existants leur semble donc étonnamment faible et peu satisfaisante « *ça m'a rappelé Doom, un jeu vidéo du début des années 90* ». Le principal reproche se traduit donc par un manque de réalisme des produits et des décors et d'un effet de pixellisation avec comme conséquence un manque de crédibilité « *du coup on y croit moins* ».

Délais d'attente et lenteur générale

Une des principales raisons pour lesquelles les participants du focus group se sont avoués réticents à effectuer leurs achats sur des sites marchands en 3D plutôt que sur des sites 2D ou dans la réalité est la perte de temps que ces sites peuvent représenter. Ces délais sont de deux types : la lenteur de la technologie et la perte de temps due à la navigation dans les univers virtuels.

- Dans le premier cas, la perte de temps perçue est due au temps de chargement nécessaire lors de l'accès au site et lors de chaque changement de décors ou de pages. Ainsi, quelques secondes d'attente peuvent être nécessaires pour charger l'image de chaque produit en 3D ou pour faire apparaître des nouveaux éléments du décor.

- Dans le second cas, nos internautes ont le sentiment de perdre du temps du fait de la navigation difficile dans les univers 3D et par le fait de devoir « techniquement » se déplacer dans les univers virtuels. Ainsi, nos participants ont perdu du temps durant la phase de familiarisation aux technologies 3D, phase durant laquelle ils avaient tendance à rentrer en collision avec plusieurs éléments du décor ou à avoir du mal à se mouvoir au sein de l'univers virtuel. Ensuite, la perte de temps a été ressentie dans la phase de recherche des boutiques. Les univers 3D marchands ont en effet pour objectifs de recréer des rues, ou des galeries commerçantes traditionnelles. Ainsi, il est nécessaire de parcourir les rues ou différentes allées de la galerie avant d'atteindre les boutiques, et donc les articles, recherchés « *pour aller sur une boutique d'achat en ligne, on n'a pas besoin d'aller sur la route, s'embêter à faire naviguer son avatar sur un trottoir, en se prenant un poteau* ».

La représentation par un avatar

Les avis des participants sur le fait de créer et disposer d'un avatar dans un univers virtuel marchands ont été assez divergents. En effet, comme cela a été cité précédemment dans les avantages que présentent la possibilité de personnalisation par la 3D, un avatar adapté à ses mensurations permet d'essayer virtuellement des vêtements et donc de combler l'une des lacunes des sites marchands vestimentaires en 2D. Toutefois, certains ont jugé inutile et bien trop longue la création d'un avatar de

ce type, d'autres ont également reproché à l'avatar d'occuper une place trop importante dans le champ visuel et de limiter inutilement l'observation des décors et des produits.

Stimulation de l'état de flow, état émotionnel et téléprésence de l'internaute

Certains articles et thèses étudiés dans le cadre de l'état de l'art faisaient état d'un état émotionnel, de flow et une téléprésence favorisés par la 3D, ce qui pourrait avoir, à terme, un impact positif sur les intentions d'achat. Il est d'ailleurs intéressant de noter que les participants du focus group ont perçu la tentative des créateurs des différents sites marchands 3D présentés de susciter une sensation de téléprésence, c'est-à-dire l'expérience sensorielle de se trouver dans un endroit autre que la réalité. L'incitation à la téléprésence passe dans ces sites par la création d'une ambiance via des sons typiques de galeries commerçantes et des semblants d'interactions sociales (hôtesse d'accueil, etc.). Toutefois, ces tentatives ont échoué auprès des participants du focus group. Ces participants avaient en effet conscience qu'on essayait de les mettre à l'aise, mais ils se sont sentis pour certains manipulés ou du moins pas si facilement dupés par cet artifice. Le manque d'interactivité leur a en effet donné le sentiment d'assister à un film, un modèle standard, unique et répétitif : « *C'est un film. On peut repasser des dizaines de fois, on voit toujours la même chose* ».

La pauvreté des décors, le manque de flexibilité et d'adaptabilité des univers et services proposés **freinent donc l'immersion spontanée** de l'internaute dans le site marchand en 3D. De même les difficultés de navigation et les différentes frustrations ressenties vont limiter l'état de flow, l'état mental atteint par une personne totalement concentrée dans son activité, éprouvant par là un sentiment d'engagement totale et de réussite.

Il est toutefois probable que **les conditions du test**, et notamment le fait que les « visites » aient été effectuées en groupe et non pas dans des conditions de navigation individuelle, **soient un frein très important à la mise en condition immersive de chacun de nos testeurs.**

Univers sonore

Le site du constructeur automobile Renault, qui recrée une concession virtuelle, est associé à une bande sonore qui recrée les bruits de fond d'une concession : discussions lointaines, portes qui claquent, rires, etc. Comme on l'a vu dans le chapitre précédent, cette bande sonore permet de recréer l'ambiance d'une réelle concession mais elle échoue quelque peu à mettre à l'aise l'internaute. Plus généralement, les participants du focus group se sont montrés très réfractaires à l'idée d'entendre de

la musique ou tous types de sons associés au site marchand lors de leur navigation. En effet, le vacarme ambiant des galeries commerçantes et autres boutiques est l'un des principaux inconvénients des magasins réels qui peuvent pousser nos internautes à effectuer leurs achats sur internet plutôt que via le circuit traditionnel. Ils ne s'attendent donc pas à retrouver ce type de désagréments dans leur salon.

Certains participants ont même affirmé fuir les sites sur lesquels sont diffusés de la musique ou divers sons. Ces participants avouent en effet écouter leur musique personnelle en parallèle de leur navigation sur internet. C'est pourquoi ils n'ont pas envie de retrouver des environnements sonores sur les sites qu'ils fréquentent, et le cas échéant, il est impératif de trouver l'icône permettant de couper le son très rapidement : « *Moi je trouve ça dangereux de mettre de la musique [...]. Si je ne trouve pas le bouton pour couper le volume, je pars. C'est comme si quelqu'un venait me parler, me chanter dans les oreilles* ».

Interactions sociales

Le site de Renault, présenté lors du focus group, propose une introduction au cours de laquelle une hôtesse présente le site. Cette simulation d'interaction avec une autre personne a été assez mal accueillie par les participants du focus group en raison du fait qu'il ne s'agissait que d'une simple vidéo et qu'aucune véritable interaction n'était donc possible. Ils ont ainsi jugé cette introduction « agaçante » et ont souhaité la passer.

En revanche, les participants ont exprimé le souhait de trouver dans les sites marchands 3D de véritables interactions sociales. Deux principaux types d'interactions ont été dégagés : les interactions avec les autres internautes qui naviguent sur le site et les interactions avec des vendeurs de la marque des produits proposés sur le site.

Dans le cas des interactions avec d'autres internautes, cette possibilité a semblé intéressante à quelques participants du focus group, mais uniquement s'ils se connaissent préalablement. Certains peuvent donc donner rendez-vous à leurs amis sur le site marchand en 3D pour faire du shopping virtuel ensemble. En revanche, les participants ont annoncé ne pas être intéressés par l'idée de communiquer avec les internautes avec lesquels ils n'avaient pas déjà de lien : « *Il faut que ce soit quelqu'un qu'on connaît. Parce que, bon, quelqu'un qu'on ne connaît pas, s'il vient nous parler, nous donner ses sentiments sur un sac HelloKitty... bah non quoi.* »

Toutefois, la majorité des participants du focus group a jugé cette forme d'interaction inutile. En effet, Chacun d'entre eux utilise déjà des applications telles que *MSN* ou *Skype* pour communiquer avec leurs amis. Un système de chat sur le site marchand est donc jugé redondant et sans intérêt.

Si la possibilité d'interagir avec d'autres internautes ne suscite qu'un intérêt mitigé, **la possibilité d'interagir avec un vendeur a été jugée très intéressante** par les participants du focus group. La recherche de conseiller est en effet un élément qui les pousse à se déplacer en magasins traditionnels pour effectuer leurs achats. Pouvoir communiquer avec un vendeur, qui soit un véritable interlocuteur et non une vidéo diffusée en boucle sur le site. Ce besoin de conseil peut être ressenti dans le cadre d'achat de matériels informatiques pour certains ou de vêtements pour d'autres. Dans tous les cas, les sites marchands 3D peuvent permettre d'avoir un vendeur davantage disponible que dans les boutiques aux horaires d'affluence : « *Les vendeurs dans les magasins ne sont pas toujours disponibles non plus, comme à la Fnac le samedi après-midi par exemple. Si on veut un vendeur disponible, c'est peut être mieux de lancer ses questions depuis chez soi, sur son pc, quitte à se faire rappeler ou de se faire envoyer un mail quand le vendeur est disponible* ».

Le mode d'interaction préconisé par les participants recrutés pour le focus group est le chat. Ils ne jugent en effet pas nécessaire de communiquer avec les vendeurs via la vidéo ou l'audio.

Ils ont toutefois insisté sur le fait que l'intervention d'un vendeur, que ce soit dans la réalité ou sur un site marchand 3D, **doit être sollicitée et non spontanée**. La sensation d'être oppressé, voire harcelé, est visiblement d'autant plus forte lorsque les internautes sont tranquilles dans leur salon et qu'ils sont interrompus dans leur activité par un vendeur inopportun.

3.7.4 Domaines de vente dans lesquels la 3D est le plus attendue

Le premier domaine dans lequel les technologies 3D ont semblé intéressantes aux participants du focus group est celui du prêt-à-porter. La possibilité de mieux visualiser les vêtements, de le faire tourner, de le faire porter à un avatar représente un avantage conséquent face aux sites traditionnels. Cet avantage semble décuplé si le site offre la possibilité de personnaliser les vêtements proposés en fonction des goûts de chacun et permet de les visualiser ensuite en 3D.

L'application des technologies 3D sur les produits eux-mêmes intéresse d'ailleurs bien plus notre échantillon d'internautes que la visualisation d'un décor en 3D. L'ambiance semble en effet accessoire et peut parfois masquer le produit : « *Peut-être que le décor cache un peu le vêtement. Ce serait donc plus intéressant de le voir avec moins de décor et de pouvoir le faire tourner, etc* ».

L'unique cas dans lequel la visualisation du décor en 3D est apparue comme un plus indubitable est celui où le produit ou le service en vente consiste justement en ce décor. L'exemple fourni a été celui de la vente de mobilier, comme le fait la marque Ikea par exemple, pour laquelle le fait de visualiser et de se déplacer dans un décor en 3D, qu'on envisage d'acheter, peut être très intéressant.

3.7.5 Impact sur l'image de marque

Quand les participants du focus group sont interrogés sur l'impact éventuel qu'un site en 3D peut avoir sur leur image de la marque concernée, leur première réaction est d'affirmer que cet impact est nul. En effet, ces internautes sont d'avis que proposer un site internet de qualité est accessible à n'importe quelle marque, moyennant un investissement financier conséquent, mais que cela ne reflète pas nécessairement la qualité des produits ou services en vente : « *Renault, leur métier est de faire des voitures, pas des sites internet. Faire un site internet super pointu, je pense qu'avec de l'argent, c'est possible. Mais il faut que les voitures soient performantes derrière* ».

Ainsi, il leur semble qu'un tel site ne pourrait ni déprécier ni améliorer l'image qu'ils ont de la marque.

Toutefois, cette affirmation est moins catégorique s'il s'agit d'une marque complètement inconnue avant la visite du site marchand. La qualité du site peut en effet avoir un impact positif ou négatif sur l'image de la marque qui se construit alors « *un site 3D bien conçu peut en effet donner une image dynamique, à la pointe de la technologie* » ; « *proposer un site 3D peut également susciter l'envie de visiter un site que les internautes n'auraient pas consulté autrement* ».

3.7.6 Les technologies 3D et le mode de navigation des internautes

Comme nous l'avons vu dans notre étude bibliographique, il existe deux principaux types de navigation sur internet : le mode « utilitaire » (dirigé vers un but) et le mode « exploratoire » (butinage). Dans le premier cas, la navigation du consommateur est dirigée vers un but précis. Il sait donc ce qu'il recherche et ne perd pas de temps à observer les autres produits. Dans le cas du mode exploratoire, la navigation de l'internaute est orientée vers la recherche du plaisir, de sensations.

Ce second type de navigation est en opposition avec le mode de consommation sur internet de nos participants au focus group. Ils ont effet affirmé en début de rencontre qu'ils n'effectuent sur internet que des achats précis et très réfléchis. Ils semblent donc peu réceptifs au fait de se déplacer dans un décor dans lequel ils peuvent flâner : « *Quand un truc m'intéresse, je n'ai pas besoin de belle*

présentation. J'y vais directement et j'achète. Sinon, ça m'agace » ; « Moi, quand je vais acheter sur internet, je sais ce que je veux acheter donc je préfère avoir le truc directement. Donc, bon, le site en 3D, ça ne me donne pas plus envie d'acheter étant donné que j'avais déjà envie d'acheter avant ».

Il semblerait donc que, pour les participants à notre focus group, la commercialisation de produits ou de services via des sites marchands 3D, et plus spécifiquement via des univers marchands virtuels, s'adresse plus particulièrement à des consommateurs qui souhaitent flâner, et qui prennent du plaisir à visiter les différentes boutiques et, par exemple, à « essayer » des vêtements.

3.7.7 Substitution des sites marchands en 3D aux sites en 2D et aux magasins réels ?

Comparaison avec les sites marchands 2D

L'un des principaux reproches qui a été formulé par les participants du focus group concernant les sites 2D concerne l'impossibilité d'essayer les vêtements. Comme il a été cité précédemment, les sites marchands en 3D peuvent avoir un avantage considérable sur les sites traditionnels s'ils proposent de créer un avatar à ses mensurations qui puisse ensuite essayer les vêtements virtuels. Cet atout potentiel ne peut être réel qu'à la condition que la qualité du site et donc du rendu des vêtements soit élevée.

De façon plus générale, les participants du focus group ont avoué toujours préférer les sites marchands en 2D aux sites marchands en 3D. En effet, **la sensation de perdre du temps tient une place prépondérante dans leur ressenti des sites 3D qu'ils ont visité**. Or, ils ont recours aux achats sur internet principalement dans le but de gagner du temps. Et la qualité du visuel du site, ou de l'ambiance recréée, n'est actuellement pas suffisante pour compenser les défauts des technologies 3D : « *On perd les bénéfices qu'on attendait d'internet parce qu'on perd du temps* ».

De plus, les sites 2D permettent plus généralement d'éviter les aspects négatifs du shopping dans les boutiques réelles : les autres consommateurs, la perte de temps, le vacarme ambiant, le fait d'avoir à rechercher les produits, faire des trajets fatigants, etc. Or, il s'agit justement d'aspects que les sites marchands qui proposent des galeries virtuelles essaient de reproduire, dans le but de recréer une ambiance proche de la réalité : « *En fait, ce qui est un peu dommage, c'est qu'on essaie là de reproduire la réalité mais avec les inconvénients, sans les avantages* ».

Ces raisons pousseront donc notre échantillon d'internautes à visiter un site marchand en 2D plutôt qu'une galerie commerçante 3D. Toutefois, ces critiques ne concernent justement que les galeries

virtuelles. Dans le cas où les technologies 3D utilisées dans le site marchand se limite à la présentation du produit, l'internaute semble davantage intéressé et enclin à délaisser les sites traditionnels.

Comparaison avec les boutiques réelles

Pour les participants de notre focus group **les sites marchands 2D et 3D sont plutôt un complément qu'un substitut des boutiques réelles. En effet, dans la vision qu'ont nos testeurs, les achats sur internet ne sont que des achats du type utilitariste.** Les achats en mode exploratoire, qui provoquent des sensations de plaisir (hédonistes), ne peuvent s'effectuer que dans les boutiques réelles. Les univers que nous avons sélectionné semblent avoir échoué à reproduire ce genre de sensation.

C : On perd les avantages d'internet par rapport aux magasins physiques parce qu'on ne retrouve pas le plaisir de flâner dans un environnement et en même temps, on perd quand même du temps.

En parallèle, tous les avantages que proposent les sites 3D ne sont pas comparables à ceux de la réalité, notamment sur l'idée que peut se faire le consommateur sur le produit.

C : Pour le magasin en lui-même, ça dépend de ce qu'on attend en fait. Si on part du postulat que l'on veut juste ne pas se déplacer chez le concessionnaire et retrouver le questionnaire en ligne, c'est ok s'il y a du bruit. Mais si on a juste envie d'éviter les magasins et que, ce qu'on veut fuir, on le retrouve sur internet, c'est inutile. Si on voulait juste ne pas avoir de bruit, voir vite fait la voiture, et c'est fini, le fait qu'il y ait une personne qui nous accueille et qui commence avec son speech, son grand sourire, ça n'a aucun intérêt.

Pour certains participants, le site en 3D ne semble servir qu'à « dégrossir » l'achat en comparant tout d'abord les produits sur internet. **Il est possible de « flâner » dans des magasins 3D (comportement hédonique)**, mais pour la majorité de notre panel, l'achat se fait ensuite dans la réalité, après avoir vérifié que le produit sélectionné correspond bien aux attentes. Pour d'autres participants, le processus peut être inverse : le repérage se fait en boutique réelle puis l'achat se fait sur internet. Dans tous les cas, le processus de consommation ne se fait pas entièrement sur internet. Les sites marchands en 3D actuels ne proposent pas de solution satisfaisante pour pallier les lacunes d'internet par rapport aux boutiques réelles : craintes par rapport aux modes de paiement, aux modes de livraison, à la différence entre la qualité réelle du produit et celle perçue sur le site marchand : « *ça manque un peu de créativité la façon dont les choses sont présentées. Parce que, soit on a envie de visiter les Champs Elysées, auquel cas c'est mieux d'avoir les vrais Champs Elysées avec de vraies boutiques [...] soit on a envie de faire de l'achat en ligne et alors, c'est différent de vouloir visiter les Champs Elysées, et, on n'a pas besoin d'aller sur des routes pour ça* ».

Aucun des membres de notre échantillon d'internautes n'a semblé prêt à privilégier un site marchand, même en 3D, aux boutiques traditionnelles. Ils n'ont en effet recours aux achats sur internet que dans des cas très spécifiques : produit introuvable dans la région ou intérêt financier évident : « *Sur internet, on cherche juste à voir le produit. Après on peut aider à la présentation avec de la 3D, ou de la 2D [...]. Mais recréer de la réalité sur internet, non. Pour moi, internet et réalité sont des notions incompatibles. Si je veux de la réalité, je vais en magasin* ».

3.7.8 Importance de l'aspect financier

Il ressort également des propos des participants du focus group que toutes les technologies et applications innovantes possibles ne pourront faire concurrence à des offres promotionnelles intéressantes. Ainsi, un site peu convivial mais qui propose des tarifs avantageux par rapport aux autres sites et aux boutiques traditionnelles attirera donc davantage notre échantillon d'internautes qu'un site au visuel très attractif : « *par exemple, sur vente-privée.com, il y a eu un évènement où ils vendaient 1001 Peugeot, et c'est parti dans la journée même, dans les trois premières heures. [...] Il y avait peut-être cinq clichés de la voiture, une description assez brève mais le prix étant de 30% moins cher, c'est parti comme des petits pains !* ».

4 Conclusions du focus group exploratoire

A l'issue de ce focus group exploratoire, voici une première proposition d'hypothèses que nous pourrions émettre :

Les technologies 3D peuvent influencer sur l'atmosphère d'un site et ainsi impacter le comportement des consommateurs :

- Elles proposent une meilleure visualisation des produits.
- Elles proposent une navigation agréable.
- Elles favorisent la téléprésence du consommateur.
- Elles favorisent les interactions sociales sur le site web.
- Elles créent un sentiment de divertissement et de plaisir.
- Elles créent une sensation de liberté.

Les technologies 3D peuvent avoir un effet positif sur le processus d'achat

- Elles permettent de butiner dans différents magasins avant d'acheter.
- Elles réduisent le nombre de retours des produits car le client connaît mieux ce qu'il a acheté.

- Elles suscitent la curiosité du client.
- Elles fidélisent le client.
- Elles accélèrent l'acte d'achat.

Toutefois les technologies 3D existantes souffrent encore de lacunes perceptibles par le visiteur du site, lacunes pouvant avoir une influence sur leur immersion :

- Les décors sont pauvres.
- les interactions avec les produits peuvent être complexes et ralentir le processus
- Il est parfois nécessaire de télécharger un plug-in spécifique pour découvrir un site 3D.
- Les carences techniques (exemple le temps de chargement des situations) peuvent entraîner une lassitude du visiteur-consommateur.

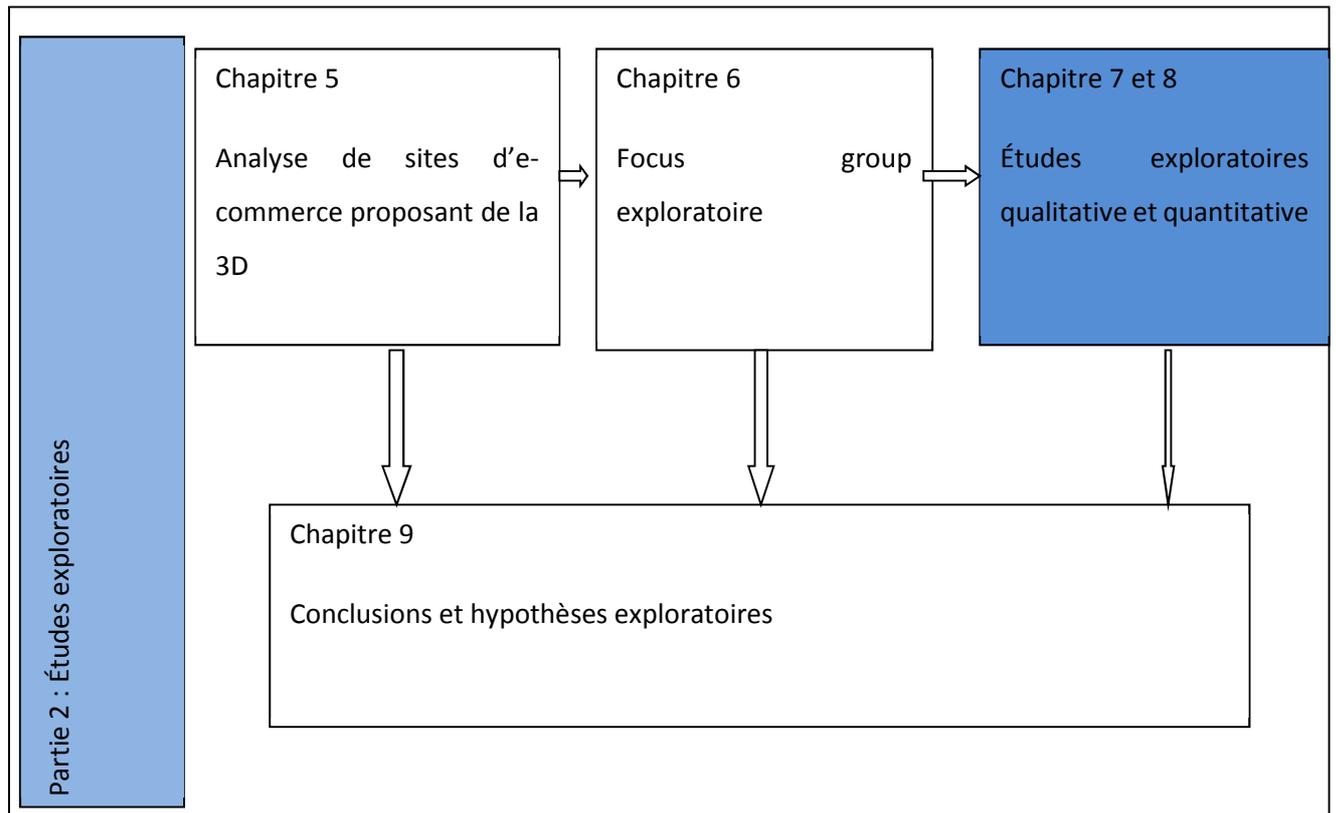
Nous retrouvons dans nombre de ces conclusions des éléments constitutifs des facteurs d'ambiance des magasins traditionnels et des sites marchands classiques (2D). **Pour la suite de nos recherches notre choix a été d'identifier et de choisir uniquement trois de ces facteurs** qui influencent **le ressenti et/ou le comportement** du consommateur sur un site commercial en 3D, à savoir : **l'atmosphère, l'orientation et les déplacements.**

Trois raisons ont guidé ce choix :

- d'une part ces facteurs constituent des éléments signalés comme importants par les participants au focus group ;
- d'autre part ils sont constitutifs des facteurs d'ambiance répertoriés dans l'état de l'art ;
- et enfin ils sont, relativement aisément, modulables dans une expérimentation.

Dans le but de confirmer ou d'infirmer ces choix, nous avons donc décidé de poursuivre notre étude empirique en effectuant deux études exploratoires complémentaires : une étude qualitative et une étude quantitative.

Chapitre 7 ETUDE EXPLORATOIRE QUALITATIVE : MISE EN SITUATION D'UN PANEL DE CONSOMMATEURS SUR DES SITES 3D MARCHANDS EXISTANTS



1 Identification des critères d'un site commercial en 3D à analyser.

A l'issue de notre focus group, nous avons affiné la définition de la problématique de notre recherche doctorale, en identifiant **trois facteurs** qui influencent **le ressenti et/ou le comportement** du consommateur sur un site commercial en 3D, à savoir : **l'atmosphère, l'orientation et les déplacements**. Au cours de notre recherche sur l'état de l'art de la 3D sur l'e-commerce, nous avons analysé chacun de ces trois facteurs et essayé de dégager **des critères mesurables** afin d'évaluer l'influence de ces facteurs.

FACTEUR	CRITERES DEGAGES	RETENUS	COMMENTAIRES
Atmosphère	Superficie du site	Oui	Comparaison de sites équivalents mais de superficies différentes
	Profondeur du champ	Non	<ul style="list-style-type: none"> • Ordinateurs des utilisateurs en 2D • Pas d'outil pour mesurer la profondeur du regard
	Luminosité	Oui	Comparaison sur un seul site de luminosités différentes
	Type : réel ou imaginaire	Oui	À noter qu'il n'y a pas de site 3D existant qui soit très irréel, à part Second Life où on peut voler. Cet aspect devrait alors prendre plus en compte la qualité des graphismes
Orientation	Balisage	Oui	Comparaison sur un même site de deux parcours différemment balisés
	Plan	Oui	Essai de repérage sur un plan et utilisation de ce dernier
Déplacement	Dynamique des déplacements	Oui	Comparaison de sites qui ont des modes de déplacement différents
	Possibilité de voler	Oui	Comparaison de sites où il y a la possibilité de voler ou pas
	Fluidité des déplacements	Non	Les sites existants offrent une fluidité très équivalente. Ce critère alors trop difficile à mesurer

Tableau 11 : critères mesurés

Nous avons volontairement fait le choix d'écarter les **variables « humaines »** comme par exemple la présence d'un avatar ou encore l'interaction avec les autres utilisateurs. La présence d'autres utilisateurs aurait nécessité de multiplier les simulations menées en parallèle, ce qui, compte tenu de nos moyens limités, n'était pas envisageable. S'agissant de l'avatar, outre le fait que ce sujet est étudié par d'autres auteurs, il nous a semblé que ce concept ne rentrait pas dans les éléments atmosphériques d'un magasin 3D.

1.1 Choix des supports retenus

Pour le support de l'expérience, nous avons dans un premier temps eu **un choix** à faire : nous avons la possibilité **d'effectuer l'expérience sur des sites en 3D existants**, ou bien **de développer**, sur Second

Life par exemple, plusieurs salles sous forme de magasins en 3D, plus ou moins similaires, mais en modifiant dans chacune d'elles un critère (luminosité, balisage, etc.) :

- L'avantage d'effectuer l'expérience sur des **sites existants** est que ces sites sont **professionnels et d'une qualité élevée** (graphisme, etc.), qu'on est vraiment dans le **contexte commercial** et que les sites présentent une **variété dans les critères** qui nous intéressent. L'inconvénient est que ces sites risquent d'être **modifiés ou même de disparaître** au cours de l'expérience.
- Par contre, sur **Second Life**, outre les **compétences techniques** et les **moyens nécessaires** (temps, argent) pour développer un site spécifique, nous ne pouvions pas agir sur certains critères, comme le déplacement. L'avantage aurait été de nous permettre **d'isoler un seul critère à la fois** et d'évaluer son effet, en créant par exemple deux salles identiques avec six critères fixés, mais avec une luminosité différente.

Nous avons donc **opté pour des sites existants**, car il était primordial pour nous de tester l'ensemble des critères évoqués plus haut. Nous avons tenu néanmoins à réduire au minimum l'incertitude, par le choix d'univers plus ou moins similaires lorsque le besoin se présente (exemple : on teste la luminosité sur un même univers, le balisage sur un autre très similaire, etc.). Nous avons alors retenu les univers suivants :

UNIVERS	CRITERES
Second Life – Prim Hearts Amusement Park	Luminosité
	Possibilité de voler
Second Life – Magasin Boulanger	Balisage
Twinity	Utilisation d'un plan
Viktor & Rolf	Déplacements
Ensemble des univers	Superficie, Réalisme

Tableau 12 : univers retenus et critères associés

Ainsi, Second Life a le double avantage qu'il offre la **possibilité de voler** et de **régler la luminosité selon plusieurs degrés** (journée, coucher du soleil, minuit). Nous avons alors choisi l'île Prim Hearts, qui est une reproduction d'un parc d'attraction, pour tester ces deux facteurs, étant donné qu'un tel test nécessitait un espace ouvert et non un magasin ou un centre commercial. Cette île offre également beaucoup de possibilités d'exploration (ascenseurs, des catacombes, etc.). Toujours sur Second Life,

nous avons choisi également **l'île du Magasin Boulanger** pour tester le **balisage**, car elle offre **différents types d'indications** (pancartes, flèches au sol, etc.) réparties de manière inégales, de sorte qu'on peut isoler le critère « balisage » sur ce même magasin.

Le choix de **Twinity** était principalement dicté par le **repérage**. En effet, c'est un **monde très vaste**, avec un **plan assez interactif** (possibilité de se téléporter en cliquant sur le plan, de retrouver des monuments, des magasins, etc.). Il permet ainsi d'évaluer **l'importance du plan** dans ce genre de ce site. Enfin, étant donné qu'il reproduit dans ses moindres détails la ville de Londres, nous étudierons le rapport des utilisateurs à la réalité, c'est-à-dire si cet aspect est perçu comme une valeur ajoutée ou non. Enfin, le choix de **Viktor & Rolf** a été fait de façon à offrir **un mode de déplacement différent** (par la souris en « point & click ») que celui de Second Life et Twinity (par clavier en mode libre). Le choix de l'ensemble des univers a d'autre part respecté une **différence de superficie** : d'un monde quasi-illimité (Twinity), on passe à une île relativement grande, mais limitée (Second Life), puis à un manoir plutôt exigu.

1.2 Présentation simplifiée des univers choisis

1.2.1 Second Life (SL)

Second Life est un univers virtuel en 3 dimensions disponible sur le web à partir de l'année 2003. Comme nous l'avons vu dans notre état de l'art informatique SL permet à ses utilisateurs *d'incarner des personnages virtuels*, appelés « résidents », dans un **monde créé par les résidents eux-mêmes**. Dans Second Life, chacun peut se promener librement, faire du shopping dans de gigantesques centres commerciaux virtuels, « visiter » des lieux plus différents les uns que les autres, jouer, créer des objets, des maisons, reproduire la réalité, « discuter » avec les autres (en anglais « chatting » ou « chat »), aller danser en discothèque, baigner son avatar, écouter des concerts, etc. Nous avons donc sélectionné deux sites dans SL : Prim Hearts et le magasin Boulanger.

1.2.2 Prim Hearts Amusement Park



Figure 69 : vue d'ensemble de l'univers Prim Hearts

Amusement Park

L'univers **Prim Hearts Amusement Park**, est, comme son nom laisse l'imaginer, **un parc d'attractions**. On y trouve **de nombreuses animations** telles qu'une *grande roue*, *un circuit de voiture téléguidées*, *un circuit de karting*, *des auto-tamponneuses*, *mais aussi une rivière sauvage*, *des glaces à faire « déguster » à son avatar*, etc. L'idée était ici de proposer une navigation hédonique afin de pouvoir, si besoin, détendre l'utilisateur et tenter d'augmenter un maximum son **immersion** au sein de l'univers.

1.2.3 Magasin Boulanger

Le **distributeur « Boulanger »**, spécialisé en loisirs, multimédia et électroménager a inauguré simultanément jeudi 25 septembre 2008, un magasin physique sur la zone commerciale d'Englos, près de Lille, et son **équivalent virtuel dans Second Life**.



Figure 70 : vue sur l'entrée du magasin Boulanger

Développée par IBM, l'île abrite un magasin de la marque mais aussi des amphithéâtres à ciel ouvert (pour des animations clients ou des réunions internes), un espace dédié aux jeux vidéo, un atelier de

cuisine ou encore un Service Center où l'on peut consulter des guides d'achat et de maintenance. « Le magasin virtuel et les espaces de vie permettent d'immerger l'internaute dans un univers communautaire où il découvre les produits d'une manière différente, ce qui permet de créer une nouvelle relation avec l'enseigne », explique Laurent Ferrari, responsable du développement de l'île. « Nous ciblons une population d'internautes plutôt jeunes sachant que la tranche d'âge des 25–30 ans est la plus présente sur Second Life », ajoute Marc Sroka, directeur du magasin Boulanger Englos et de son équivalent virtuel.



Figure 71 : vue intérieure du magasin Boulanger

1.2.4 Twinity

Twinity est un univers virtuel lancé en septembre 2008 par la société allemande Metaversum. Il se positionne dans la catégorie des mondes miroirs, ceux qui cherchent à reproduire fidèlement la réalité tout en y intégrant de petites touches de **virtualité**.



Figure 72 : Accueil de Twinity

Au moment de notre expérimentation étaient disponibles des univers spécifiques pour les villes de **Miami, Singapour, Dublin, New-York et Londres**. C'est ce dernier que nous avons utilisé au cours de l'expérience.

1.2.5 Viktor & Rolf

Viktor & Rolf était un univers virtuel (www.viktor-rolf.com/index.htm) ouvert en 2010 et fermé en 2013. Il présentait les **derniers parfums de la marque, ses créateurs et permettait de visualiser le dernier grand défilé de leurs vêtements**. Les créateurs avaient une vision très ambitieuse de leurs univers : « *Nous voulons célébrer la vie comme une utopie. Nous nous adressons à tous ceux qui sont attirés par le monde des rêves, nous croyons à l'ambivalence, au glamour, l'espoir et la beauté, etc.* ». Nous avons pu utiliser ce site pour la durée de nos expériences exploratoires, par la suite ce concept a été abandonné par l'entreprise.



Figure 73 : univers Viktor & Rolf (2011)

2 Périmètre de l'expérimentation

2.1 Éléments d'évaluation

Afin de recueillir et évaluer les réactions des sujets pendant l'expérience, nous avons considéré les éléments suivants :

- **Enregistrements de l'utilisateur** : la caméra enregistre le sujet pendant toute l'expérience. On dispose donc d'un fichier vidéo qui montre le visage du sujet, du début jusqu'à la fin.
- **Enregistrements de l'écran** : pour chaque sujet, on enregistre ce qui se passe sur l'écran. On dispose ainsi de trois fichiers vidéo : un pour Second Life, un pour Twinity et un pour Viktor & Rolf.

- **Face Reader** : basé sur les résultats des travaux d'Ekman et Friesen (1978)²⁵⁶ qui proposaient un système de codage (FACS : Facial Action Coding System) standardisé permettant de relever les contractions des muscles faciaux. Concrètement pour nous, il s'agit d'un logiciel qui recueille les expressions du visage et les interprète selon sept catégories : neutre, content, fâché, surpris, triste, etc.
- **Eye tracker** : c'est un outil qui recueille la position dynamique du regard du sujet sur l'écran. Pour une image fixe, il nous fournit ensuite les points (diamètre = 40 µm) sur lesquels le regard s'est attardé (> 0.2 secondes).
- **Notes d'expériences** : notes prises par la personne présente à la régie, qui recueillent chaque incident/réaction/remarque survenus lors de l'expérience.
- **Questionnaire en ligne** : ensemble de questions neutres en lignes visant à recueillir le ressenti spontané et objectif du sujet par rapport aux axes de l'expérience.
- **Entretien enregistré** : ensemble de questions orientées vers les critères étudiés, visant à recueillir l'opinion subjective du sujet par rapport au sujet.
- **Notes d'entretien** : notes qui retranscrivent ce qui a été dit pendant l'entretien.

2.2 Résultats attendus

A l'issue des tests, effectués sur un peu plus d'une vingtaine de sujets, notre objectif était de pouvoir disposer des résultats suivants :

2.2.1 Résultats de Face Reader :

L'objectif était d'obtenir de mesurer les émotions du sujet sur une durée déterminée, par exemple sur un des trois sites ou pendant une partie ciblée du protocole de test. Exemple : sur une partie du test où il est demandé au sujet de survoler un univers, il a éprouvé les émotions suivantes :

²⁵⁶ Ekman P. et Friesen W. V. (1978), *Facial Action Coding System (FACS): Manual*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, California.

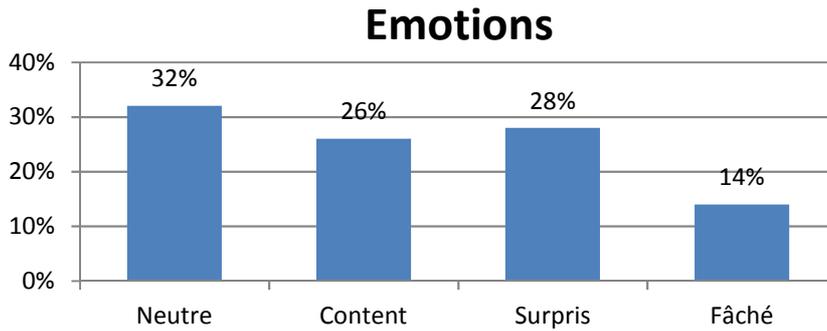


Figure 74 : exemple de résultats obtenus avec le logiciel FaceReader

2.2.2 Résultats de l'eye tracker : les « look-zones »

Sur un univers où comme Twinity, dans lequel le testeur peut consulter un plan sur une partie de son écran, nous avons recueilli, grâce à l'eye tracker le **pourcentage du temps global passé sur cette partie du l'écran**. On utilise généralement le terme de « look-zones ». Dans l'exemple ci-dessous, sur l'ensemble du test de Twinity, l'utilisateur a posé son regard sur la carte 20,82 % du temps de l'expérience.



Figure 75 : type de résultats attendus de l'Eye Tracker

2.2.3 Résultats du questionnaire en ligne

Pour chaque question, nous avons simplement présenté les réponses des sujets sous formes de **graphiques de pourcentage ou de classement**. Exemple 1 : pour la question « Quel effet a la luminosité ? », 35% des sujets ont répondu A = « Un grand effet », 27% ont répondu B = « Un effet moyen » et 38% ont répondu C = « Un effet négligeable ».

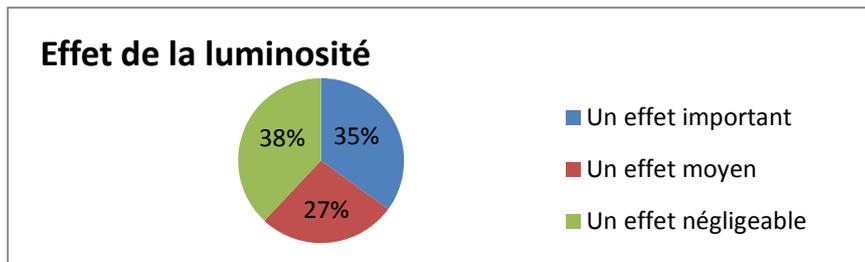


Figure 76 : Exemple 1 de résultats du questionnaire en ligne

Exemple 2 : à la question : « Classez par ordres de préférences les univers Second Life, Twinity et Viktor & Rolf », 11 ont classé Second Life premier, 7 ont classé Twinity premier et 4 ont classé Viktor & Rolf premier, etc.

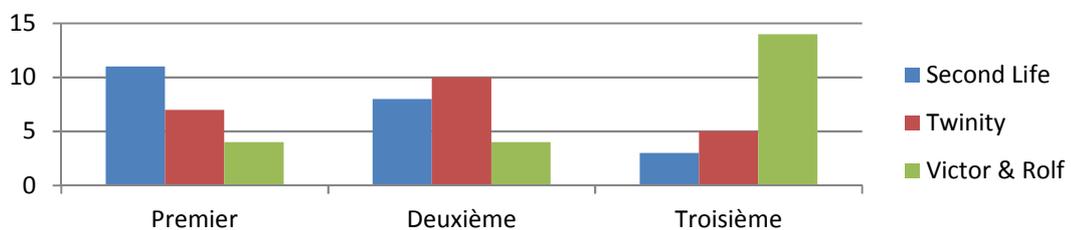


Figure 77 : Exemple 2 de résultats du questionnaire en ligne

2.2.4 Résultats de l'entretien

Les résultats de l'entretien oral seront plutôt sous la forme de **phrases-type** (verbatim), répétées chez plusieurs personnes, des idées que presque toutes partagent, **une observation récurrente**. Exemple : plusieurs utilisateurs de sexe féminin trouvent que « le site Viktor & Rolf a des graphismes très beaux »

2.3 Limites de l'expérience

Comme indiqué précédemment, les mondes virtuels choisis pour cette expérience ne permettent pas tout à fait **d'isoler les critères un à un**. Par exemple, **les déplacements** sur le monde de Twinity, bien qu'assez fluides comparés à ceux de Viktor & Rolf, peuvent paraître très lents par rapport à la **superficie infinie** du monde.

Les outils utilisés, le logiciel « FaceReader » et les caméras permettant le suivi de regard (eye tracker), ont également leurs limites : **FaceReader n'arrive pas toujours à détecter** les émotions sur le visage, et est souvent biaisé par **l'expression neutre**, qui diffère d'une personne à l'autre. De plus, la

nécessaire correction des données réalisée ultérieurement afin de rendre les données exploitables, introduit une probable **subjectivité** qui peut apporter un biais supplémentaire. Par ailleurs, lors de **l'analyse des logs**, la grande différence entre **les nombres d'émotions détectées** pour chaque testeur peut aussi apporter des biais. Ainsi, pour un testeur pour lequel seulement 10 émotions ont été détectées sur une plage de deux minutes, si une émotion est rajoutée, les pourcentages varient de façon beaucoup plus importante que pour un testeur avec 40 émotions détectées. Cependant, la moyenne de ces pourcentages étant effectuée avec **la même pondération** pour chaque testeur, le biais introduit par le testeur avec peu d'émotions détectées se répercute fortement sur la moyenne globale.

Les mesures réalisées via l'eye tracking apportent également une marge d'erreur. En effet, même après calibration de ces deux outils, il arrive que des données soient manquantes sur une fraction de l'enregistrement. Par exemple si un testeur change de posture, mets la main sur la bouche ou sur le menton, etc. le suivi du regard (tracking) est perdu durant ces instants, modifiant d'autant le résultat global de ce test. Nous avons de ce fait rencontré de nombreux problèmes lorsque nous demandions aux testeurs de fermer les yeux au cours de l'expérience, chose que nous n'avions pas anticipé. Enfin pour deux testeurs nous n'avons pas pu calibrer correctement l'eyes tracker ce qui ne nous permet pas de valider totalement les résultats obtenus avec ces deux personnes.

Pour finir, l'échantillon considéré est constitué de **vingt-trois personnes**, en majorité des étudiants et des cadres de TELECOM Bretagne ce qui apporte bien entendu des limites quant à la représentativité de notre échantillon.

2.4 Critères ergonomiques à évaluer

Nous avons choisi d'évaluer **neuf critères** relatifs à **trois grands thèmes** que nous avons identifiés, à savoir **l'atmosphère, l'orientation et les déplacements**. La collecte des résultats ainsi que leur analyse nous permettent de tirer une première série de recommandations. Les critères retenus sont les suivants :

L'atmosphère : 4 critères : superficie, luminosité de l'univers, réalisme de l'univers, perception.

Orientation : 2 critères : signalétique et utilisation de cette signalétique.

Déplacement : 1 critère : degrés de liberté des déplacements.

Temporalité : 2 critères : durée réelle *versus* durée perçue.

2.5 Déroutement global du test

Le test utilisateur a été décomposé en 4 parties

Partie	Temps alloué
1. Accueil de l'utilisateur et explications sur le déroulement, calibration du matériel	15 min
2. Navigation sur PC	15 min
3. Questionnaire	5 min
4. Entretien individuel de débriefing puis remerciements	10 min

De façon plus détaillée le test s'est déroulé ainsi :

1- Accueil de l'utilisateur et calibration du matériel : environ 15 minutes, mot de bienvenue, installation des participants devant l'ordinateur, calibration des matériel (Face Reader et Eyes Tracker). La longueur de cette tâche pouvant être très variable car dépendant notamment de la forme du visage et de la sensibilité des capteurs face à un regard donné. Enfin, présentation au testeur des modalités d'évolution (clavier, souris) dans les différents univers que nous lui proposerons et présentation des fiches techniques (aide) correspondantes qui ont été préparées.

2- Navigation sur PC dans les trois différents univers virtuels : l'utilisateur devra naviguer dans trois univers virtuels différents, à savoir Second Life, Twinity et Victor & Rolf. Leur ordre change d'un utilisateur à l'autre. Durant les navigations sur ces différents sites chaque testeur est enregistré par les différents capteurs : FaceReader, l'Eyes Tracker, ainsi qu'une caméra et un micro.

3- Questionnaire : lorsque l'utilisateur aura fini la phase de navigation, il lui est demandé de remplir un questionnaire sur ordinateur pour avoir son ressenti sur les sites qui lui ont été présentés. Le questionnaire (cf. annexe « Questionnaire étude exploratoire qualitative ») utilise principalement des réponses présentées sur une échelle de Likert.

4- Débriefing et remerciements : enfin pendant les 10 à 15 dernières minutes (selon les testeurs), nous avons effectué un entretien de débriefing en reprenant avec chacun l'ensemble des questions auxquelles il a répondu. L'idée étant de valider les réponses et d'avoir encore un peu plus de détails sur son expérience en tant qu'utilisateur.

2.6 Outils

Pour notre expérience nous avons utilisé les outils suivants :

- La **salle Loustic** du département LUSI de Télécom Bretagne (cf. plan de la salle en annexe)

- L'**Eyes Tracker** : outils de capture et d'analyse du regard, composé de deux caméras situées sous un écran d'ordinateur et d'un logiciel de traitement de ces informations situé dans une salle annexe. Cet outil permettra de suivre et de tracer le regard de l'utilisateur tout au long de la navigation sur différents sites web 3D (voir détails dans la partie 1 chapitre 3).
- Une **caméra** pour enregistrer ses réactions tout au long de la navigation
- Le logiciel « **Face Reader** » pour tenter de comparer et évaluer ses réactions faciales tout au long de la navigation
- Un **magnétophone** pour enregistrer l'entretien de débriefing
- Un **questionnaire en ligne** pour recueillir les réponses de l'utilisateur
- Un **ordinateur** pour enregistrer ces mêmes résultats

Le plan de l'organisation de la salle est disponible en annexe.

2.7 Préparation du test

2.7.1 Prérequis matériel

Voici ce dont nous devons préalablement nous assurer au niveau du matériel :

- L'ordinateur de l'utilisateur est allumé. Les **différents univers sont lancés** ou prêts à être lancés.
- Les **fiches techniques** détaillant l'utilisation de chaque univers (déplacements, actions principales, etc.) sont à côté de l'ordinateur et empilées selon **l'ordre chronologique** du test.
- La **caméra** et le micro sont positionnés et prêts à enregistrer.
- Un **chronomètre** réinitialisé afin de pouvoir mesurer des temps de parcours.
- L'**Eyes Tracker** et le **Face Reader** sont prêts à être configurés.
- Les haut-parleurs de l'ordinateur **sont désactivés** (aucune musique ne doit venir perturber l'expérience).

2.7.2 Rôles des expérimentateurs

Pour mener à bien ce test, deux personnes sont nécessaires.

- Dans la régie, le responsable technique de la salle, mis à disposition par Télécom Bretagne. Son rôle était de veiller au bon déroulement technique du test. C'est à lui que reviendra également la tâche de déclencher l'enregistrement audio-visuel. Le test sera chronométré de façon à retenir à quel moment précis une réaction de la part de l'utilisateur a suscité son intérêt. Il sera ainsi possible d'y revenir au cours de l'entretien post-test.
- Une seconde personne **accompagne l'utilisateur** et reste avec lui en retrait dans la salle pendant tout le test sans intervenir, sauf demande expresse du testeur. L'objectif ici étant d'éviter les situations de blocage ou de stress potentiellement liées à la navigation dans des sites 3D, navigation fort peu habituelle pour la grande majorité de notre échantillon.

2.7.3 Paramétrage des outils de mesure

Il s'agit tout d'abord de calibrer les caméras de l'eyes tracker pour vérifier leur parallélisme, cette tâche doit être effectuée chaque demi-journée. Puis, pour chaque testeur, une calibration permettant d'adapter les mesures aux spécificités de chaque individu (contour du visage et spécificités des yeux).

2.7.4 Présentation de l'expérience à l'utilisateur

L'accompagnateur présente brièvement le déroulement et le but de l'expérience (cf. annexes). Il prendra soin d'indiquer à l'utilisateur que pour obtenir de meilleurs résultats, ce dernier doit se détendre un maximum et qu'un calibrage des outils doit être préalablement effectué. Suite à cette brève présentation l'expérimentation est lancée et les opérations suivantes sont lancées :

- Calibrage de l'Eyes Tracker et du Face Reader et lancement de l'enregistrement.
- Lancement de l'enregistrement vidéo.

2.7.5 Présentation des différents univers

D'après notre état de l'art physiologique (complet en annexe), un délai de 5 à **7 minutes** permet aux nouveaux utilisateurs de se détendre avant le début d'une l'expérience, permettant ainsi d'obtenir une mesure de base (base-line) pour tout type de capteur. Cette base-line aura également l'intérêt de servir de point de repère pour la suite de l'expérimentation nous permettant de détecter des variations dans les réactions physiologiques du testeur.

Nous profitons donc du temps restant (sur les 15 minutes allouées au calibrage) pour **présenter les trois univers** à l'utilisateur ainsi que les modalités de déplacements et les actions principales à effectuer. Nous lui donnons également les différentes **fiches techniques** au cas où il nécessiterait d'une aide particulière (cf. annexes).

2.8 Navigation dans les différents univers

Nous avons donc fait naviguer nos utilisateurs sur trois sites différents : **Second Life, Twinity et Victor & Rolf**. Il est à noter que **l'ordre** dans lequel ces derniers vont d'enchaîner va varier pour chaque utilisateur. Par exemple, Second Life/Twinity/Victor & Rolf puis Twinity/Second Life/Victor & Rolf ...

- *Second Life*

Le temps de navigation alloué à cet univers est d'environ **8 minutes** (une minute de battement). Il se décompose de la façon suivante :

Univers	Critère mesuré	Temps consacré
Second Life – Prim Hearts Amusement Park	Possibilité de voler	1 minute en volant (plein jour)
	Luminosité,	1 min en marchant (plein jour) 1 min en marchant (soir)
Second Life – Magasin Boulanger	Balisage	2 minutes pour se rendre au magasin 1 minute pour trouver les GPS 1 minute pour trouver les DVD
Second Life (de façon générale)	Superficie de l'univers	Inclut dans les étapes précédentes

Etape 1 : possibilité de voler

L'utilisateur arrive sur l'île Prim Hearts Amusement Park. On lui propose alors de commencer à voler (pendant 1 minute) de façon à avoir une vision globale de l'île. La luminosité est alors réglée par défaut (« World/Sun/Middleday »).

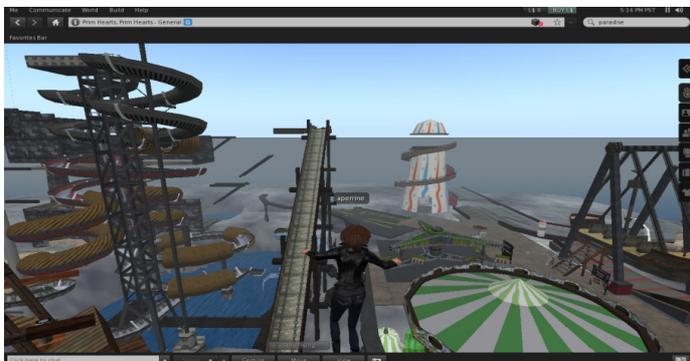


Figure 78 : vue de l'île Prim Hearts Amusement Park en contre-plongée

On lui demande ensuite de revenir sur terre, et de naviguer sur l'ensemble de l'île en marchant (pendant 1 minute). La luminosité reste la même (« Middleday »).

Etape 2 : luminosité

On demande ensuite à l'utilisateur de fermer les yeux un instant et l'on change la luminosité de l'univers, de la façon suivante (« World/Sun/Sunset ») :

Voilà alors à quoi ressemble la différence :

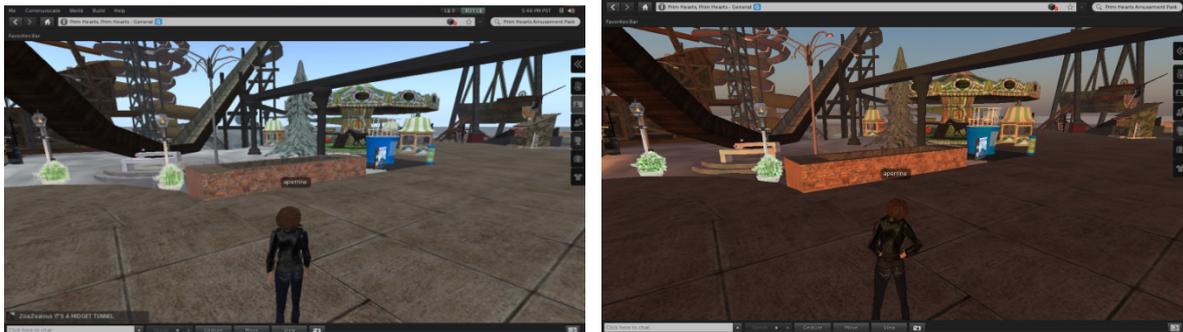


Figure 79 : différence de luminosité

L'utilisateur a alors 1 minute pour finir de naviguer dans l'univers.

Etape 3 : balisage

On demande à l'utilisateur de rentrer dans le **magasin principal** (il dispose de deux minutes). Une fois à l'entrée, on lui donne pour consigne de se rendre au niveau des GPS. Il est **chronométré à partir de ce moment-là**. Les GPS sont en effet indiqués bien en amont. Il est possible, en regardant bien dès le départ, de les localiser très rapidement (il dispose de 1 minute pour cette étape). Une fois trouvés, l'utilisateur doit revenir à l'entrée du magasin.

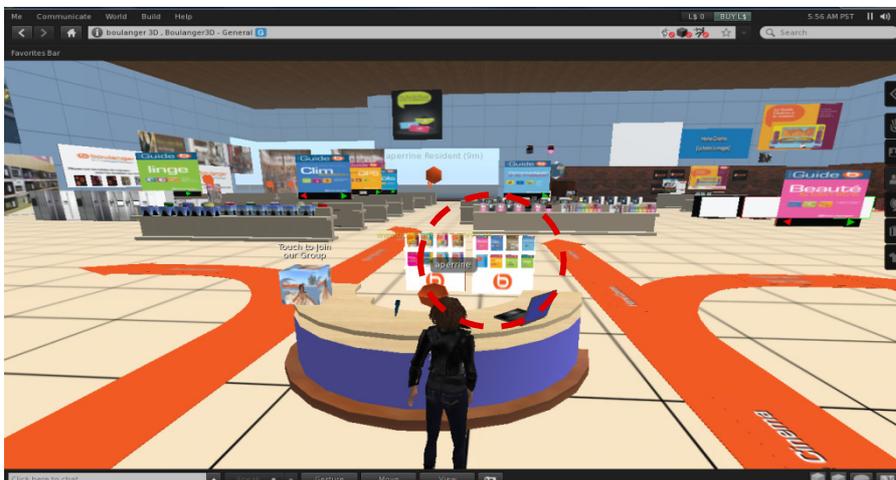


Figure 80 : positionnement des GPS

On lui demande ensuite de trouver les DVD, qui ne sont eux pas indiqués mais placés à une distance équivalente (il dispose de 1 minute pour cette étape). On chronomètre également.



Figure 81 : positionnement des DVD

- *Twinity*

Le temps de navigation alloué à cet univers est de **9 minutes** (une minute de battement). Il se décompose de la façon suivante :

Univers	Critère mesuré	Temps consacré
Twinity - Londres	Utilisation	2 minutes (sans but précis)
	d'un plan	6 minutes (avec un but précis)
	Superficie de l'univers	Inclut dans les étapes précédentes
	Réalisme de l'univers	Inclut dans les étapes précédentes

Parmi les univers disponibles des villes de Miami, Singapour, Dublin, New-York et Londres, nous avons choisi ce dernier pour notre expérience car il comporte l'ensemble des fonctionnalités à tester

Etape 1 : utilisation d'un plan (sans but précis)

Lorsque l'utilisateur arrive sur l'interface, il se trouve en plein centre de Londres. Nous lui demandons alors de se simplement se promener, sans lui indiquer de but précis, et ce pendant 2 minutes. L'idée est de mesurer, à l'aide de l'Eye Tracker, le temps passé par l'œil sur la carte de la ville, située par défaut en haut à droite de l'écran. Notre testeur étant *a priori* dans une situation hédoniste, nous souhaitons mesurer si il va avoir recours à la carte pour s'orienter.



Figure 82 : vue de Londres dans Twinity

Etape 2 : utilisation d'un plan (avec un but précis)

Après deux minutes, on demande à l'utilisateur de rechercher un magasin (celui de son choix), en s'aidant éventuellement de la carte (ces derniers sont indiqués de façon très précise), et d'acheter un produit au hasard qui lui plaît. L'endroit le plus propice en termes de densité de boutiques virtuelles étant le quartier de « Carnaby Street ».



Figure 83 : vue sur Carnaby Street

On utilise à nouveau l'Eye Tracker pour mesurer le temps passé par l'œil sur la carte de la ville. L'idée étant de voir si, maintenant qu'un but lui est fixé (lieu particulier à trouver) il utilisera davantage la carte ou non.

- *Viktor&Rolf*

Le temps de navigation alloué à cet univers est de **3 minutes** (une minute de battement). Il se décompose de la façon suivante :

Univers	Critère mesuré	Temps consacré
Viktor&Rolf	Degrés de liberté des déplacements	2 minutes
	Superficie de l'univers	Inclut dans les étapes précédentes

Comme présenté dans la partie précédente Victor & Rolf.com est un univers virtuel au design très soigné et destiné à présenter les produits de la marque éponyme.

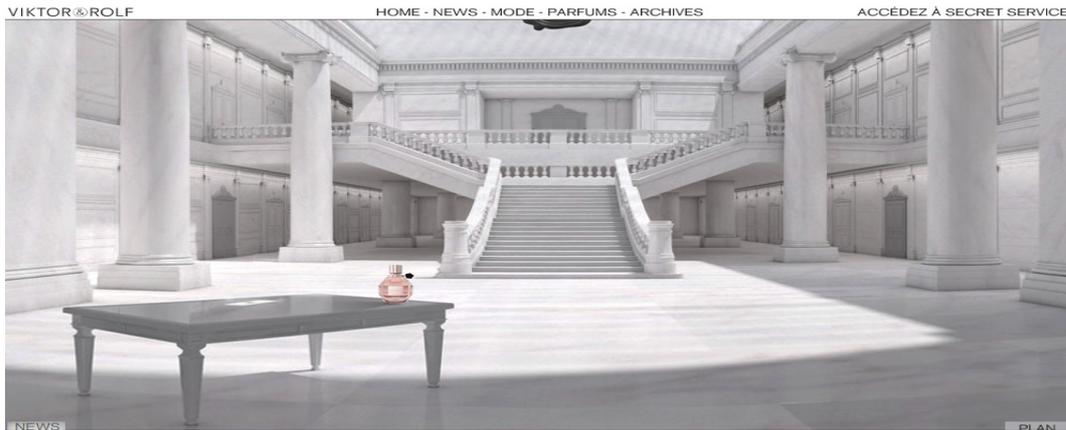


Figure 84 : univers Victor & Rolf

Etape 3 : dynamique des déplacements

Dans cet univers, on propose à l'utilisateur de parcourir librement l'univers et d'en tester les fonctionnalités pendant 2 minutes. Les degrés de liberté des déplacements sont restreints. Pour se déplacer, il n'a qu'un nombre de choix limité (click and go).

2.9 Questionnaire

À l'issue des manipulations, l'utilisateur passe dans une salle annexe. Il répond alors seul à un questionnaire en ligne (cf. annexe : « Questionnaire en ligne étude exploratoire »).

2.10 Entretien

Lors de l'entretien, l'accompagnateur pose des questions ouvertes à l'interlocuteur. Il revient sur les réactions du testeur pendant l'expérience et s'appuie sur les réponses au questionnaire pour creuser les points qu'il juge pertinents. Le guide d'entretien est disponible en annexe « Guide d'entretien étude exploratoire ».

3 Bilan méthodologique

Nous souhaitons dans l'idéal réaliser ce test sur 25 utilisateurs. Les testeurs volontaires ont été recontactés par email la veille, de façon à minimiser les chances d'oubli. Les **fiches techniques** étaient également envoyées en amont, de façon à perdre un minimum de temps le jour J.

Au final, nous avons pu effectuer 21 mesures étalées sur 25 jours. À l'issue de ces tests, nous disposons d'une **base de données** de résultats que nous avons pu exploiter. Les détails du traitement des mesures pour chacun des supports sont présentés ci-dessous.

3.1 FaceReader

Une fois l'expérience achevée, les données de Face Reading nécessitent d'être **traitées avant l'analyse**. En effet, lors de l'expérience, le FaceReader décode en permanence **les émotions** sur le visage de l'utilisateur et lorsqu'une de ces émotions **dépasse un certain seuil**, un log est enregistré, comprenant la date, l'heure, l'utilisateur, et l'émotion en question.

Après l'expérience, il est nécessaire de **vérifier la pertinence de ces logs** avant d'effectuer des **statistiques** ou une analyse plus poussée. Pour cela, la vidéo filmée par la webcam du FaceReader est synchronisée avec les logs et le logiciel « the Observer » permet de visionner cette vidéo tout en déroulant les logs enregistrés. Durant ce visionnage, il est donc nécessaire de **corriger certains d'entre eux** lorsque ces derniers **semblent particulièrement biaisés** et d'en **ajouter de nouveaux** si des émotions n'ont pas été détectées. Il est à noter que cette étape introduit une certaine **subjectivité** du correcteur. Cependant, le biais de l'outil FaceReader étant important, il est pertinent d'utiliser un jugement humain dans le **cas de gros écarts** (log indiquant la peur alors que la personne sourit) ou de gros oublis (une main devant la bouche d'une personne apeurée empêche le fonctionnement du FaceReader).

Une fois ces données corrigées, elles peuvent être exportées **sous la forme de logs dans un fichier texte**. Nous les avons ensuite **importées dans un tableur**. A l'aide d'une **macro en VBA**, les occurrences d'émotion sont comptées suivant des plages de temps correspondant à des expériences de navigation distinctes prédéfinies selon les critères à mesurer. Il s'agit dans notre cas des plages suivantes :

- Second Life en déplacement « vol » de jour sur Prim Hearts ;
- Second Life en déplacement « terrestre » de jour sur Prim Hearts ;
- Second Life en déplacement « terrestre » de nuit sur Prim Hearts ;
- Second Life dans le magasin Boulanger ;
- Twinity en mode hédoniste ;

- Twinity en mode utilitaire (recherche de magasins et d'articles) ;
- Viktor & Rolf.

Ces occurrences sont ensuite **normalisées par le nombre total d'occurrences en pourcentage** afin de réaliser des moyennes sur les pourcentages de plusieurs testeurs. Ce sont ces moyennes, qui, représentées à l'aide de graphiques, permettent de répondre quand cela est possible aux hypothèses sur les critères dans la partie suivante. Cette partie s'est avérée particulièrement chronophage puisqu'il s'est avéré que le traitement d'un seul utilisateur nous a demandé près de deux journées de travail. Compte tenu de l'existence d'autres mesures complémentaires (eyes tracker notamment) nous avons alors choisi de définir **trois utilisateurs-clefs** dont les résultats ont été entièrement codés et analysés. Pour les autres testeurs seules certaines parties des vidéos ont été codées nous permettant de conforter ou non des résultats des trois utilisateurs-clefs choisis. **Le choix de ces deux utilisateurs a été effectué en fonction de leur représentativité au sein de notre échantillon.** Pour cela deux critères ont été sélectionnés : l'âge et le parcours effectué.

- âge : un testeur de moins de 25 ans un entre 25 et 50 et un de plus de 50.
- parcours effectués : dès lors que les navigations étaient imposées, et sur un timing assez précis, les parcours effectués ont été assez similaires. Nous avons donc éliminé les quelques parcours ayant eu des incidents (exemple une erreur de manipulation de la souris ayant entraîné une perte de temps) et sélectionné au hasard, parmi les résultats restants, un testeur pour chaque tranche d'âge.

Les différentes étapes de la procédure de traitement des données obtenues sont représentées dans le schéma ci-après.

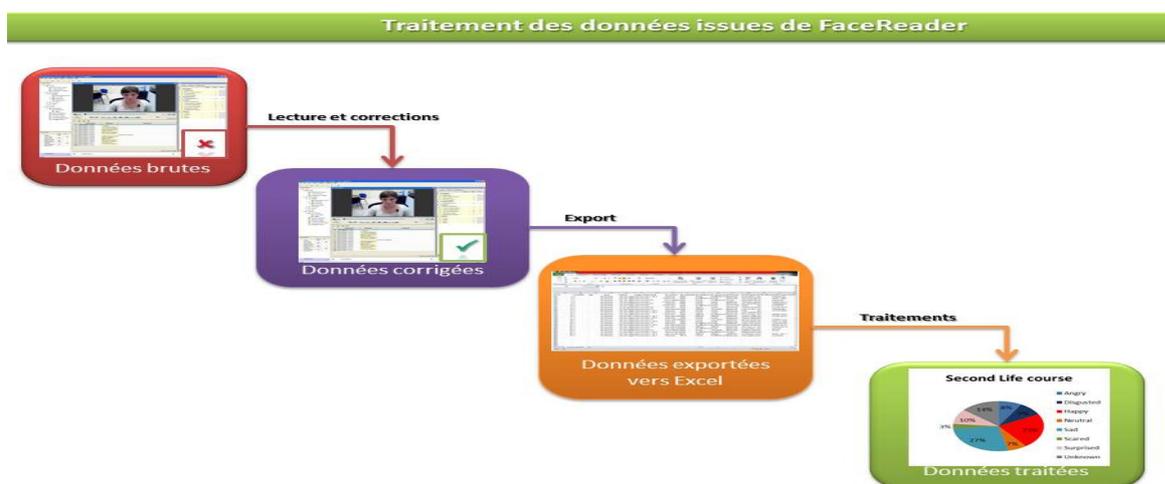


Figure 85 : traitement des données issues de FaceReader

3.2 Eye Tracker

Grâce à l'outil Eye Tracker et aux post-traitements effectués, nous disposons de l'ensemble des « points » que l'utilisateur a « fixés ». Un « **point de fixation** » est défini par la conjugaison d'un cercle de **diamètre égal à 0.4 mm** que l'utilisateur a regardé pendant plus de **0.2 secondes d'affilée**. Ensuite, on applique sur ce résultat un **filtre temporel**, correspondant au laps de temps que l'utilisateur a passé sur le monde Twinity, où le plan est présent.

Une fois ce filtre appliqué, **on superpose l'ensemble des points sur une image** (une capture d'écran de l'enregistrement de l'expérience), et on définit **les zones de regard** (ici deux zones qui nous intéressent sont celles du plan et du reste de l'écran). Enfin, on demande au logiciel de nous donner **le pourcentage des points** qui se situent sur ces différentes zones pour conclure. Pour les mêmes raisons que le FaceReader, les analyses porteront uniquement sur **les trois utilisateurs-clefs** que nous avons définis.

3.3 Questionnaire

Les résultats du questionnaire ont été **stockés au fur et à mesure** que les utilisateurs les remplissaient sur le **serveur l'hébergeant**. **Lime Survey** fournit des moyens efficaces pour **visualiser et exporter les résultats**. Nous avons également exporté les données vers Excel pour certains traitements plus pertinents pour notre analyse. Ainsi, cette analyse concerne **l'ensemble du panel d'utilisateurs** (l'ensemble des résultats sont disponibles en annexe : « Résultats détaillés du questionnaire de l'étude exploratoire »).

3.4 Entretiens

Comme nous l'avons présenté dans la méthodologie, chacun des entretiens a été **enregistré**. De plus des notes manuscrites ont été prises. Avec ces enregistrements, nous avons procédé en trois étapes :

- Nous avons commencé par retranscrire, sous un **format texte**, les trois entretiens de nos **utilisateurs-clefs** dans leur intégralité (disponibles en annexe) ;
- Nous avons ensuite **réécouté l'ensemble des entretiens** et avons noté sur un fichier Excel **l'ensemble des mots-clefs** qui ont été dit (verbes, mots, etc.). Ce dernier est disponible en Annexe w. Nous avons ensuite utilisé un logiciel dit de « **Word Counter and Frequency Tool** », permettant de compter l'occurrence de chacun des mots relevés. Les résultats de cette analyse seront donnés dans la partie suivante. L'ensemble des résultats bruts issus de notre analyse sur les mots clefs est en annexe. Dans ce tableau ne figurent que les mots qui ont été **prononcés plus de 5 fois classés par occurrence**. Notons toutefois que la liste comprenait 2733 mots au total et 711 mots uniques, soit une moyenne de 3,8 occurrences par mot

- Enfin, nous avons relevé un certain nombre de **verbatim que nous avons commentés**.

4 Résultats

4.1 Hypothèse n°1 : la superficie perçue de l'univers influence la perception de l'utilisateur

Pour notre synthèse, nous avons choisi de présenter nos résultats en ordonnant les trois univers visités selon leur superficie, du plus grand au plus petit : Twinity > Second Life > Viktor & Rolf.

4.1.1 Résultats provenant de FaceReader

Pour comparer ces univers, il est préférable d'utiliser les résultats concernant les **parties de navigation dites « hédonistes »** de ces 3 univers, à savoir la **partie Prim Hearts** de Second Life et la **partie « promenade » de Twinity**. Pour Second Life, la partie prise en compte sera celle où le **mode de déplacement est terrestre**, afin d'être le plus proche de Twinity en faisant varier un minimum de facteurs autres que la superficie de l'univers. Voici les résultats pour l'ensemble des testeurs sachant que 7 expressions sont distinguées par le logiciel : happy, sad, scared, disgusted, surprised, angry et neutral que nous avons traduit respectivement par : content, triste, effrayé, dégoûté, surpris, fâché et neutre.

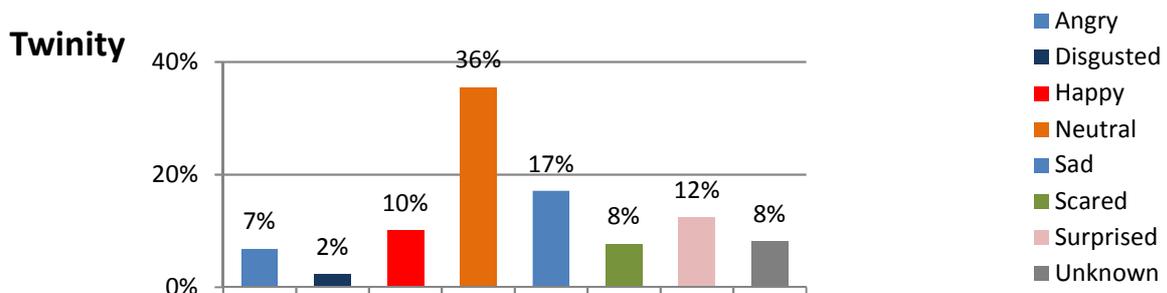


Figure 86 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°1 (Twinity)

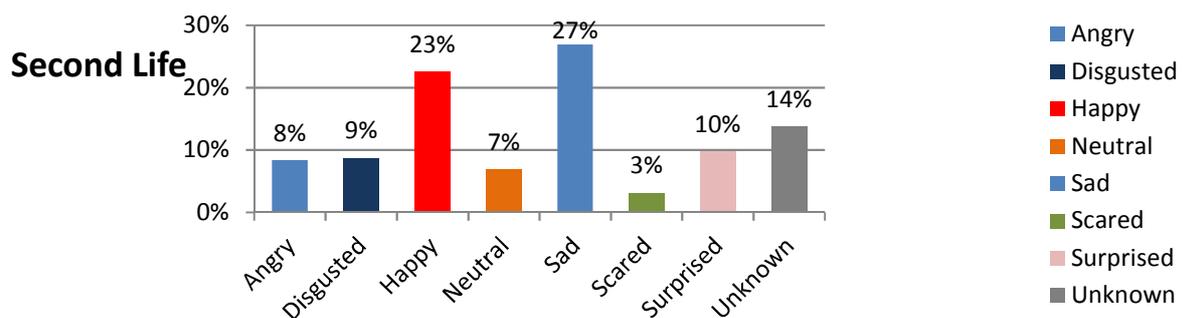


Figure 87 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°1 (Second Life)

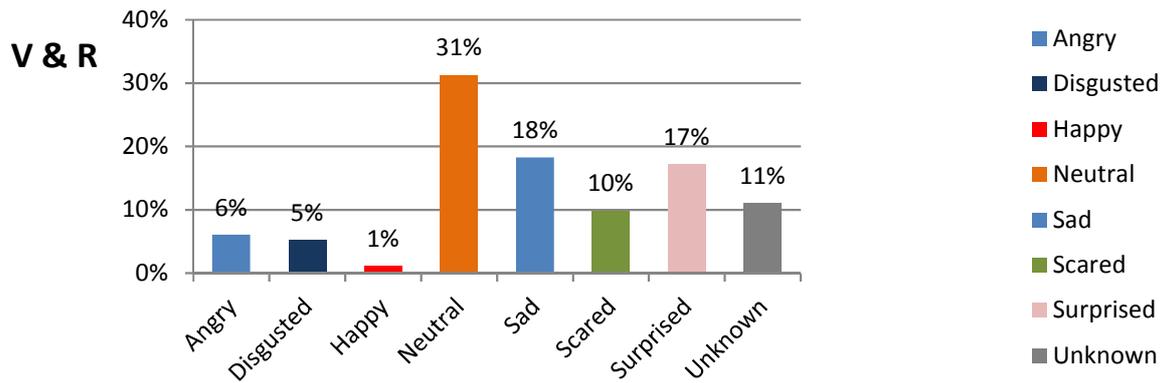


Figure 88 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°1 (Viktor & Rolf)

Suivant ces résultats, **aucune conclusion ne peut être tirée** quant à l'influence de la superficie sur le comportement de l'utilisateur. En effet, aucune émotion ne suit une gradation proportionnelle à la superficie.

4.1.2 Résultats provenant du questionnaire

Selon les réponses données aux questionnaires, les testeurs ont majoritairement eu l'impression de **découvrir très peu de Twinity** puisque pour 61% d'entre eux **seul 10% de l'univers a été exploré**, pour **Second Life cette impression est de 30% ou moins** (pour 57% des testeurs) et **Viktor & Rolf 10% ou moins** pour près de la moitié (48%) des testeurs.

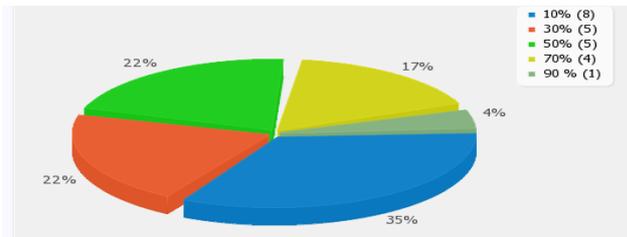


Figure 89 : à quel pourcentage pensez-vous avoir exploré l'île de Second Life ?

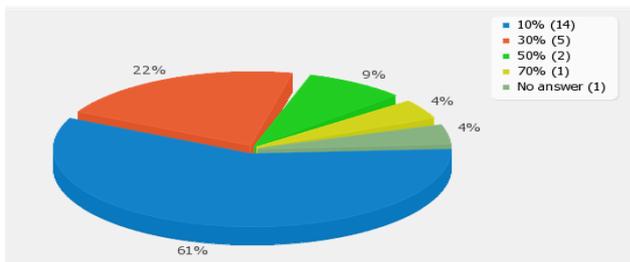


Figure 90 : à quel pourcentage pensez-vous avoir exploré l'univers Twinity ?

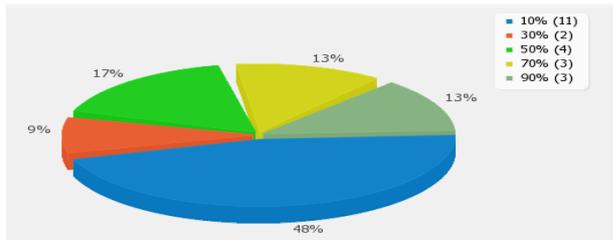


Figure 91 : à quel pourcentage pensez-vous avoir exploré l'univers Viktor & Rolf ?

Là encore, aucune conclusion ne peut être tirée quant à l'influence de la superficie sur la perception de l'utilisateur **qu'il s'agisse d'une simple boutique ou d'un monde complet les perceptions sont quasi-similaires.**

4.1.3 Résultats provenant de l'entretien

Voici les principaux verbatim relatifs au critère mesuré que nous avons relevé :

Avantages / Avis favorables	Inconvénients / Avis défavorables
« L'avantage de Second Life c'est que tu passes par pleins d'endroits donc tu arrives à voir les détails » (SL)	« Au final le but c'est d'aller à l'endroit, ce n'est pas vraiment le chemin qui t'y conduit »
« Tu avais le téléporteur donc en même temps tu n'avais pas trop les notions des limites » (SL)	« C'est une ville donc tu sais très bien que tu ne parcoures pas tout. [...] tu as l'impression que c'est une énorme superficie et que tu n'arriveras pas aussi facilement à te déplacer » (Twinity)
« Londres, du fait que je connaisse Londres, je sais que je n'ai vraiment rien exploré du tout » (Twinity)	« Dans la réalité les gens ils se lassent vite »
« J'arrive à apprécier l'étendue de tout ce que j'ai pas visité dans par exemple Londres et Second Life »	« Faut qu'on puisse ne pas se perdre, qu'on trouve de suite les produits qu'on veut »
« Je trouve ça sympa pour explorer Londres, donc si c'est le but de la ville de Londres de nous faire explorer des sites, c'est sympa que ça soit grand » (Twinity)	« Si c'est pour un produit, je préfère qu'il y ait peu à explorer, qu'on puisse identifier le produit et observer le produit. Le but ce n'est pas de se balader »
« Si je veux me balader dans Londres, que ce soit ouvert c'est très bien » (Twinity)	« L'autre c'est assez fermé oui. On se sent assez,... enfermé dans une salle » (V&R)
« Ça permet de faire rapidement un tour. Ensuite, j'irais aux endroits voulus » (V&R)	« Avoir une énorme superficie, il y a un risque de se perdre [...] il faut une bonne aide à la navigation »
« Si tous les magasins se mettent sur la même plateforme, c'est carrément recréer un quartier commerçant » (Twinity)	« Sur Second Life, on se perd un petit peu. On sent qu'on peut voler au-dessus de la mer pendant des plombes et sans forcément trouver quelque chose » (SL)
	« Si l'univers est anxiogène et confus, on n'a pas envie d'y rester »
	« S'il est très grand, on ne va pas tout faire car on n'a pas que ça à faire dans la vie. Je crois qu'il y a une taille qui doit être optimale en fonction de l'objectif »
	« Les superficies c'est virtuel. Je ne m'en préoccupe pas »

Tableau 13 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°1

Nous constatons sur ce critère, en ce qui concerne les résultats du FaceReader, que les émotions recueillies ne présentent **pas de lien proportionnel avec la superficie**. Cependant, nous remarquons que l'univers **Second Life, qui est l'univers le plus vaste**, a obtenu le plus bas pourcentage de l'émotion neutre (7%) contre 36% et 31% pour Twinity et Viktor & Rolf respectivement. Cela montre que ce site a été **plus apprécié** (favorablement ou défavorablement) que les deux autres sites. Ces résultats sont appuyés par ceux du questionnaire, puisque seuls **65% des sujets estiment qu'ils ont visité plus de 10% de Second Life**, alors que ce pourcentage est seulement 49% et 52% de Twinity et V&R respectivement.

En s'appuyant également sur les verbatim relevés par les entretiens, on ne peut pas totalement conclure si l'effet de la superficie de l'univers sur l'utilisateur est négatif ou positif. Le juste milieu (en termes de surface) semble cependant avoir en moyenne été apprécié : on peut alors dire que plus cette superficie virtuelle est à taille « humaine » (ni illimitée, ni exigüe), plus l'utilisateur pourra apprécier les avantages et les inconvénients de l'univers. **Au final, nous considérons que notre hypothèse n'est que semi-validée.**

Notons également qu'un univers connu (ici la ville de Londres par exemple) est plus rassurant. Cette idée sera à conserver pour la suite de la construction de nos hypothèses et si nous devons élaborer notre propre univers marchand. Notre magasin il devra, de préférence, s'inspirer de magasins existants afin de mettre nos testeurs dans des conditions plus favorables.

4.2 Hypothèse n°2 : la luminosité influence la perception de l'utilisateur

4.2.1 Résultats provenant de FaceReader

Pour traiter cet aspect, la comparaison s'effectuera sur les deux parties de Second Life où les déplacements sont terrestres, une de jour et une de nuit.

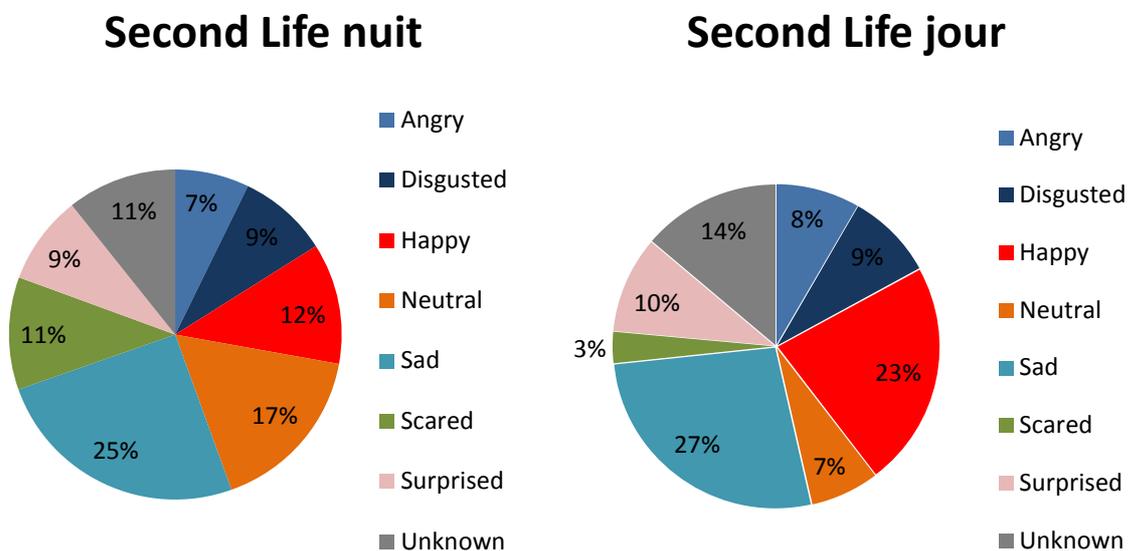


Figure 92 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°2

Sur ces résultats, deux remarques peuvent être principalement formulées. La première est celle sur la **différence de valeur significative entre les pourcentages de « Happy »**. Les utilisateurs semblent avoir ressenti **presque deux fois plus le sentiment de bonheur de jour que de nuit**. De même **le sentiment de peur passe de 3% de jour, à 11% la nuit**. L'augmentation de la valeur « neutre » peut être par ailleurs imputée à la compensation de la diminution de la valeur de bonheur. **L'hypothèse selon laquelle la luminosité a une influence est donc pertinente**, et on peut même penser **qu'une faible luminosité est un facteur anxiogène** pour l'utilisateur.

4.2.2 Résultats provenant du questionnaire

Sur nos 22 testeurs 19 ont perçu le changement de luminosité. Les graphiques montrent une différence d'appréciation de la lumière du jour ou de la nuit. 73% attribuent une note supérieure ou égale à 4 à la lumière du jour alors qu'ils ne sont que 22% pour la nuit et aucun n'attribue de note égale à 5.

4.2.3 Résultats provenant de l'entretien

Voici les verbatim relatifs à la luminosité :

Jour	Nuit
« J'ai l'habitude de me balader dans le jour la journée »	« Ça fait mal aux yeux [...] ce n'est pas toujours très agréable »
« Je suis plus à l'aise sur la partie de jour, on a une vision plus d'ensemble »	« En mode nuit, on voyait plus certaines choses [...] on voyait plus de contrastes »
« Je préfère le mode jour [...] J'aime bien avoir une vision claire de l'environnement »	« C'est mieux la nuit parce qu'il y a des lumières, il y a des ombres [...] l'intérieur des magasins est plus lumineux, on a envie de rentrer dedans »
« On a une meilleure visibilité de jour »	« De nuit, on se sent vraiment renfermé, on réduit l'espace de navigation [...] on se sent beaucoup plus contraint »
« Moi je préférerais de jour, mais je ne sais pas si c'est plus efficace »	« Les choses qui sont éclairées, les boutiques éclairées, les panneaux éclairés, on va directement vers ça. Ça met en valeur des choses du fait qu'on soit plus contraint et dès qu'on voit de l'éclairage, on y va donc c'est vrai que là-dessus c'est plutôt intéressant »
	« La nuit, c'était un peu anxiogène. Ça faisait un peu glauque »
	« Je trouvais ça plus désagréable »

Tableau 14 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°2

Au vu de ces déclarations **le mode « jour » semble être plébiscité pour la luminosité qu'il apporte**. Un éclairage moindre étant toutefois apprécié **pour les contrastes** qu'il peut offrir.

Les résultats de FaceReader nous indiquent que les utilisateurs sont **deux fois plus contents et quatre fois moins anxieux le jour que la nuit**, ce qui indique qu'ils ont clairement préféré le mode jour. Ce résultat est appuyé par le questionnaire, puisque le mode jour est **mieux noté** que le mode nuit, et par les verbatim, qui montrent que les appréciations étaient plutôt favorables au mode jour et défavorables au mode nuit. On peut donc conclure que **l'utilisateur est plus à l'aise quand le site est bien éclairé**. On peut également dire que **la luminosité permet à l'utilisateur de mieux apprécier l'univers** (favorablement ou défavorablement), puisque seulement 7% des utilisateurs restent neutres dans ce cas, face à 17% dans le mode obscur. **L'hypothèse est validée.**

4.3 Hypothèse n°3 : le réalisme de l'univers influence la perception de l'utilisateur

4.3.1 Résultats provenant de FaceReader

D'après le questionnaire (voir partie suivante), les testeurs fournissent le classement suivant des univers du plus réaliste au moins réaliste : **Twinity > Second Life > Viktor & Rolf**. Il s'agit du **même classement que pour la superficialité**. On ne peut donc dresser **aucune conclusion** à partir des données Face Reading sur ce point.

4.3.2 Résultats provenant du questionnaire

Les testeurs fournissent le classement suivant des univers du plus réaliste au moins réaliste : **Twinity > Second Life > Viktor & Rolf**

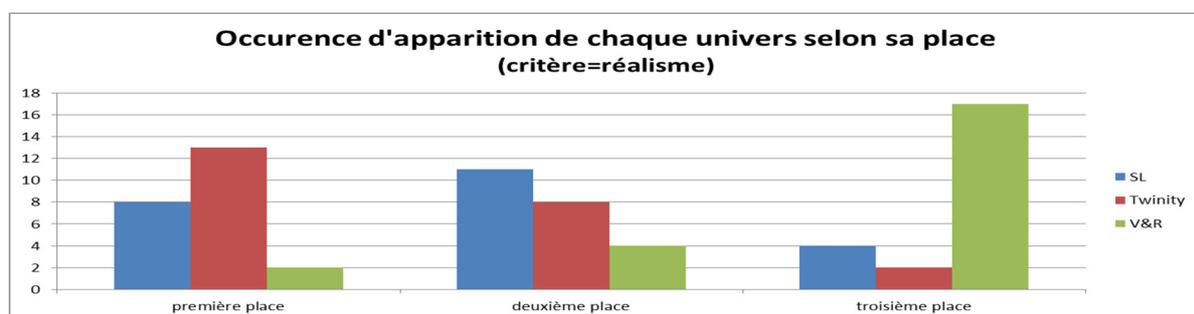


Figure 93 : occurrence d'apparition de chaque univers selon sa place

4.3.3 Résultats provenant de l'entretien

Voici les verbatim relatifs au réalisme :

Avantages / Avis favorables	Inconvénients / Avis défavorables
« Dans un véritable environnement, photo-réaliste, de loin on repérerait les choses »	« L'avantage du 2D c'est que c'est quand même des photos réalistes alors que là c'est plus une approximation de ce à quoi ressemble l'article »
« Un garage automobile, je trouve ça beaucoup plus pertinent, parce que j'aurais pu changer la couleur de ma voiture, changer la couleur des sièges, m'installer dedans, tourner autour, la soulever, regarder en dessous, enfin je ne sais pas, des choses qu'on en pourrait pas faire dans la réalité, donc une bonne visualisation de l'objet »	« On n'arrive ni à voir le tissu ni à voir la qualité du tissu, ni à voir si c'est cintré ou pas. [...] Tous les détails d'un vêtement, t'arrives pas du tout à les avoir »
« Le magasin Boulanger c'est un peu plus car on peut se déplacer, et il y a des rayons, c'est un peu plus comme dans les magasins. »	« Je suis arrivé à l'étage j'ai vu des posters [...] je m'attendais à voir des produits en 3D quoi, au moins, ou sur des mannequins »
« On est matérialisé dans le magasin, on voit notre personne on peut bouger dans le magasin, c'est un plus pour moi »	« Si on fait de la 3D ben on va jusqu'au bout, les produits, il faudrait qu'ils soient en 3D et qu'ils donnent envie. Mais des rayons à moitié vides, des aspirateurs qui ressemblent à des soucoupes »
« Il faudrait éviter l'écran de loading [...] Je clique sur la cathédrale et je me retrouve dans un salon super à la mode avec des gens assis [...] c'est un peu déstabilisant. »	« De loin j'ai confondu d'un premier abord les iPad avec des DVDs [...] on n'égale pas la réalité à ce niveau-là, et pourtant on pourrait »
« On est immergé »	« Qu'on ait pas l'impression de rentrer dans une pièce et que ce soit des images qui soient collées »
« C'est sûr que ça ressemble plus à un magasin réel »	« L'avatar est assez loin de ce qu'on est [...] généralement il est filiforme [rires] »
« ça modélise bien ce à quoi ressemble la réalité »	« Pour moi, ce n'est pas parce que ça ressemble à la réalité que c'est bien »

Tableau 15 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°3

Le classement fait par les utilisateurs du réalisme (Twinty > Second life > V&R) correspond au classement de la superficie vu ci-dessus. Par conséquent, nous sommes tentés de conclure **qu'ils préfèrent le juste milieu également** en matière de réalisme. Cependant, les entretiens nous révèlent une **forte appréciation du réalisme**, avec quelques éléments irréalistes qui ont une valeur ajoutée (Ex : essayer plusieurs couleurs sur une voiture par exemple). C'est en réalisant des choses qui ne peuvent être possibles dans la réalité que les sites en 3D apportent une plus-value appréciée par nos testeurs. **L'hypothèse est donc validée.** Les verbatims tendent à conclure **qu'en général le réalisme est plus apprécié**, et les éléments irréalistes doivent être limités au strict nécessaire pour avoir une réelle valeur ajoutée.

4.4 Hypothèse n°4 : la présence de balisage dans l'univers influence la perception de l'utilisateur

4.4.1 Résultats provenant de FaceReader

Les données de Face Reading **ne permettent pas non plus de vérifier** si la présence de balisage influence la perception de l'utilisateur. En revanche il est possible de **comparer les émotions ressenties par l'utilisateur dans le cas d'une navigation hédoniste** c'est-à-dire sans but particulier et **une navigation utilitaire**, avec un but précis de recherche d'un lieu ou d'un objet. Dans les univers Second Life et Twinity, l'utilisateur a suivi **deux périodes distinctes de navigation**. Il est donc possible de comparer pour chacun de ces deux univers ces deux types de navigation :

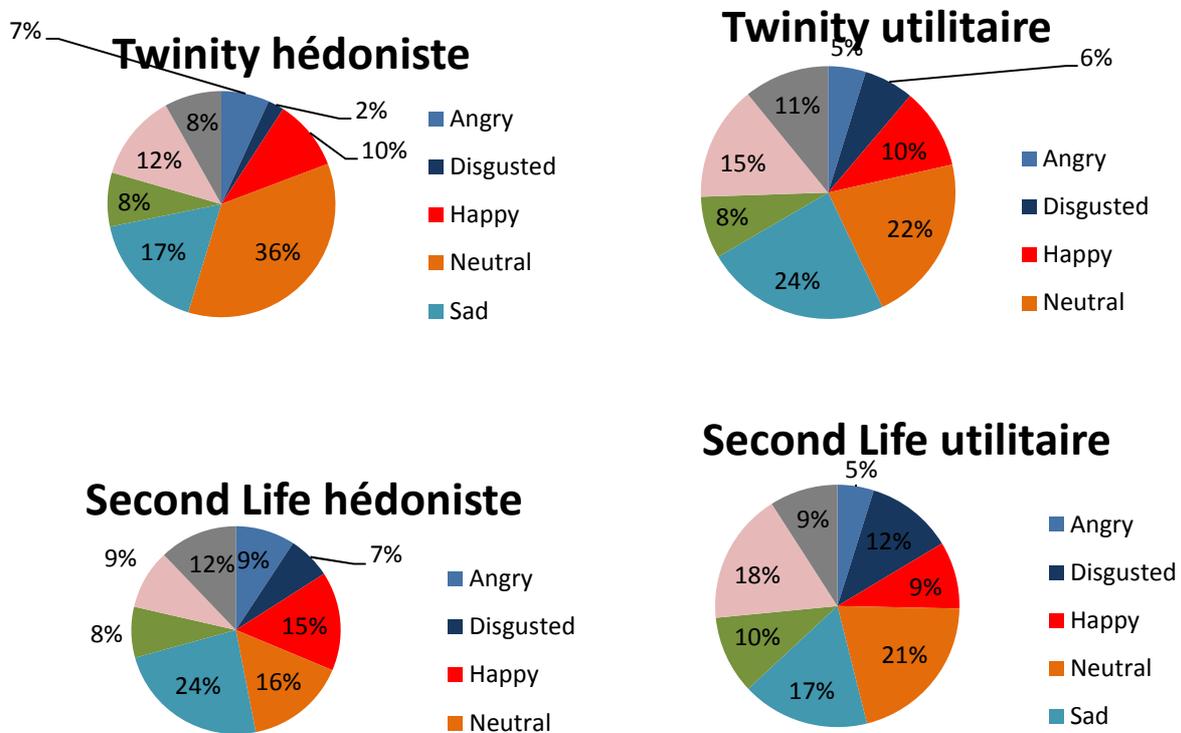


Figure 94 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°4

Dans les deux cas, on observe des pourcentages de « surprise » plus important dans le cas utilitaire, sans doute dûs à des incompréhensions dans la recherche. On observe aussi un plus grand pourcentage de « bonheur » dans le Second Life hédoniste que dans le Second Life utilitaire, ce qui n'est pas contredit par les données de Twinity. La navigation hédonique dans des environnements virtuels semble donc apporter plus de plaisir à nos testeurs qu'une navigation orientée vers un but, navigation pour laquelle il est effectivement important de se repérer .

4.4.2 Résultats provenant du questionnaire

Dans le magasin Boulanger, à la question « *Qu'est-ce qui vous a aidé pour trouver les GPS et/ou les DVD ?* », la quasi-totalité des testeurs répondent que **le panneau GPS au-dessus du rayon** les a aidés (16). Pour les DVD, c'est plus largement **un esprit logique ou une recherche par association** : « je vois les télévisions, les DVD ne doivent pas être loin. » (10). À la question « *De quoi avez-vous manqué pour les trouver plus rapidement ?* », les mots qui reviennent le plus sont **vendeurs (3), plan (3) et menu accompagné d'une possibilité de téléportation (3)**.

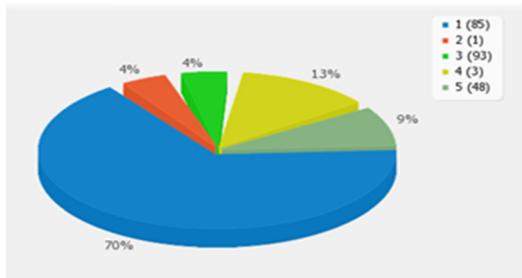


Figure 95 : notez la difficulté que vous avez ressentie de 1 à 5 (1=facile, 5=difficile), lorsque vous avez cherché les GPS

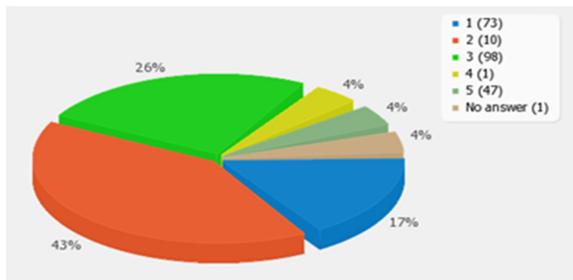


Figure 96 : notez la difficulté que vous avez ressentie de 1 à 5 (1=facile, 5=difficile), lorsque vous avez cherché les DVD

Voici enfin les résultats que nous avons obtenus avec le formulaire pour nos trois utilisateurs-clefs :

Question	Utilisateur 1	Utilisateur 2	Utilisateur 3
Notez la difficulté à trouver les GPS (1=facile)	1	3	1
Notez la difficulté à trouver les DVD (1=facile)	2	2	5
Qu'est-ce qui vous a aidé pour les trouver ?	GPS : indication DVD : les télévisions	Les GPS : j'ai vu l'affiche au loin Les DVD : j'ai cherché à l'aveugle	Le panneau des GPS était très visible
Qu'est-ce qui vous a manqué ?	GPS : rien DVD : indication	Un plan du magasin à l'entrée. Et je pensais que de nous avoir demandé de venir à l'accueil n'était pas un point de départ mais une aide pour chercher des informations	D'une personne à l'accueil

Notez l'aide apporté par le plan (1=aucune)	4	4	5
A quel moment avez-vous utilisé le plan ?	Trouver un magasin	Quand je devais chercher quelque chose de précis (les magasins par exemple)	Pour se déplacer à des endroits que je connaissais
Vous êtes-vous sentis perdu ?	Oui	Non	Non
Qu'est ce qui aurait pu vous aider ?	Recherche de magasins indications précises		

Tableau 16 : questions et réponses relatives au magasin Boulanger

4.4.3 Résultats provenant de l'entretien

Voici les verbatim relatifs au critère mesurés que nous avons relevé :

Avantages / Avis favorables	Inconvénients / Avis défavorables
« Dans Viktor & Rolf, c'était des murs blancs, donc tu savais très bien qu'il n'y avait rien à voir de spécial. Tu appuyais, tu avais envie de voir ce qu'il y avait dans une pièce, tu allais directement dans la pièce. Ça t'évitait de devoir prendre en main le site » (V&R)	« J'aurais eu d'abord tendance à aller au milieu pour visiter » (Boulanger)
« Pour le premier truc que vous avez demandé, [...] les GPS, j'ai vu de loin, donc c'est juste la grande pancarte à l'entrée du rayon. »	« C'est pas parce qu'on est en 3D qu'on doit pas avoir un petit menu pour nous indiquer, faire une recherche, les DVD où c'est et puis que ça nous indique visuellement » (Boulanger)
« Pour le GPS il y avait des panneaux en drapeau sur le site qui étaient très visibles donc on les voyait directement »	« Il faudrait reproduire vraiment la disposition d'un vrai magasin Boulanger » (Boulanger)
« Les couleurs correspondaient entre le tableau initial et la fiche qui était dans le magasin »	« il faudrait qu'il y ait des marchands aussi à qui on peut demander » (Boulanger)
« Il y aurait eu un panneau avec des flèches à l'entrée du magasin, ça aurait permis par deux étapes successives de faire une sorte de raffinement, de table des matières »	« Pour les DVD, je me suis baladé dans le magasin » (Boulanger)
« Ma première démarche c'est d'aller plutôt vers des panneaux ou des plans »	« Je ne savais même pas qu'il y en avait, je ne les aurais même pas cherché » (Boulanger)
	« Pour les DVD, c'est un peu au hasard [...] C'est par l'ambiance du magasin que j'y suis allé »
	« Le mieux serait de pouvoir choisir le classement par catégorie qui correspond le mieux à son sentiment à soi [...] il faudrait par exemple pouvoir choisir Espace musical que ce soit des DVD, des CD ou autre chose
	« Je n'ai pas trouvé ça pratique du tout [...] ce n'est pas pragmatique, ce n'est pas du tout efficace, on ne va pas du tout chercher le produits rapidement »
	« J'aurais préféré à l'accueil un moteur de recherche texte » (Boulanger)

Tableau 17 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°4

Ici, les résultats du FaceReader **ne nous permettent pas de conclure**, mais nous indiquent néanmoins que **les utilisateurs semblent davantage surpris et nerveux**, quand on leur demande **d’accomplir une tâche** que quand ils ne font que se promener et explorer. Le **besoin du balisage est donc réel pour des activités liées à un but**. Les résultats du questionnaire nous montrent, qu’en général, le **balisage a été utile et a facilité la tâche de l’utilisateur**. S’agissant des mises en situation dans le magasin Boulanger, les utilisateurs ont mis en moyenne **17 secondes pour trouver les GPS** (bien indiqués par un panneau et un marquage au sol) contre **37 secondes pour les DVD** (aucune indication claire). Enfin, les entretiens nous indiquent que le balisage présent dans l’expérience est **en-deçà des attentes des utilisateurs**, qui auraient apprécié des indications plus élaborées, pragmatiques (avatar d’accueil, menus de recherche, etc.). Nous concluons sur cette hypothèse que, dans les univers virtuels que nous avons utilisés, **la présence de balisage semble importante, et que cette importance est directement proportionnelle au fait que la navigation soit orientée vers un but ou pas. L’hypothèse est validée.**

4.5 Hypothèse n°5 : la présence d’un plan dans l’univers influence la perception de l’utilisateur

4.5.1 Résultats provenant de l’Eye Tracker

Notre postulat est que l’importance et l’utilité du plan sont mesurables par le temps passé dessus par le regard. Les trois utilisateurs retenus se sont arrêtés sur la partie de l’écran où est situé le plan (dans l’univers Twinity) **entre 3% et 6% du temps de l’expérience** en général. Seul l’utilisateur 2 **s’y est arrêté 20,82% du temps**. Ceci est dû au fait qu’il avait agrandi la fenêtre du plan et qu’il s’y était intéressé particulièrement. Par contre, la majorité des utilisateurs ne donnent pas beaucoup d’importance au plan dans Twinity, les réponses aux questionnaires nous éclairent un peu plus sur les explications possibles.



Figure 97 : résultats de l'Eye Tracker pour l'utilisateur 1



Figure 98 : résultats de l'Eye Tracker pour l'utilisateur 2



Figure 99 : résultats de l'Eye Tracker pour l'utilisateur 3

4.5.2 Résultats provenant du questionnaire

61 % des testeurs attribuent une note supérieure ou égale à 4 pour noter l'aide apportée par le plan. En commentaires, ils indiquent que le plan leur a servi pour trouver un endroit précis, par exemple magasin (8) et un endroit qui les intéressait en particulier (7). Toutefois, 57% des testeurs affirment s'être sentis perdus à un moment. Il s'agit principalement des phases de recherche et d'accès aux magasins ainsi que des actions dans le magasin.

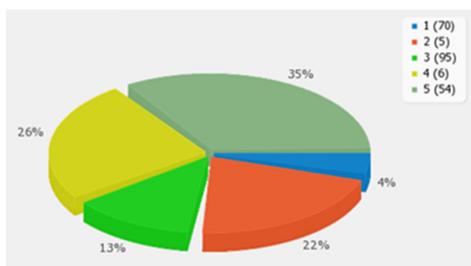


Figure 100 : notez de 1 à 5 l'aide que vous a apporté le plan

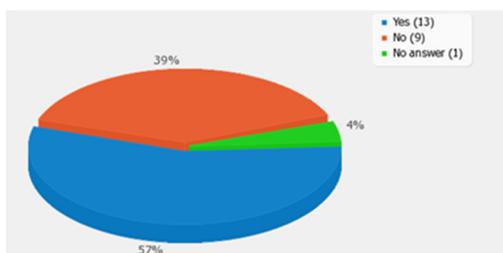


Figure 101 : vous êtes-vous senti perdu à un moment ou un autre ?

4.5.3 Résultats provenant de l'entretien

Voici les verbatim relatifs à l'apport ou non d'un plan dans l'univers 3D.

Avantages / Avis favorables	Inconvénients / Avis défavorables
« Parce qu'avec le plan ça va plus vite. Tu choisis vraiment là où tu veux aller. [...] Tu as l'impression de maîtriser un peu plus l'univers »	« Le fait d'utiliser le plan c'était pas du tout instinctif au début [...], je pensais vraiment qu'il fallait que je parcours toute la distance pour y aller »
« Si c'est pour avoir une vision globale autant avoir un plan »	« Dans mon cas ça n'a pas été utile car je connais la ville de Londres » (Twinity)
« Rien que pour aller chercher un magasin, j'ai essayé de regarder le plan c'était pratique »	« Au début j'ai juste exploré le truc »
« Pour une personne qui va se promener dans la ville [...] ça peut être utile » (Twinity)	« Je n'avais pas vu le plan au début »
« Ma première démarche c'est d'aller plutôt vers des panneaux ou des plans »	
« J'étais à Londres il n'y a pas longtemps donc j'essayais de retrouver les trucs [...] pour mon utilité je trouve que ça sert »	
« C'est pratique »	

Tableau 18 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°5

L'hypothèse de l'influence de la présence d'un plan sur la perception de l'utilisateur a été testée uniquement sur l'univers **Twinity**. L'Eye Tracker nous permet de mettre en évidence que, sur les trois utilisateurs retenus, **le plan est inégalement utilisé**. L'utilisateur 2 **pose longtemps son regard dessus** alors que **les deux autres ne le regardent que très peu**. Cependant, les réponses aux questionnaires indiquent que le plan est **jugé utile par une majorité d'utilisateurs** mais toujours pour une **recherche précise**. Lors d'une **navigation hédoniste**, le plan n'est guère regardé. **Les entretiens confirment que l'utilisation du plan est privilégiée dans un contexte utilitaire. La connaissance préalable de l'environnement minorant ce besoin.**

Ainsi, la présence d'un plan influence de façon positive la perception d'un utilisateur lors d'une recherche précise mais n'influence que peu un utilisateur en recherche hédoniste. Nous pouvons conclure que **la présence d'un plan dans un univers 3D a été trouvée pertinente par nos testeurs dès lors que l'environnement leur est peu, ou pas, connu. L'hypothèse n'est que semi-validée, des mesures complémentaires s'imposent.**

4.6 Hypothèse n°6 : les degrés de liberté dans le déplacement influencent la perception de l'utilisateur

D'un point de vue objectif, on peut classer le nombre de **degrés de liberté de déplacement** des univers de la façon suivante : **Second Life** (marcher, courir, voler où l'on veut) > **Twinity** (marcher, courir où l'on veut) > **Viktor & Rolf** (point&click).

4.6.1 Résultats provenant de FaceReader

On peut aussi tenter d'analyser les différences entre un déplacement de type « troisième personne », à l'aide du clavier et un type « point & click », présent dans l'univers **Viktor & Rolf**. Pour cela, on utilisera les parties de **déplacement terrestre hédoniste de Second Life et Twinity**, et la navigation sur Viktor & Rolf.

Second Life hédoniste

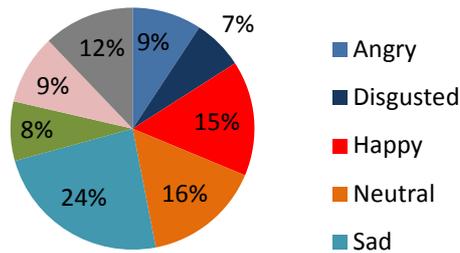


Figure 102 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°6 (Second Life)

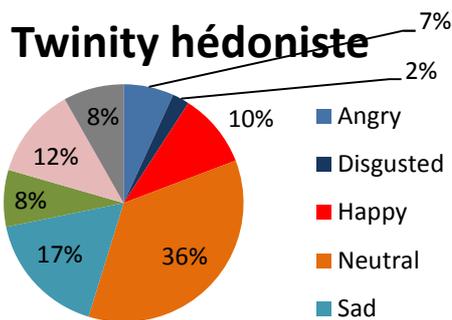


Figure 103 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°6 (Twinity)

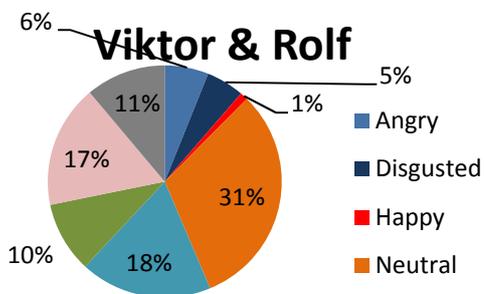


Figure 104 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°6 (Viktor & Rolf)

Le trait principal qu'il est possible de noter est la **disparition du sentiment de bonheur sur l'univers de « point & click »**. Ce mode de déplacement semble donc être **moins propice aux sentiments positifs** que le déplacement type Second Life.

4.6.2 Résultats provenant du questionnaire

Dans Second Life, 52 % des testeurs ont trouvé les déplacements faciles et 22% les ont trouvés difficiles. Et ils sont 62% à l'avoir pris en main facilement ou très facilement.

Les chiffres de Twinity sont assez proches de ceux de Second Life, 57% ont trouvé la prise en main facile et aussi 57% les déplacements comme faciles. La part de testeurs ayant rencontré des difficultés est de 17%.

Chez Viktor & Rolf, 58% ont pris facilement ou très facilement l'univers en main mais 34% l'ont perçu comme difficile ou très difficile. Autant de testeurs ont trouvé les déplacements faciles ou très faciles que difficiles ou très difficiles, 44% chacun.

Le pourcentage de testeurs qui ne se prononcent pas réellement (ni facile ni difficile) est plus important chez les deux premiers univers. **L'univers Viktor & Rolf semble clivant pour les testeurs.**

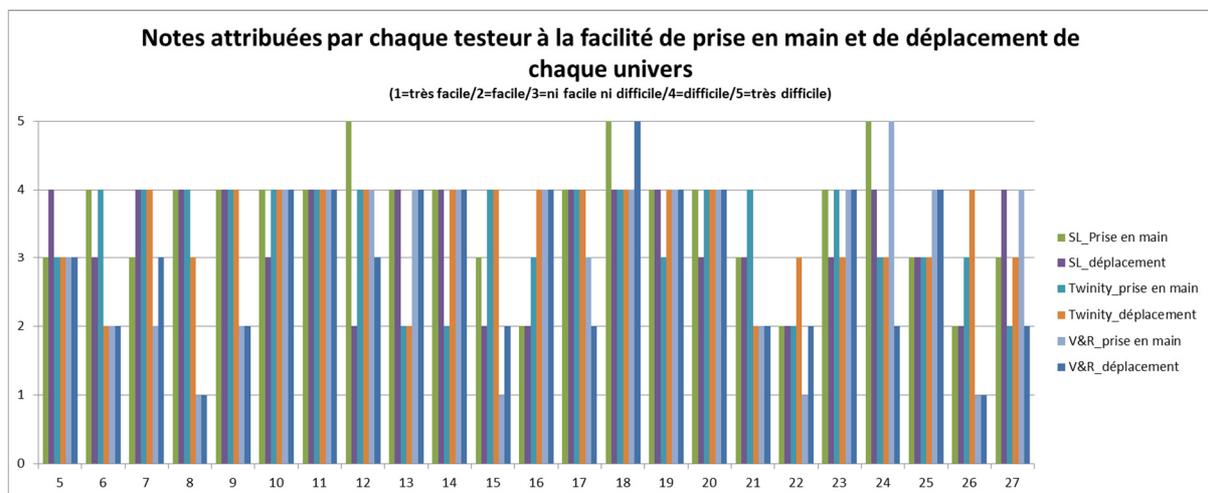


Figure 105 : notes attribuées par chaque testeur à la facilité de prise en main et aux déplacements

Testeur	Réponses					
	SL_Prise en main	SL_déplacement	Twinity_prise en main	Twinity_déplacement	V&R_prise en main	V&R_déplacement
Utilis. 1	4	3	4	4	4	4
Utilis. 2	2	2	3	4	4	4
Utilis. 3	5	4	4	4	4	5

Tableau 19 : questions et réponses relatives à l'hypothèse n°6

4.6.3 Résultats provenant de l'entretien

Voici les verbatim relatifs à la liberté de déplacement dans les univers 3D visités.

Avantages / Avis favorables	Inconvénients / Avis défavorables
« L'avantage c'est qu'une fois que tu te déplaces c'est beaucoup plus rapide tu vas directement dans le truc » (Twinity)	« Je ne savais même pas qu'il était possible de se déplacer au début quand j'ai vu le site » (V&R)
« C'est plus facile on clique on va à un endroit » (V&R)	« Avec Second Life tu rentres dans les murs, il faut vraiment que tu prennes un peu en main le truc » (SL)
« C'est assez riche car on peut faire plein de choses » (quand c'est grand)	« Ce n'était pas difficile mais ce n'était pas agréable » (V&R), « C'est extrêmement désagréable » (V&R)
« La troisième dimension permet d'aller rapidement d'un endroit à un autre »	« Ce n'était pas un véritable environnement 3D, c'était de la 3D pré-calculée, donc on cliquait et on se rendait à un lieu, donc on avait moins de liberté » (V&R)
« Le site de la ville demande un petit apprentissage » (Twinity)	« C'est plus frustrant car on ne va pas où on veut » (V&R), « Je me sentais coincé dans ce site. Je n'arrivais pas à me déplacer comme j'avais envie [...] je me sens enfermé dans une boîte »
« Si j'avais voulu acheté un truc [...] en trois clics j'aurais probablement été à l'endroit où il y avait les parfums, et donc j'aurais préféré »	« On ne voit pas très bien sur quoi cliquer donc peut-être qu'il y a pleins de liens cliquables sur lesquels je suis passé à côté je m'en suis pas rendu compte » (V&R), « Je ne voyais pas où il fallait cliquer et ça n'avancait pas ».
« Pour faire vendre c'est mieux de pas faire aller les gens n'importe où » (V&R)	« Si je ne peux pas bien naviguer, si je ne peux pas aller où je veux, ça ne m'intéresse pas »
	« C'est assez frustrant [...] on est très contraint [...] on voit qu'il y a deux portes, on doit cliquer. Ça fait penser un peu aux vieux jeux » (V&R), « Il y a beaucoup de choses mais on peut interagir avec très peu » (V&R), « Il y a aucun apport de la 3D là-dessus »
	« Au début ça m'a un peu frustré de ne pas pouvoir courir »
	« C'est moins agréable dans le sens où on est moins immergé dans l'univers car on n'en est pas acteur du tout. On se contente d'ouvrir des portes et de voir des choses » (V&R)

Tableau 20 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°6

De nos résultats, il ressort clairement que **la liberté dans le déplacement influence la perception de l'utilisateur**. Rappelons que l'utilisateur a été confronté à deux types de déplacement : celui de *Viktor & Rolf* est de type « point & click » et celui de *second Life* et *Twinity* est un déplacement libre en 3D.

FaceReader nous livre un constat clair : **le sentiment de bonheur disparaît lors de la navigation « point & click »**. De plus, les réponses au questionnaire indiquent que le déplacement « point & click » **divise nettement l’appréciation** du déplacement en **deux groupes** : ceux qui le **trouvent facile** contre ceux qui le **trouvent difficile**. Cette scission du panel n’est pas si forte pour l’autre type de déplacement. On notera que ce n’est pas la difficulté de prise en main qui est discriminante mais l’aisance du déplacement. Les verbatim des entretiens **confirment cette tendance**. On y trouve un grand nombre de commentaires **en défaveur de la méthode « point & click »**.

Ainsi, l’utilisateur semble préférer les types de déplacements où il est réellement libre de se déplacer là où bon lui semble. Le mode déplacement de *Second Life* et *Twinity* est à privilégier. Cette affirmation est certaine dans le cadre d’une visite hédoniste de l’univers. Toutefois, les entretiens laissent à penser que, dans le cadre d’une visite pour un achat précis, un type de déplacement moins libre, plus proche de celui des sites en 2D (menu, moteur de recherche, etc.) est préféré car il permet d’accéder plus rapidement à l’objet recherché. **L’hypothèse est validée, les univers les plus appréciés sont ceux pour lesquels les possibilités de déplacement sont les plus importantes**. Par contre il n’y a pas de plébiscite sur l’ergonomie de ces déplacements qui reste perfectible pour un grand nombre de nos testeurs.

4.7 Hypothèse n°7 : la possibilité de voler influence la perception de l'utilisateur

4.7.1 Résultats provenant de FaceReader

Comparons, tout d’abord, le mode « vol » et le mode « course » dans l’univers Second Life.

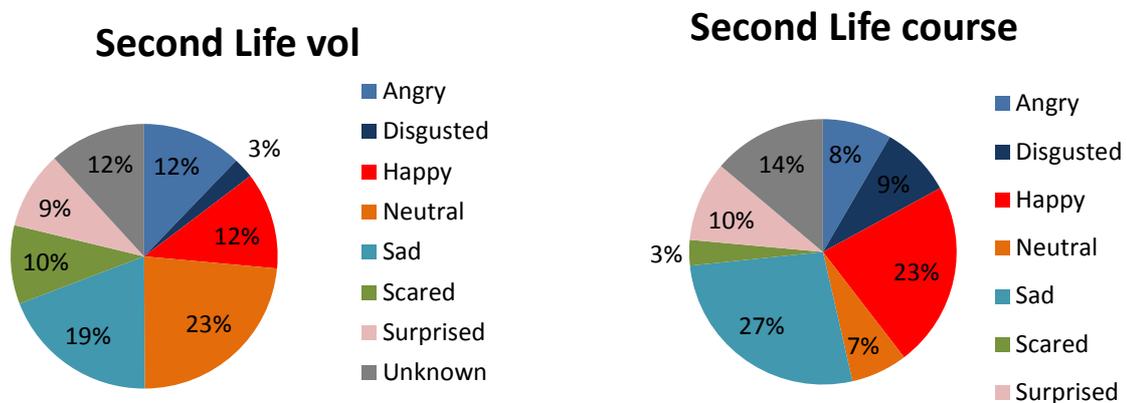


Figure 106 : résultats du FaceReader pour l’hypothèse n°7

Il est impossible de tirer des conclusions de ces résultats mis à part que les sentiments de bonheur, de tristesse et de dégoût sont plus présents en mode course qu'en mode vol. Ceci peut sembler contradictoire, mais peut refléter le fait que **les sentiments des utilisateurs sont plus contrastés en déplacement terrestre**, ce qui permet d'expliquer la disparition de **l'émotion neutre** (de 23% à 7%) au profit des **émotions les plus marquées**.

4.7.2 Résultats provenant du questionnaire

65% des testeurs ont apprécié la possibilité de voler de Second Life. Seul 4% (1 personne) ne l'a pas du tout aimé. Dans leurs commentaires, ils l'associent à la rapidité (8), à la vision d'ensemble de l'île (9) et à des sensations positives telle que le rêve ou la liberté (5).

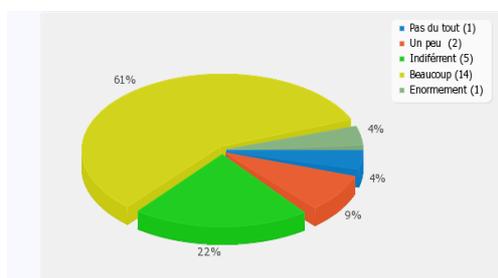


Figure 107 : avez-vous apprécié la possibilité de voler qu'offre Second Life ?

4.7.3 Résultats provenant de l'entretien

Voici les verbatim relatifs au critère « possibilité de se déplacer en volant ».

Avantages / Avis favorables	Inconvénients / Avis défavorables
« Tu vois les choses d'en haut »	« Je n'arrive pas trop à voir l'utilité de voler »
« Avoir une vision globale »	« Ce n'est pas terrible parce que quand on vole, si c'est affiché très vite ça serait génial mais tu voles et puis brusquement tu as un truc qui apparait juste en face de toi au dernier moment, donc c'est un peu bizarre »
« Pour la navigation, ça permet d'avoir une vision d'ensemble du site [...] on peut se situer beaucoup plus rapidement »	« Parce que là on découvre au fur et à mesure, on n'avait pas assez de vision globale au final. Alors que c'est un peu l'objectif de voler je pense »
« C'est bien car ça permet d'avoir une appréhension de l'environnement global [...] Surtout sur ces univers qui sont très fouillis, et qu'au bout d'un moment on ne sait plus où on est, le fait de prendre de la hauteur ça c'est très intéressant »	« Quelque par ça éloigne un peu de la réalité. [...] Effectivement si on peut voler dans un magasin, on s'éloigne un peu de la réalité »
« Voler permet d'aller rapidement quelque part [...] ça permet d'avoir des visions globales »	« Le champ de vision est extrêmement réduit [...] tu vois vraiment les trucs apparaitre au fur et donc si c'est pour ça je trouve que ça ne sert à rien »
« Je trouvais ça marrant, mais je sais pas si c'est très productif pour faire acheter des choses »	

Tableau 21 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°7

La possibilité de survoler qu'offrent les univers comme *Second Life* semble avoir une **influence positive sur la perception** de l'utilisateur. En effet, selon l'analyse des questionnaires, **65% des testeurs l'ont appréciée**. De plus, les entretiens montrent que, même si elle est parfois jugée comme **insuffisante ou accompagnée d'erreurs** (apparitions soudaines d'éléments), la possibilité de survoler permet d'avoir **une vue globale de l'univers et d'accélérer les déplacements**.

Survoler s'avère être un moyen de **pallier l'absence de balisage** pour se repérer dans l'univers. Par exemple, lors de la recherche des DVD, deux utilisateurs ont utilisé le mode « voler » pour prendre de la hauteur et ainsi visualiser l'ensemble du magasin. L'utilisateur 1, qui ne perçoit pas l'intérêt de voler, a considéré comme très facile et facile les recherches de GPS et DVD. Il semble savoir se repérer aisément dans l'univers ce qui peut expliquer son désintérêt pour le vol. Les résultats de FaceReader pour le vol, à savoir un fort taux d'attitude neutre, peuvent s'expliquer par le fait que les trois testeurs retenus n'ont pas montré un vif intérêt pour le vol ; ils n'attribuent pas de note supérieure à 3/5. Les commentaires s'avèrent eux très positifs avec de nombreuses applications envisagées par les testeurs.

L'hypothèse est donc validée, la possibilité de voler est appréciée par nos testeurs et leur apporte un sentiment de satisfaction, probablement profitable à leur immersion.

5 Statistiques sur les mots-clefs

Grâce à la numérisation de nos entretiens nous avons pu effectuer un décompte des mots utilisés par nos testeurs. Cette première approche nous a permis d'effectuer un premier tri basé sur la fréquence d'occurrence. Les **statistiques sur les mots-clés les plus utilisés** montrent que les occurrences des mots ont globalement respecté un **ordre d'apparition par catégorie sémantique**, à savoir :

- **Lieu (1>8)** : magasin, site, Londres, etc. ;
- **Produit (9>13)** : produit, GPS, DVD, acheter ;
- **Navigation (14>35)** : voler, carte, panneau, trouver, chercher ;
- **La perception de l'univers (36>46)** : réaliste, ville, réel ;
- **Appréciation (47>104)** : difficile, intéressant, lumineux, simple, bizarre, frustrant ;
- **Éléments visuels (105>116)** : images, luminosité, mode, pancarte, rue.

Ceci nous renseigne sur l'importance des différents éléments qui ont marqué l'utilisateur. On peut donc dire que les éléments qui ont le plus marqué nos utilisateurs sont par ordre d'importance : le lieu présenté par le site, le produit proposé, le mode de navigation, le degré de réalisme du lieu, les caractéristiques cognitives et les caractéristiques visuelles. Ces résultats confirment ainsi le choix des facteurs que nous avons identifiés. Il faudra toutefois les croiser avec le reste de l'analyse avant de conclure définitivement quant à l'importance de tel ou tel critère.

6 Les limites de notre étude exploratoire de mise en situation

Cette partie a pour vocation de présenter une analyse critique, et donc d'évoquer les limites de notre travail exploratoire.

6.1 Commentaires et limites sur la méthodologie utilisée

6.1.1 Recrutements des testeurs

Les testeurs ont tous été recrutés majoritairement sur le campus de TELECOM Bretagne et sur le Technopôle de Brest-Iroise, donnant une coloration très technophile à notre échantillon ce qui biaise nos résultats en conséquence. Cependant nous avons réussi à **diversifier les classes d'âge et les profils des testeurs**.

6.1.2 Calibrage des outils de mesure

La méthodologie que nous avons mise en place pour réaliser les tests nous apparaît comme bonne. En particulier, la **partie de libre navigation** située entre le calibrage du matériel et le test effectif du test **permet au testeur de se mettre à l'aise avec l'ergonomie du test** (choix des touches et des modalités de déplacement dans les univers sélectionnés).

6.1.3 Déroulement

Nous avons décidé de consacrer relativement peu de temps à chaque phase dans les différents univers afin que le testeur **reste focalisé** sur le critère que nous voulions mesurer. Ce choix s'est avéré assez judicieux car **le temps total** de l'expérience n'était alors **pas trop long**, les testeurs ne semblent pas avoir ressenti de la **lassitude**.

Toutefois, la contrainte d'utiliser des sites existants s'est avérée pénalisante, notamment sur la difficulté de faire varier les paramètres spécifiques (exemple de la lumière, très binaire). L'idéal serait

donc de **développer des univers spécifiques** mettant en exergue chacun des critères. De cette manière, nous aurions été **certain d'isoler la réaction du testeur vis-à-vis de chaque critère**. En effet, les univers étant différents les uns des autres, il est évident que le critère que nous souhaitions mesurer n'était pas le seul qui différait. Le changement d'univers engendre par exemple des modifications de qualité des graphismes, de perspectives, etc. Il est fort possible que ces critères, qui ne nous intéressaient pas, soient alors entrés en ligne de compte dans l'appréciation des critères visés.

6.1.4 Questionnaire

Nous avons fait le choix de questionner le testeur à l'issue de la navigation sur l'ensemble des univers et non pas à l'issue de chaque univers. En pratique, ce choix s'est avéré être le bon car les testeurs se souvenaient très bien de leurs navigations dans les univers (nous avons remis une photo de l'univers pour chacun des thèmes du questionnaire). De plus, questionner à l'issue de chaque univers aurait cassé l'immersion du testeur dans l'expérience. Ici encore, l'idéal aurait été de développer un unique univers pour la totalité du test.

6.1.5 Univers retenus

Les univers que nous avons sélectionnés, bien qu'ils ne nous permettaient pas de mesurer nos critères, n'étaient **pas orientés purement vers l'e-commerce**. Par exemple, sur Twinity, on ne pouvait acheter que des produits destinés uniquement à l'avatar et non pas à l'utilisateur réel. En outre, Second Life et Twinity n'ont pas uniquement pour vocation la vente de produits en ligne. Les aspects **communautaires et échanges entre avatars sont primordiaux**. Or tout ce qui concerne l'avatar et l'interaction entre avatars ne correspondait pas à notre étude. Il serait intéressant d'utiliser des **univers purement d'e-commerce**. Malheureusement, que ce soit lors de ces premières expériences ou encore aujourd'hui, ceux-ci sont encore rares et ne permettaient pas de tester l'ensemble des critères.

6.1.6 Délais

Enfin, nous avons consacré de 45 minutes à une heure par test. **La vérification** des données acquises, **leur synchronisation** puis **leur analyse** demandent en moyenne **8 à 10 heures par utilisateur**. Ainsi, la réalisation complète de cette première étude exploratoire a donc été **très chronophage**.

6.2 Contraintes et limites sur les outils utilisés

L'utilisation de l'Eye Tracker nous a donné des résultats pertinents sur l'utilisation du plan par nos testeurs dans l'univers Twinity. Toutefois, nous avons rencontré des problèmes d'ordre technique pour la récupération et l'analyse des données. Ces problèmes se résument en trois niveaux :

- **Le hardware** : L'analyse demande beaucoup de ressources, et si elle est faite sur un ordinateur peu performant, elle prend beaucoup de temps (40 min par essai), nous avons eu également des bugs informatiques impliquant parfois de recommencer les traitements à l'origine.
- **L'incompatibilité avec la vidéo** : Cet outil a été conçu pour suivre le regard des utilisateurs sur un **écran affichant des images fixes**, et non dans un monde virtuel où l'enregistrement obtenu est une **vidéo**. Nous l'avons appliqué sur la vidéo uniquement parce que l'emplacement du plan dans l'univers Twinity est fixe. Pour obtenir des résultats pertinents, nous avons donc dû sélectionner certaines captures d'écran de l'enregistrement de la vidéo et les transformer en plans fixes. Ceci demande bien entendu un travail supplémentaire d'ajustement de la taille, la résolution de l'image, de conformité des éléments de l'écran, etc. et ne reflète donc pas totalement l'intégralité d'un parcours.
- **L'incertitude** : Nous n'avons pas pu ajuster à 100% l'image utilisée pour le montage 3D des résultats, avec les points fixés fournis par le logiciel. De plus, certains utilisateurs ont modifié la taille du plan, ce qui, malgré notre vigilance, crée aussi des incertitudes.

L'évaluation des expressions faciales a été réalisée en utilisant « FaceReader » logiciel d'analyse permettant de classifier ces expressions en fonction de catégories préexistantes. C'est un outil encore relativement récent (2010) et qui souffre de certaines lacunes. Nous avons pu en mesurer certaines lors de nos tests et de leur analyse :

- Il faut tout d'abord parfois plusieurs tentatives pour réussir un calibrage satisfaisant.
- Ensuite, il arrive souvent que la détection du visage soit perdue durant le test. Cela nous est particulièrement arrivé lorsqu'on demande à l'utilisateur de fermer les yeux, au moment de changer la luminosité (Prim Hearts). Aucune donnée n'est alors enregistrée.
- Il faut y ajouter que la reconnaissance des expressions faciales est assez imprécise. Nous avons dû reprendre un par un les enregistrements pour corriger la reconnaissance des expressions. Celles-ci étaient la plupart du temps incorrectes.

Questionnaire : Pour l'administrer nous avons utilisé le logiciel Lime Survey. Le traitement des données obtenues a été réalisé soit directement sur le logiciel en ligne (pour les tris à plats présentés en annexe) soit sur le tableur « Excel ».

Entretien : Grâce au guide qui avait été préparé, les entretiens se sont toujours bien déroulés et ont été enregistrés avec l'accord des participants (voir en PJ feuille d'accord). Par contre pour la retranscription de ces entretiens, nous ne disposons pas de logiciel *speech-to-text* efficace. La qualité médiocre des enregistrements, couplée à la qualité médiocre du traitement rendaient des résultats très mauvais et non utilisables. De ce fait la **phase d'analyse des mots clefs n'a pas pu être automatisée et s'est donc révélée très chronophage**. Il nous a fallu en effet réécouter **l'ensemble des entretiens** (soit environ 6 heures d'enregistrements) afin de **noter les mots-clefs** qui étaient prononcés. L'outil d'analyse, trouvé via Internet, nous a quant à lui fait gagner beaucoup de temps. Nous avons en effet essayé de créer une **fonction matricielle dynamique sous Excel** pour réaliser la même fonction, mais sans succès. Cette application étant très facile d'accès et d'utilisation, nous avons rapidement décidé de l'utiliser.

7 Conclusions apportées par l'ensemble de l'étude exploratoire qualitative

Comme nous l'avons présenté en introduction, notre **étude qualitative exploratoire** qualitative, effectuée à partir d'une étude de l'existant permettant une mise en situation d'un panel de vingt-trois personnes plutôt à l'aise avec internet et l'e-commerce. À l'issue de l'analyse complète des résultats concernant les hypothèses émises sur certains facteurs d'atmosphère des sites en 3D, nous pouvons élaborer le tableau de synthèse ci-après :

Hypothèse sur les facteurs d'atmosphère	Validation	Recommandations
La superficie de l'univers influence la perception de l'utilisateur	Semi-validée	Préférence des utilisateurs pour des univers virtuels à <i>taille humaine</i>
La luminosité influence la perception de l'utilisateur	Oui	Préférence pour une luminosité de type journée ; éviter les univers sombres
Le réalisme de l'univers influence la perception de l'utilisateur	Oui	Les univers réalistes sont plus appréciés ; Inclure uniquement quelques éléments irréalistes ayant une réelle valeur ajoutée
La présence de balisage dans l'univers influence la perception de l'utilisateur	Oui	Nécessité de mettre en place un balisage et une signalétique élaboré et abondant.
La présence d'un plan dans l'univers influence la perception de l'utilisateur	Semi-validée	Mise à disposition visible d'un plan
Les degrés de liberté dans le déplacement influencent la perception de l'utilisateur	Oui	Privilégier un mode de déplacement très libre
La possibilité de voler influence la perception de l'utilisateur	Oui	La mise à disposition ce mode de déplacement est un atout

Tableau 22 : Synthèse des apports de notre étude exploratoire qualitative

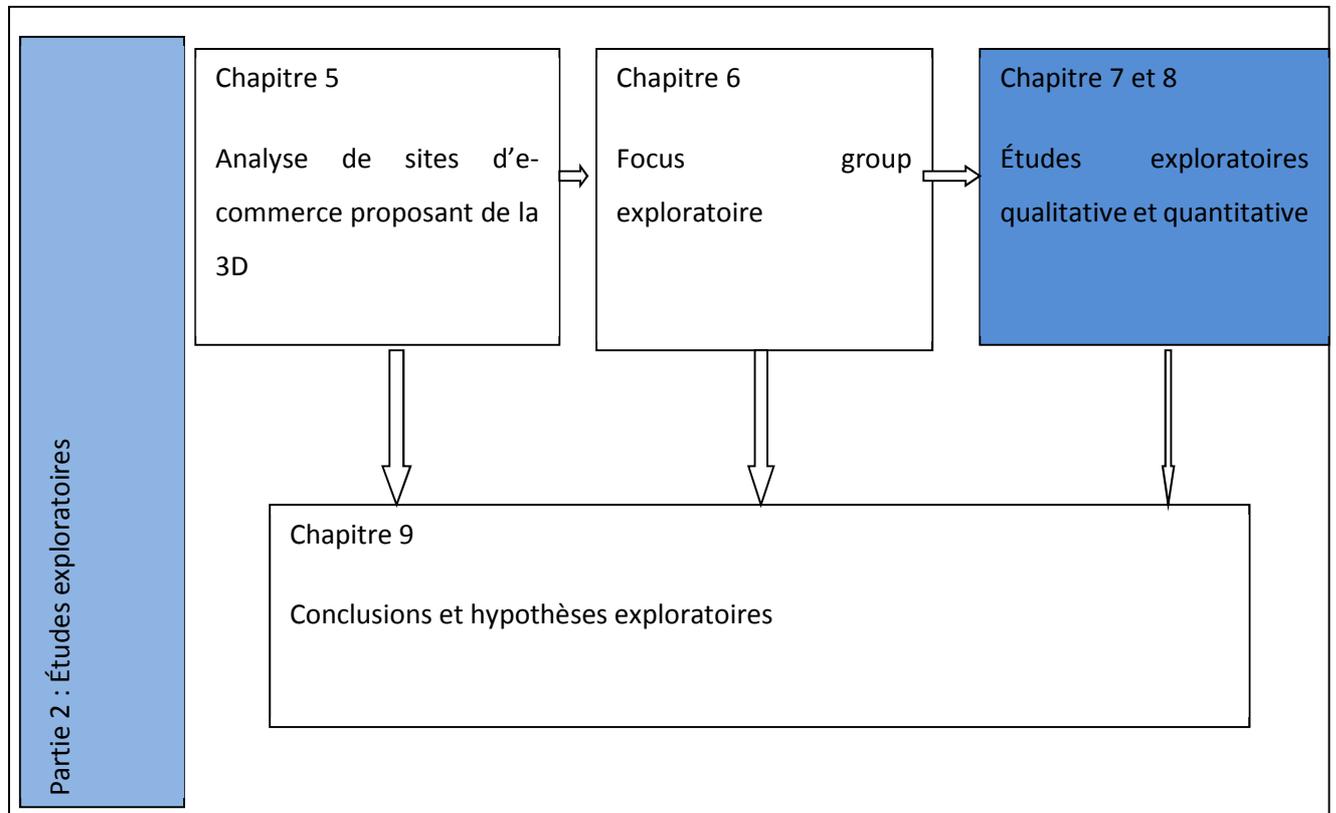
Ces résultats ont ouvert de **nouvelles pistes** pour notre la suite de notre recherche doctorale d'une part afin de pouvoir **valider l'appétence réelle de la 3D pour les consommateurs**, et d'autre part en vue de pouvoir **étudier plus précisément l'influence de chaque facteur d'atmosphère** sur les réactions des internautes.

Afin d'obtenir des éléments quantitatifs permettant de répondre au premier volet de ce questionnement nous avons mis en œuvre **une enquête en ligne présentée dans le chapitre suivant**.

S'agissant du second volet le nombre limités, et le type, des univers existants (la plupart étant non-marchands) **nous imposeront de développer un univers marchand spécifique et modulable dans lequel nous pourrons avoir la main sur la variation de nos paramètres.** Nous présenterons les résultats de ces travaux dans la troisième partie.

Notons enfin, qu'à ce stade, nous avons conservé notre décision initiale de **mettre de côté tout ce qui touche à l'avatar** malgré le fait que ce sujet ait été évoqué à de nombreuses reprises lors des entretiens réalisés.

Chapitre 8 ENQUÊTE EXPLORATOIRE QUANTITATIVE



1 Introduction

Pour finaliser notre vision des attentes des consommateurs sur les sites web 3D nous avons complété notre étude qualitative par quelques éléments quantitatifs. Pour ce faire nous avons élaboré et mis en ligne (sur le site web de TELECOM Bretagne), une enquête en utilisant l'outil « lime survey ». Le serveur informatique du site web a permis la mise en ligne de notre questionnaire durant une période de plus de six mois nous permettant d'obtenir une bonne visibilité et des vagues de relances successives. **Au final cette enquête en ligne nous a permis d'obtenir 669 réponses exploitables.** L'URL de cette enquête reste accessible à ce jour²⁵⁷.

²⁵⁷ Site web / <http://projets.telecom-bretagne.eu/consulting/index.php?sid=67264&lang=fr>.

Les enquêtes en ligne sont aujourd'hui un outil reconnu disposant de nombreuses modalités. Un panorama complet de ces outils a été élaboré dès l'année 2000 par Galan et Vernet ²⁵⁸. Parmi les solutions possibles, nous avons utilisé le concept du « système web intégré » permettant à la fois la construction du questionnaire et son administration en ligne avec le même support : le logiciel « lime survey ». Les principales lacunes relevées pour ce type d'enquêtes (Couper (2001)²⁵⁹, Lozar Manfreda, Vehovar et Batagelj (2001)²⁶⁰) sont l'erreur de « couverture » et les soucis de représentativité. Nous retrouvons dans nos résultats ces deux types de lacunes.

2 Objectifs : Présentation des hypothèses à tester

A ce stade, et au vu des résultats obtenus via notre enquête exploratoire qualitative, nous souhaitons dans un premier temps tester des hypothèses globales sur le concept même de la 3D et l'avis que peuvent en avoir les utilisateurs.

- Le concept de la 3D sur écran est connu par une majorité d'individus
- Le concept de la 3D sur écran est apprécié par une majorité d'individus
- Les avantages et les inconvénients sont perçus par les internautes

Toutefois certains aspects plus spécifiques, soulignés ou remarqués dans l'étude précédente méritaient une validation :

- Comme souligné par certains de nos premiers testeurs, l'expérience antérieure peut avoir une influence sur l'appétence à la 3D.
- L'âge est susceptible d'influencer l'attitude vis-à-vis de la 3D.

3 Présentation de l'échantillon obtenu

L'ensemble des résultats bruts (tris à plat) est disponible en annexe. Analysons ici la composition de notre échantillon. Nous avons obtenu des profils de répondants assez variés, tant au niveau des âges

²⁵⁸ Galan J.P. et Vernet E. (2000) Vers une quatrième génération : les études de marché « on-line » *Décisions Marketing*, 19, 39-52

²⁵⁹ Couper M. (2001), The Promises and Perils of Web Surveys, ASC Conference. The Challenge of the Internet, Latimer, Grande-Bretagne

²⁶⁰ Lozar Manfreda K., Vehovar V., Batagelj Z. (2001), Web versus Mail Questionnaire for an Institutional Survey, ASC Conference, The Challenge of the Internet, Latimer, Grande-Bretagne.

que des catégories socioprofessionnelles. Toutefois notre échantillon ne semble pas représentatif de la population, en raison de déséquilibres apparents selon les classes. Nous pouvons de plus noter un nombre relativement important de personnes n'ayant pas renseigné leur âge, leur genre ou leur catégorie socioprofessionnelle (entre 10 et 150 sondés selon les critères). Tout ceci induira bien entendu quelques biais et limites sur les résultats de notre étude.

Catégories socioprofessionnelles	Nombre de réponses (669 réponses au total)	% des réponses
Agriculteurs, exploitants	3	0.5 %
Artisans, commerçants, chefs d'entreprise	13	2 %
Cadres, professions intellectuelles supérieures	205	31 %
Professions intermédiaires	15	2.5 %
Employés	34	5 %
Ouvriers	4	0.5 %
Chômeurs	3	0.5 %
Collégiens ou lycéens	6	1 %
Étudiants	365	54 %
Retraité	10	1.5 %
Sans profession ou ménagère	3	0.5 %
Sans réponse	8	1 %

Figure 108 : Répartitions des réponses selon les catégories socio-professionnelles

Nous constatons **une surreprésentation des étudiants et des CSP+**. L'explication principale provient probablement du fait que notre échantillon est un échantillon de type « boule de neige » ayant été constitué principalement via des informations et relances faites auprès de jeunes étudiants ingénieurs dans le domaine des technologies de l'information. Notons également que ce questionnaire étant en ligne sur internet il est nécessaire d'être utilisateur d'internet pour y accéder. Globalement nous trouvons ici les limites des questionnaires en ligne tels que relevé par les auteurs cités ci-avant.

S'agissant du **genre**, sur les 662 personnes ayant renseigné ce critère, 60% (395) sont des hommes et 40% (267) sont des femmes.

S'agissant de l'âge la répartition est la suivante :

	Moins de 18 ans	18-25	26-39	40-49	50-59	Plus de 60	Total
Nombre	7	373	147	54	28	10	619
Pourcentage	1 %	60 %	24 %	9 %	4,5 %	1,5 %	100 %

Figure 109 : Répartition des âges des répondants de l'enquête en ligne

Pour vérifier la validité ou non de l'échantillon obtenu nous avons effectué une comparaison de ces données avec les chiffres issus de l'INSEE²⁶¹. Nous avons effectué trois tests de proportions, chacun sur l'un des tableaux précédents.

Première hypothèse nulle : « la proportion d'étudiants ou élèves dans le panel correspond à la proportion en France ».

Nous avons 365 étudiants ou élèves sur 669 personnes ayant répondu soit 54% des réponses. On utilise l'estimateur $\hat{p} = X/n$. Si l'hypothèse nulle est vraie, alors notre estimateur est de loi normale $N\left(p_0, \frac{p_0 q_0}{n}\right)$, et donc sa loi centrée réduite $Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{n/(p_0 q_0)}}$ suit une loi $N(0,1)$, c'est-à-dire que $|Z| \leq C_\alpha$. L'estimation de p vaut 0,562 et l'intervalle de confiance pour un risque de 5 % bilatéral, défini par la formule $\hat{p} \pm C_\alpha \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$ vaut [0,524 ; 0,6].

La **population d'étudiants est ici surreprésentée**, puisque les chiffres donnés par l'INSEE sont de 8.4% d'étudiants ou élèves, donc bien en dehors du cadre défini précédemment.

Deuxième hypothèse nulle : « la proportion de jeunes de 18 à 25 ans est semblable à la proportion française »

De la même manière que précédemment, on obtient une estimation de proportion égale à 365/669 = 0,545. Pour un risque de 5 % bilatéral, on obtient l'intervalle de confiance [0,564 ; 0,642] dans le cadre

²⁶¹ Obtenus sur les pages http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF02135 et http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/donnees-detaillees/bilan-demo/pyramide/xls/pyramides-des-ages_bilan-demo_2011.xls consultées le 7/11/13.

duquel ne rentrent pas les 9,9 % de jeunes de 18-25 ans en France, selon l'INSEE (6 478 266 sur 65 350 181 personnes)

Il y a donc là dans notre échantillon un déséquilibre en faveur des jeunes de 18-25 ans qui sont surreprésentés.

Troisième hypothèse nulle : « Au sein de notre échantillon la proportion d'hommes est respectée ».

Avec les mêmes calculs, nous obtenons une estimation de p de $395/662 = 0,597$ et un intervalle de confiance à 95 % bilatéral de $[0,56 ; 0,634]$. La proportion masculine en France étant de 48,4 %, **l'hypothèse est là encore rejetée, puisque hors du cadre.**

Nous travaillons donc avec **un échantillon non représentatif de la population française**, aussi bien au niveau des catégories socioprofessionnelles que des âges ou des genres. Il faudra prendre en compte lors des conclusions que **l'échantillon est surtout composé d'étudiants masculins de 18 à 25 ans.**

4 Un échantillon technophile

Dans notre échantillon, 380 jeunes (0-25 ans) ont répondu à la question 20 du questionnaire « Avec quelle fréquence surfez-vous sur internet ? ». Les effectifs pour chaque choix sont présentés dans le tableau suivant :

Plus de 5 fois par semaine	3 ou 4 fois par semaine	1 ou 2 fois par semaine	Moins de 1 à 2 fois par semaine	Jamais	Total
369	10	1	0	0	380

Nous avons donc un échantillon très fréquemment connecté à internet et que nous pourrions qualifier de technophile. L'explication principale provient toujours de notre échantillon de type « boule de neige ». Ce **sous-échantillon de jeunes très technophiles** apporte donc un biais supplémentaire dans les réponses aux différentes questions du sondage.

5 Appétence à la navigation dans un univers 3D

Une des hypothèses proposées dans les conclusions de notre étude expérimentale était que l'opinion des personnes vis-à-vis de la navigation dans un univers 3D pouvait dépendre d'une expérience passée avec un environnement 3D. Dans l'affirmative, cette expérience jouait elle de façon positive ou

négative ? Pour valider ou non cette hypothèse nous avons utilisé les questions 1 et 3 du questionnaire :

1 Parmi les applications 3D suivantes, lesquelles connaissez-vous ? Lesquelles utilisez-vous ?

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Je ne connais pas	Je connais mais je n'utilise pas	Je connais et j'utilise
Site web en 3D	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jeux vidéo en 3D	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plan (Google Earth, logiciel Ikea, ...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logiciels spécifiques (modélisation mathématique en 3D, logiciel d'architecture, ...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3 Même si vous n'êtes pas utilisateur de technologie 3D, comment trouvez-vous la navigation dans un univers en 3D ?

Veuillez sélectionner SEULEMENT UNE réponse

Très facile
 Facile
 Difficile
 Très difficile

La question 1 nous permet de classer notre échantillon dans deux catégories : ceux ayant l'expérience la navigation 3D et ceux ne l'ayant pas. Ainsi, les personnes catégorisées comme utilisateurs sont celles ayant répondu au moins une fois « je connais et j'utilise » à la question 1.

En effectifs		Ressenti vis à vis de la navigation 3D		Total
		facile	difficile	
Utilise la 3D	oui	399	148	547
	non	44	33	77
Total		443	181	624

Figure 110 : Ressenti vis à vis de la navigation 3D (en effectifs et en pourcentages)

En pourcentages		Ressenti vis à vis de la navigation 3D	
		facile	Difficile
Utilise la 3D	oui	0,73	0,27
	non	0,57	0,43

Hypothèse nulle : la proportion de personnes trouvant la navigation dans un univers en 3D facile est la même chez les personnes ayant expérimenté des applications 3D (on notera cette proportion p_1) et chez les autres (on la notera p_2). Faisons un test d'hypothèse d'égalité de deux proportions : nous

prenons comme estimateur de proportion $\hat{p} = X/n$ et nous calculons les variances les estimateurs de p1 et p2 :

$$\widehat{\sigma}_1^2 = \frac{p_1 * (1 - p_1)}{n_1} = \frac{0,729 * (1 - 0,729)}{547} = 0,000361$$

$$\widehat{\sigma}_2^2 = \frac{p_2 * (1 - p_2)}{n_2} = \frac{0,571 * (1 - 0,571)}{77} = 0,00318$$

Et calculons maintenant Z :

$$Z = \frac{\widehat{p}_1 - \widehat{p}_2}{\sqrt{\widehat{\sigma}_1^2 + \widehat{\sigma}_2^2}} = \frac{0,729 - 0,571}{\sqrt{0,000361 + 0,00318}} = 2,655 \text{ d'où une p-value} = 0,004. \text{ Avec un risque à 5\%, la valeur du}$$

point critique C_α vaut $C_\alpha = 1,96$. Donc $Z >> C_\alpha$, ce qui invalide l'hypothèse nulle. Avec cette p-value de 0,004, ce test nous permet donc d'affirmer que la différence entre les observés de p1 et p2 n'est pas due au hasard. **Cette différence montre que les personnes ayant déjà une expérience avec un environnement 3D trouvent la navigation 3D facile.** Nous validons donc l'hypothèse suivante : « l'expérience antérieure est un facteur influant positivement l'expérimentation de la 3D ».

6 La facilité de navigation ressentie dans un univers 3D dépend-elle de l'âge ou du genre ?

Parmi les critères qui peuvent influencer sur le ressenti des personnes vis-à-vis de la 3D nous avons vu que l'usage d'applications 3D en était un. Qu'en est-il de l'âge des sondés ?

Pour ce faire, nous avons utilisé les questions 3 et 17 (âge de la personne sondée) du questionnaire. Nous avons créé des classes d'âges afin de pouvoir prendre l'âge comme facteur de test. Nous avons choisi, en raison du nombre de personnes sondées ayant plus de 40 ans plus faible, de créer des classes d'âges larges pour les plus âgés.

Si l'âge et la facilité de navigation dans un univers 3D étaient indépendants, alors la probabilité qu'une personne de classe d'âge X trouve la navigation facile / difficile serait égale à la probabilité qu'il soit dans la classe d'âge X et qu'il trouve la navigation facile / difficile. C'est de cette manière qu'ont été déterminés les effectifs théoriques présents dans le tableau ci-dessous.

Classes d'âges				Total
0-25	25-39	40-49	>=50	

Ressenti vis à vis de la navigation 3D	facile	obs	253	87	34	23	397
		théo	250,54	93,32	29,43	23,69	397
	difficile	obs	96	43	7	10	156
		théo	98,45	36,67	11,56	9,30	156
total			349	130	41	33	553

Hypothèse nulle : âge et facilité de navigation dans un univers 3D sont indépendants

Pour tester notre hypothèse, nous utilisons un test de chi-2 calculé, à partir des données du tableau ci-dessus :

$M = \sum_1^8 \frac{(Obs-Théo)^2}{Théo} = 4,187$.Avec le logiciel « R » nous obtenons une p-value de 0,2419.

```
> donnees <- matrix(c(253,96,87,43,34,7,23,10), nrow = 2)
> chisq.test(donnees, correct=FALSE)
```

```
Pearson's Chi-squared test
```

```
data: donnees
X-squared = 4.188, df = 3, p-value = 0.2419
```

Or, notre loi de référence ici est un chi-2 à 3 degrés de liberté, donc le point critique pour un risque à 5% est 7,815. La valeur calculée de M étant inférieure à la valeur critique, nous conservons donc l'hypothèse nulle. **Ainsi, il semblerait que l'âge ne soit pas un facteur influençant la facilité de navigation ressentie dans un univers 3D.**

S'agissant du genre nous obtenons le même type de résultat, nous concluons donc que le genre n'est pas un facteur influençant la facilité de navigation ressentie.

7 La 3D sur les sites marchands peut-elle inciter à choisir d'acheter en ligne ?

Nous utilisons les résultats de la question 13 :

13 Si vous pouviez trouver un produit facilement près de chez vous dans un magasin, pensez-vous qu'un site en 2D ou en 3D pourrait rivaliser avec ce magasin ?

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Oui, certainement	Probablement	Non, probablement pas	Pas du tout	Je ne sais pas
Si le site est en 2D	<input type="radio"/>				
Si le site est en 3D	<input type="radio"/>				

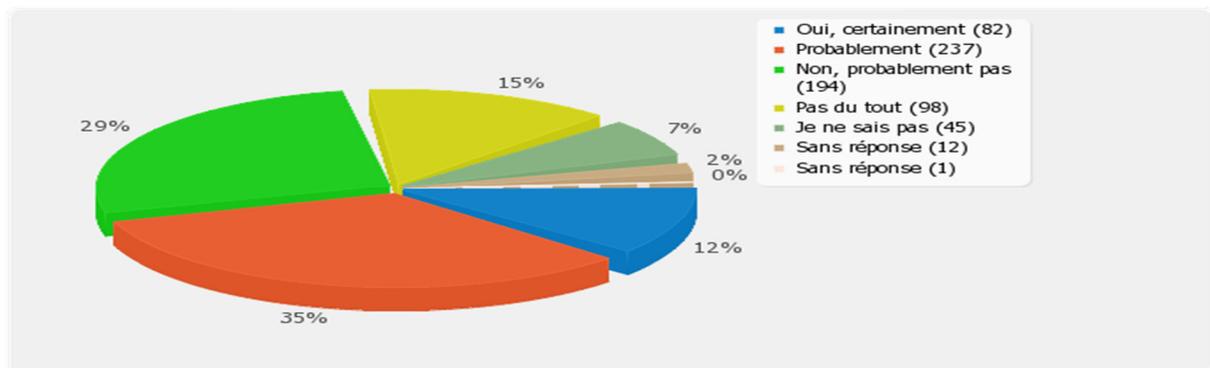


Figure 111 : Résultats pour sites 2D

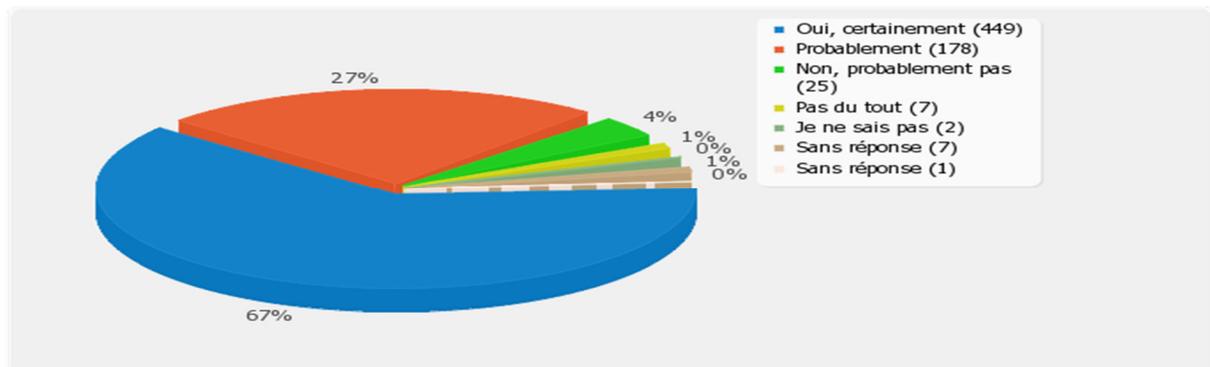


Figure 112 : Résultats pour sites 3D

Deux éléments clés dans ces résultats :

- Avec 67% de « oui, certainement » pour les sites 3D (versus 12% pour la 2D) **l'appétence pour 3D est presque six fois supérieure à celle de la 2D.**
- **Les attitudes vis-à-vis de la 3D semblent beaucoup plus assurées** puisque moins de 2% (versus 9% pour la 2D) des avis exprimés sont « sans opinion » ou « sans réponse ».

Nous pouvons conclure **qu'il y a une réelle attente des consommateurs sur les potentiels de magasins virtuels en 3D**, d'une part face à des sites internet « classiques » en 2D, mais également face à des commerces traditionnels en magasin.

8 Les avantages et les inconvénients des sites 3D perçus par les sondés

S'agissant des avantages :

Une visualisation perçue comme plus naturelle que la 2D (question 2) à une très forte majorité (82% des réponses).

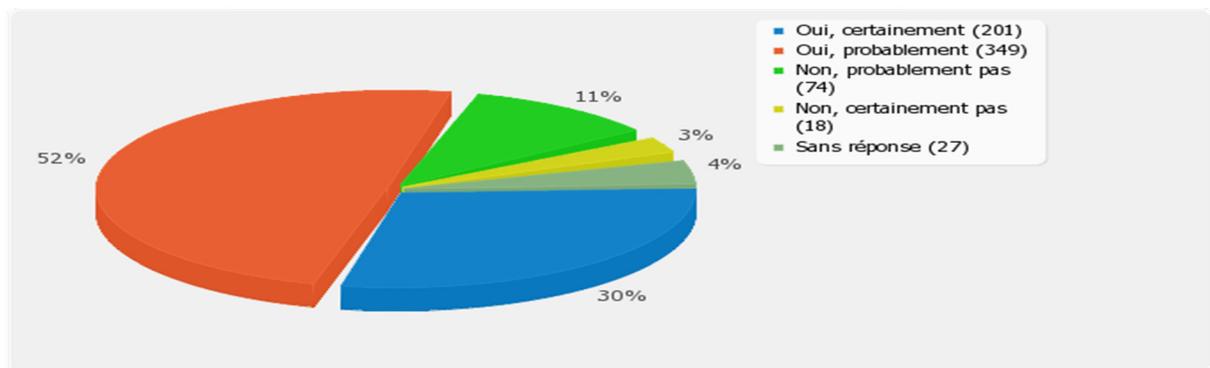


Figure 113 : Perception de la visualisation

Une navigation perçue comme aisée et très aisée à 63% (question 3) mais qui freine tout de même 26% des sondés.

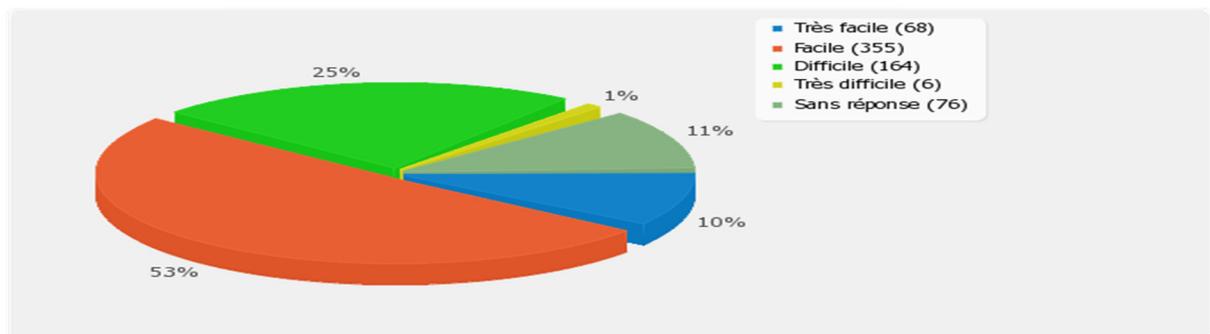


Figure 114 : Perception de la navigation

Sur les avantages que la 3D pourrait apporter (questions 9) :

- le divertissement vient en tête avec 84% des réponses
- la visualisation des produits (zoom, rotation) : 77%
- un shopping plus proche de la réalité : 71%
- et enfin une sensation de liberté en navigation pour seulement 55% des sondés.

On peut voir dans ces réponses que les facteurs d'atmosphère centrés sur le design semblent avoir une influence sur l'attitude positive vis-à-vis d'un site 3D.

S'agissant des principaux inconvénients (question 10) :

- la nécessité de télécharger des logiciels (plugins) vient largement en tête (91%)
- le manque de réalisme des décors et des produits est craint par 61% de l'échantillon.

Les domaines d'applications par ordre de priorité

Domaine	Très intéressant et intéressant	Pas ou peu intéressant	Sans réponse
Immobilier	88%	10%	2%
Hifi électroménager	74%	22%	4%
Mobilier	63%	33%	4%
Voyage	53%	42%	5%
Habillement	50%	44%	6%
Automobile	37%	54%	9%
Alimentaire	32%	61%	7%

9 Conclusions de notre étude quantitative

Rappelons tout d'abord nos trois hypothèses de départ

- Le concept de la 3D sur écran est connu par une majorité d'individus
- Le concept de la 3D sur écran est apprécié par une majorité d'individus
- Les avantages et les inconvénients sont perçus par les internautes

Malgré un échantillon de taille respectable (669 réponses) la sur-représentativité des hommes étudiants de moins de 25 ans ne nous permet pas d'extrapoler nos résultats à l'ensemble de la population française. Toutefois nous pouvons souligner quelques résultats fortement significatifs au sein de notre échantillon.

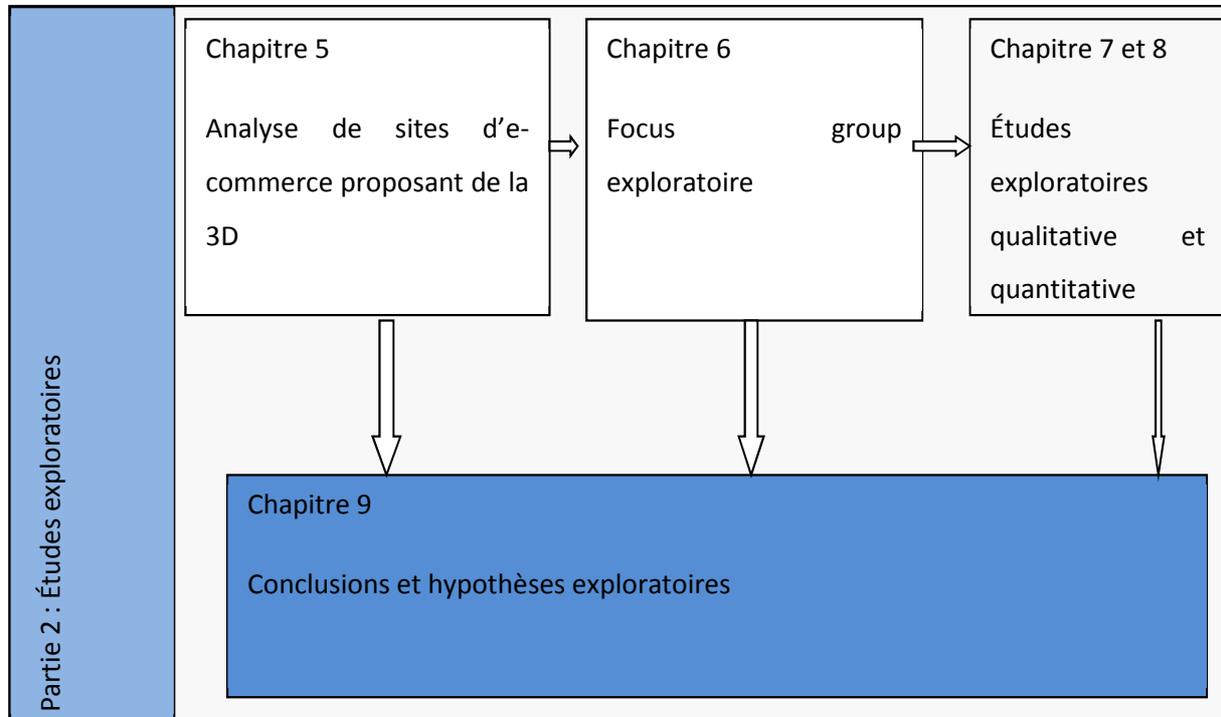
- S'agissant de notre première interrogation nous pouvons y répondre positivement. En effet l'appétence pour cette technologie semble importante. Rappelons ici le concept d'acceptation technologique de Davis²⁶² présenté dans notre état de l'art. Tout comme Davis, nous retrouvons dans nos résultats que **la facilité d'usage perçue et l'utilité perçue ont une influence positive sur les attitudes et les intentions d'usage** (ici éventuellement des achats sur internet en utilisant de la 3D) de nos sondés.
- Vis-à-vis de la seconde hypothèse notre réponse est également positive, le concept et les apports proposés par la 3D sont appréciés par une grande majorité de notre échantillon. Qui plus est l'expérience de la 3D, qu'elle soit ludique (jeux en ligne) ou non (sites web, plans, logiciels...) semble être **un accélérateur d'acceptation**. Nous retrouvons ici des concepts proposés par Adam, Nelson et Todd (1992)²⁶³, Wiedenbeck et Davis (1997)²⁶⁴ qui affirment que l'expérience antérieure avec certain type de système peut être un facteur ayant une influence conséquente sur leur acceptabilité.
- Et enfin les internautes, dans leur grande majorité, perçoivent parfaitement les avantages et les limites de ce concept et sont capables de se projeter dans des domaines (immobilier, habillement) pour lesquels ils ressentent une forte appétence pour utiliser cette 3D.
- Les informations recueillies nous ont également permis de démontrer l'effet **non-significatif de l'âge et du genre** sur la facilité de navigation ressentie.

²⁶² Davis F. D. (1989), Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13, 318-340

²⁶³ Adam D. A., Nelson R. R. et Todd P. A. (1992), Perceived usefulness, ease of use, and usage of information technology: A replication. *MIS Quarterly*, 16, 227-247.

²⁶⁴ Wiedenbeck S. et Davis S. (1997), The influence of interaction style and experience on user perceptions of softwares packages, *International Journal of Human-Computer Studies*, 46,563-588.

Chapitre 9 CONCLUSIONS GLOBALES SUR L'ENSEMBLE DE NOS ETUDES EXPLORATOIRES



1 Introduction

Sur notre sujet, relativement prospectif, nous avons donc mobilisé successivement quatre outils qui nous ont apporté chacun des éléments de réponse à notre étude empirique. Les conclusions globales que nous pouvons en tirer sont les suivantes.

- **Notre étude prospective a démontré que des sites performants existent et, en concordance avec les conclusions de notre état de l'art informatique, se développent.**
- **Les apports de nos études qualitatives démontrent que les utilisateurs ont relevé un certain nombre de facteurs d'atmosphères utilisés dans un environnement 3D et que ces facteurs pourraient avoir une influence sur leur comportement.**
- **Les compléments d'informations apportés par l'étude quantitative ont démontré, sur un échantillon spécifique, que le concept des univers 3D marchand était connu et que les utilisateurs potentiels étaient conscients des avantages et limites de ce concept.**

Les questions plus spécifiques auxquelles nous n'avons pas pu répondre sont donc les suivantes :

- **quels seraient, parmi les facteurs d'ambiance possibles dans un univers 3D, celui ou ceux qui auraient une importance majeure, à l'instar de ce qui est fait dans les magasins physiques et les sites web traditionnels ?**
- **ces facteurs auraient-ils une influence sur les valeurs perçues et le comportement des utilisateurs ?**

2 Conclusions : hypothèses et modèle définitif

Pour la suite de nos travaux nous avons fait le choix de l'utilisation du modèle de Baker (1986), validé par Lemoine (2008) pour adapter et classifier les différentes dimensions d'un site web 3D. Toutefois nous nous focaliserons seulement sur deux des composantes qui sont les facteurs d'ambiance et les facteurs de design. Nous confirmons donc notre choix initial de mettre de côté les aspects sociaux et tout ce qui touche à la représentation du et/ou des individus (avatars) et aux interactions.

Deux raisons à cela :

- *primo* le fait que les deux familles « ambiance » et « design » sont celles qui reviennent le plus souvent dans nos résultats préliminaires comme étant des éléments prégnants ;
- *secundo*, comme souligné antérieurement, pour des raisons de facilité de mise en œuvre. En effet simuler des interactions sociales au sein d'un univers virtuel demanderait beaucoup de ressources qu'elles soient automatisées (*chatbot* = agent conversationnel²⁶⁵) ou humaines (concrétisées par la présence d'autres avatars dans la simulation), ressources difficilement mobilisables dans le cadre d'un « simple » travail doctoral.

Notre sujet se focalisera donc sur l'influence des facteurs d'ambiance et de design dans l'atmosphère d'un site web marchand en 3D.

²⁶⁵ Un agent conversationnel, ou chatbot, est un objet informatique programmé pour échanger avec une personne. Selon le degré de sophistication il est capable d'échanger une série de phrases de façon logique. Un chatbot peut donc être utilisé pour guider et/ou répondre à des questions dans un contexte précis.

Les quatre hypothèses principales proposées à l'issue de nos états de l'art (Partie 1) se déclinent désormais chacune en différentes sous-hypothèses ce qui nous donne au total dix-huit éléments à valider.

H1 : Les composantes expérientielles perçues lors de la visite du magasin 3D influencent positivement l'immersion de l'utilisateur.

Cette hypothèse se décompose en quatre sous-hypothèses :

H1.1 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

H1.2 : La présence spatiale dans un magasin 3D a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

H1.3 : Le contrôle de la navigation dans le magasin 3D a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

H1.4 : L'absorption cognitive a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

H2 : Certaines caractéristiques de l'utilisateur ont une influence positive sur son niveau d'immersion dans un environnement marchand en 3D.

Cette hypothèse se décompose en quatre sous-hypothèses :

H2.1 : Plus l'âge de l'utilisateur augmente, plus il est immergé dans un magasin 3D.

H2.2 : Le genre influe sur l'immersion dans un magasin 3D.

H2.3 : L'expertise informatique a une influence positive sur son niveau d'immersion.

H2.4 : la propension à l'immersion a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

H3 : Le niveau d'immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les valeurs perçues de l'utilisateur.

Cette hypothèse se décompose en deux sous-hypothèses :

H3.1 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur la valeur hédonique.

H3.2 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur la valeur utilitaire.

H4 : Le niveau d'immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les comportements du consommateur.

Cette hypothèse se déclinant en trois sous-hypothèses :

H4.1 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur l'intention d'achat.

H4.2 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur l'intention de revisite.

H4.3 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur le bouche à oreilles.

H5 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits et couleur de signalétique) ont une influence positive sur les valeurs perçues de l'utilisateur.

Cette hypothèse se décomposant en deux sous-hypothèses.

H5.1 : Les composantes de l'environnement 3D étudiées ont un impact positif sur la valeur utilitaire.

H5.2 : Les composantes de l'environnement 3D étudiées ont un impact positif sur la valeur hédonique.

H6 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits et couleur de signalétique) ont une influence positive sur les comportements de l'utilisateur.

Cette dernière hypothèse se décomposant en six sous-hypothèses.

H6.1 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur l'intention d'achat.

H6.2 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur l'intention de revisite.

H6.3 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur le bouche à oreilles.

H6.4 : La présence spatiale à une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

H6.5 : Le contrôle a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

H6.6 : l'absorbtion cognitive a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

Notre modèle de recherche est donc schématisé de la manière suivante :

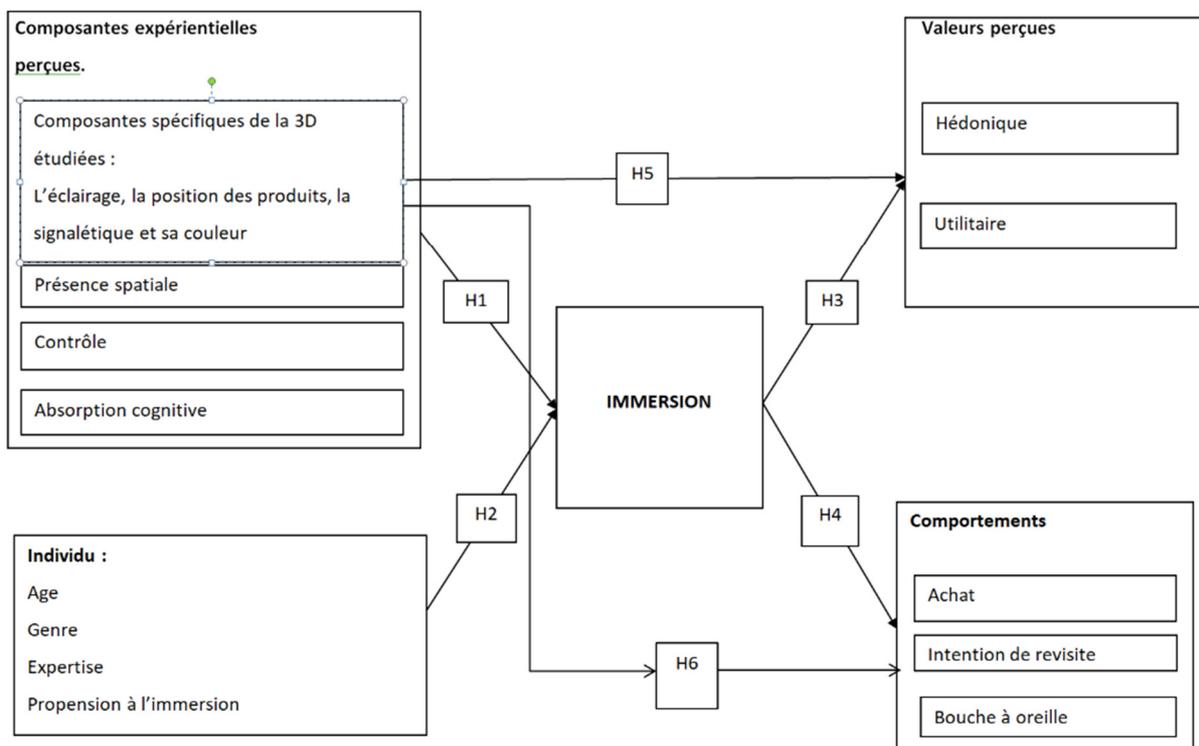


Figure 115 : Modèle de recherche proposé

Pour répondre plus précisément à ces interrogations, nous avons deux possibilités, soit essayer de trouver un ou plusieurs environnements 3D existants dans lesquels nous pourrions tenter de trouver des paramètres différents, soit modéliser notre propre environnement et lui donner les capacités de faire varier les critères que nous cherchions à mesurer.

La première possibilité offrait l'avantage d'une mise en œuvre plus simple et d'un délai plus court, mais nous nous sommes heurtés à trois écueils :

- La difficulté de trouver des sites proposant l'ensemble des paramètres que nous voulions faire varier pour tester nos hypothèses.
- La difficulté de faire varier des paramètres dans un contexte donné. Par exemple la possibilité de faire varier la luminosité d'un site était uniquement proposée par Second Life, et seuls deux choix étaient possibles : jour/nuit.
- Et enfin le risque, non négligeable dans ces périodes d'expansion technologique permanente, de voir un de nos terrain d'expérimentation disparaître avant, ou pendant, l'expérimentation.

La seconde possibilité avait pour inconvénients d'exiger d'importants investissements scientifiques et temporels mais comportait trois avantages majeurs :

- La possibilité de moduler totalement l'ensemble des paramètres relatifs à nos hypothèses.
- La construction d'un univers sur-mesure et potentiellement évolutif (permettant par exemple de tester de futures hypothèses).
- La reproductibilité de nos expérimentations sans risques de voir l'environnement 3D utilisé disparaître.

Dans le cadre de notre travail doctoral, nous avons décidé de choisir cette seconde possibilité afin de garantir une qualité maximale à nos travaux et de mettre en œuvre une étude expérimentale complète. Les chapitres suivants détaillent donc d'une part comment nous avons conçu et développé notre terrain d'étude, et d'autre part le déroulement de notre étude expérimentale dans ce contexte spécifique.

PARTIE 3 : MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES FACTEURS D'AMBIANCE DANS UN MAGASIN 3D.

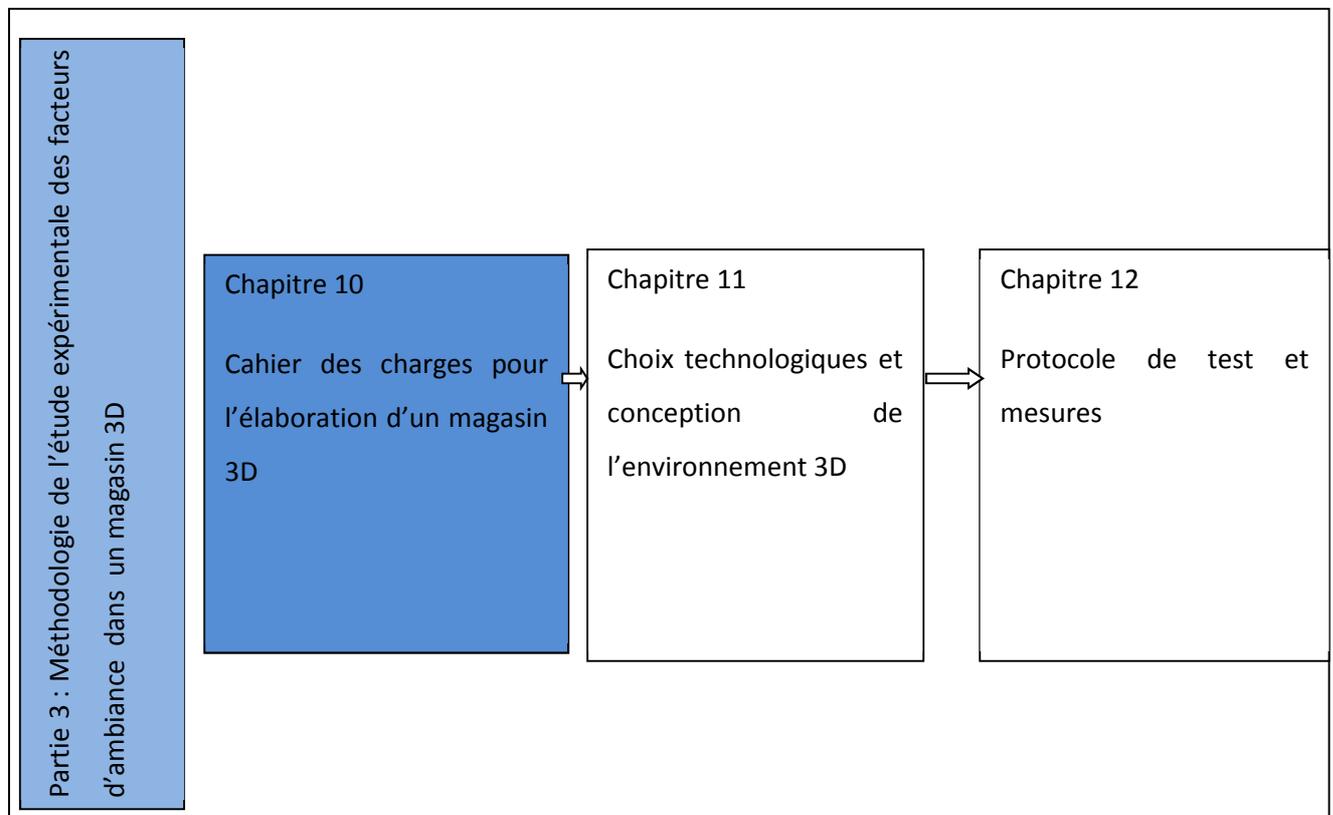
Les résultats des étapes précédentes nous ont donc amenés, approximativement au milieu du travail doctoral, à prendre la **décision de modéliser un environnement de test spécifique** dans lequel nous pourrions faire varier certains paramètres d'ambiance et analyser les conséquences de ces variations sur le comportement et le ressenti des utilisateurs face à ces variations. Nous avons en effet vu lors de nos expérimentations sur des sites existants que nous étions dépendants des fonctionnalités de ces sites pour élaborer nos expérimentations, que nous ne pouvions pas faire varier les paramètres sur un même site (à l'exception de la solution jour/nuit sur Second Life) et que nous ne maîtrisons pas non plus la pérennité de ces environnements (et donc que nous n'avons aucune garantie sur la possibilité de reproductibilité des tests sur une durée suffisante).

Le processus global s'est donc déroulé sur une durée d'environ deux années avec les étapes suivantes :

- élaboration du cahier des charges de l'environnement virtuel ;
- développement informatique du magasin 3D ;
- prises de vue globale et construction des objets interactifs spécifiques ;
- mise au point finale des différents environnements de test ;
- passation des tests auprès d'un échantillon de 42 personnes ;
- traitement des résultats.

Ces différentes étapes sont présentées en détails dans la suite de notre document.

Chapitre 10 CAHIER DES CHARGES DE NOTRE MAGASIN 3D



Afin de préparer la phase de développement informatique du concept de magasin 3D, il nous a été nécessaire **d'élaborer un cahier des charges**. L'objectif de ce document étant de permettre de déterminer les différentes fonctionnalités que le logiciel devra proposer ainsi que le détail de chacune de ses fonctions principales, secondaires et de contraintes.

Ces fonctionnalités concernent la structure du magasin et son architecture mais, plus important encore, les facteurs d'ambiance à tester « luminosité », « facing » et « déplacement ». Au final, il était nécessaire que cet environnement virtuel satisfasse les critères d'ergonomie des sites 3D afin d'être utilisé de façon optimale par nos testeurs.

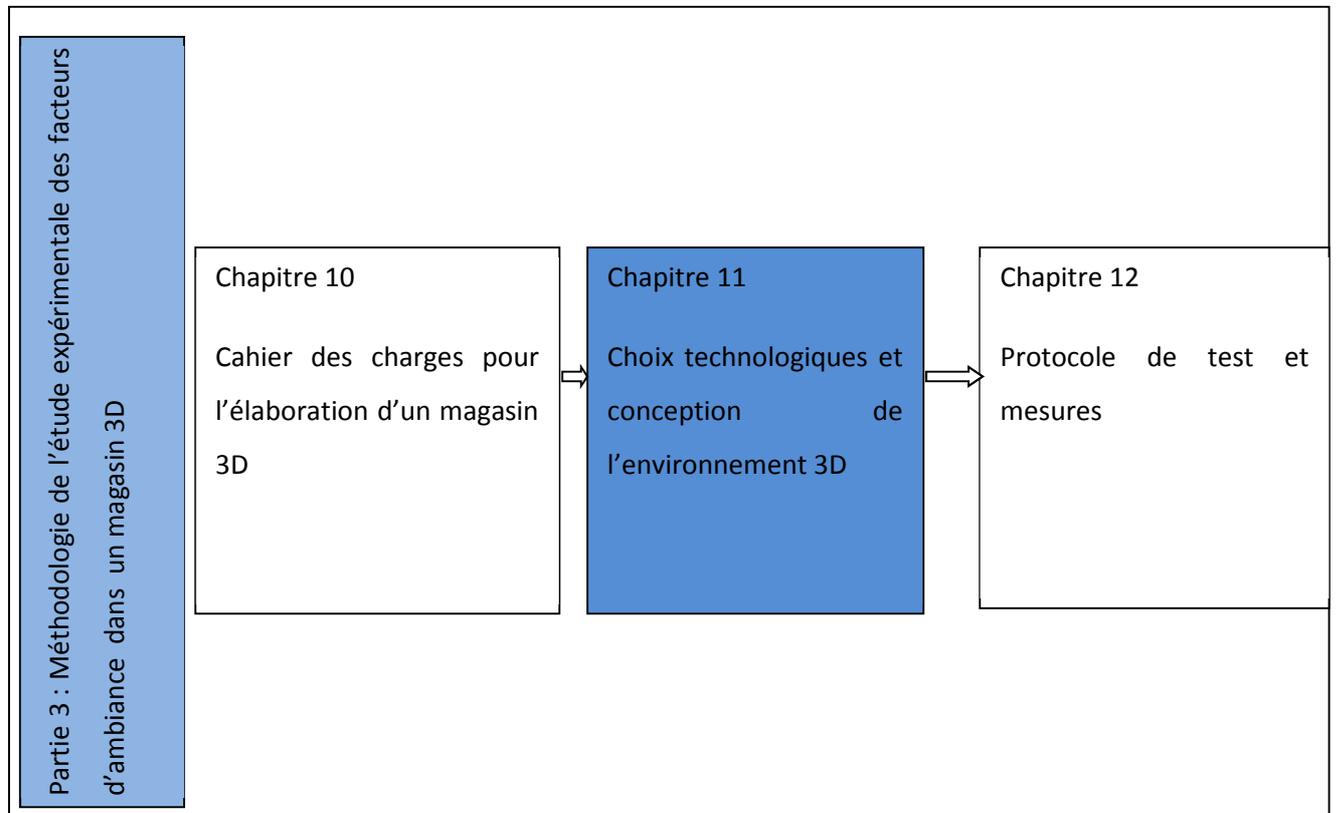
Ce cahier des charges est disponible dans son intégralité en annexe 15. Afin d'alléger le présent document nous avons synthétisé les principaux éléments de nos travaux ci-après.

- L'ensemble des éléments de notre simulation sera un lieu virtuellement fermé. Nous tenons compte ici des remarques faites par nos testeurs dans l'étude exploratoire.

- Afin de faciliter au maximum la comparaison réel *versus* virtuel nous avons fait le choix de reprendre les « codes » des magasins réels tels que l'implantation globale des rayons, le nombre de rayons, les caisses....
- Les éléments modulables seront les facteurs d'atmosphère que nous voulons tester, leurs valeurs (signalétique, couleurs, existence ou non d'éclairage, intensité, individualisation) ainsi que les différentes dimensions du facing, et enfin le COS.
- L'intégralité des fonctionnalités liées à l'utilisateur ont été définies de même avec comme objectif de pouvoir exécuter l'ensemble des tâches envisagées (déplacement, sélection de produit, visualisation 3D du produit, mise en panier, achat).
- Enfin deux modalités de déplacement (classique et survol) devront être possibles et ont été précisément spécifiées.

A l'issue de cette phase de cahier des charges, nous avons donc défini et quantifié les fonctions principales et les fonctions de contraintes de notre projet de magasin ainsi que les exigences de valeur pour la plupart de ces fonctions. L'ensemble de ces données nous permettant, dans la phase suivante, de faire des choix technologiques parmi les nombreuses solutions possibles.

Chapitre 11 CHOIX TECHNOLOGIQUES ET CONCEPTION DU MAGASIN 3D



A partir du cahier des charges, il nous était possible de débiter le développement de l'outil (magasin 3D) qui allait permettre de tester en grandeur nature nos hypothèses. Pour ce faire, il nous a fallu, dans un premier temps, faire des choix technologiques qui soient à la fois **compatibles avec les éléments clés présentés dans notre état de l'art informatique (cf. Chapitre), et permettant de faire varier les facteurs d'atmosphère que nous avons sélectionnés à l'issue de l'état de l'art informatique et de nos travaux exploratoires.**

L'ensemble de ces travaux est disponible en annexe 13 « Choix technologiques et conception de l'environnement 3D ». Afin d'alléger le présent document nous avons synthétisé les principaux éléments de nos travaux ci-après.

En résumé nos choix technologiques se sont portés sur le **logiciel « Unity »** comme outils de conception. Ce logiciel présente l'intérêt d'une grande compatibilité avec de nombreux supports web et consoles, il supporte de nombreux formats et reste relativement accessible en termes de coût de

licence. Pour la visualisation et l'interactivité en 3D nous avons choisi « **3DS Max** » parfaitement compatible avec Unity et nous permettant de réaliser la simulation de nombreux produits du magasin par nous-même.

Les détails de l'**optimisation de notre univers** (lightmapping, LOD, culling...) sont présentés et justifiés en annexe, ils nous ont permis d'élaborer une simulation la plus réaliste possible avec comme objectif que ce réalisme puisse concourir à améliorer l'immersion de nos testeurs.

L'acquisition des données a nécessité un **long travail de prise d'information et de photographies**, travaux que nous avons pu effectuer avec l'accord des dirigeants d'un supermarché local. Grâce à cette base de données, nous avons pu construire notre simulation et ses produits avec une grande précision.

Enfin nous avons fait effectuer une **inspection ergonomique de notre prototype**, en utilisant les critères de Bastien et Scapin (1993)²⁶⁶ ainsi que les critères spécifiques à un environnement virtuel proposés par Bach et Scapin (2005)²⁶⁷. Ces critères, et la justification de leur utilisation pour nos expérimentations, figurent également dans l'annexe « Choix technologiques et conception de l'environnement 3D ».

A l'issue de cette analyse nous avons apporté les modifications nécessaires à notre simulation, avant de débiter nos premiers tests.

Dès lors, nous disposons d'un outil configurable en termes de fonctionnalités à tester (facteurs d'ambiance), disponible sur un ordinateur dans la salle de test du laboratoire LOUSTIC de TÉLÉCOM Bretagne.

Nous avons donc configuré trois magasins différents en vue de construire un protocole de test robuste. Le détail de ces expérimentations fait l'objet du chapitre suivant.

Soulignons que, dans notre expérimentation, nous avons pris le soin d'utiliser la vue subjective, parfois appelée FPS dans les jeux vidéo (First Person Shooter). Cette vision de l'univers virtuel est directe, c'est-à-dire qu'il n'y a aucune représentation du testeur présentée à l'écran, il s'agit de donner aux

²⁶⁶ Bastien J.M.C. et Scapin D.L. (1993). *Critères Ergonomiques pour l'Évaluation d'Interfaces Utilisateurs* (version 2.1). Technical report, 156, May 1993. INRIA. Programme 3 : Artificial intelligence, cognitive systems, and man-machine interaction.

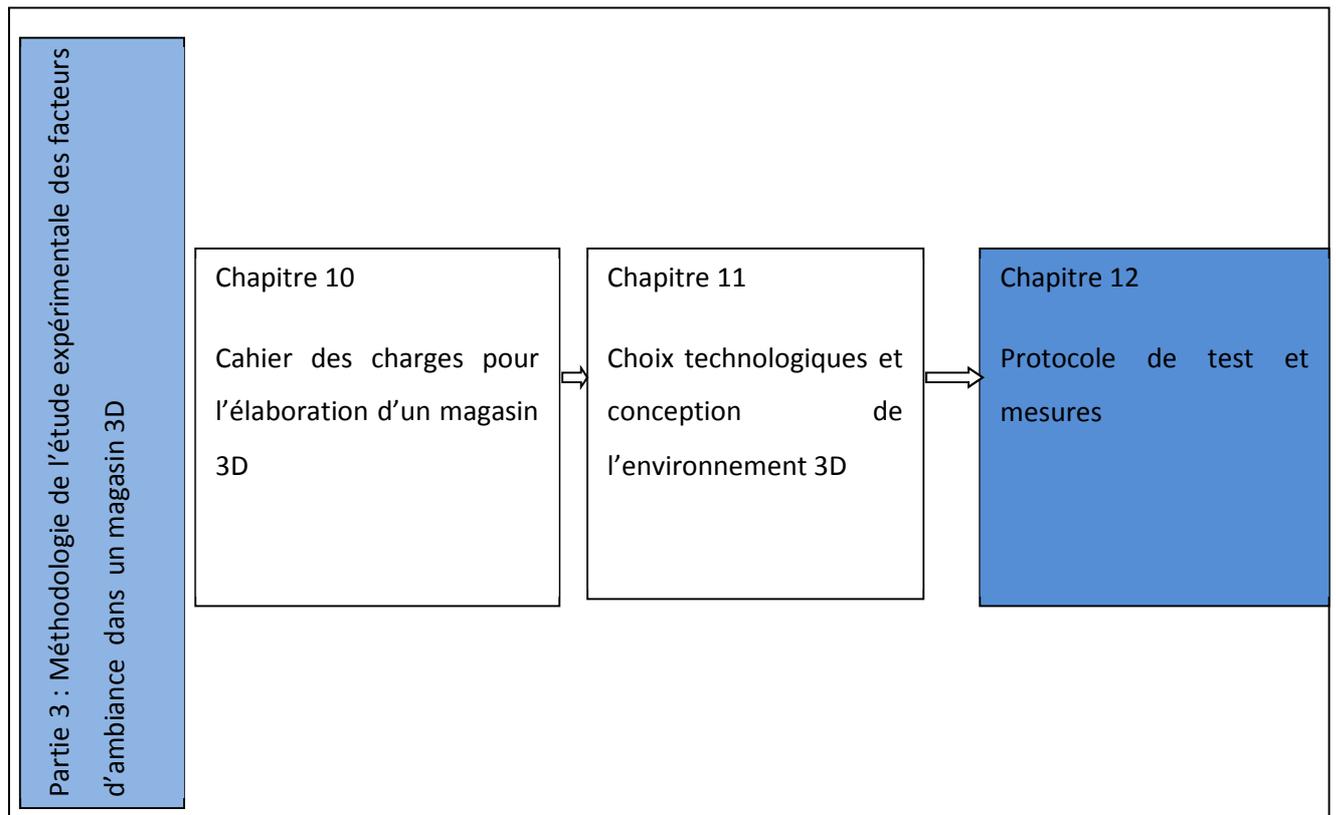
²⁶⁷ Bach C. et Scapin D.L. (2005). *Critères Ergonomiques pour les Interactions Homme - Environnements Virtuels : définitions, justifications et exemples*. [Research Report] RR-5531.

testeurs la vision la plus proche de la réalité. L'objectif était là encore de permettre à nos testeurs de mieux s'immerger, en se détachant d'un avatar auquel ils pourraient éventuellement avoir du mal à s'identifier pleinement (Grimshaw, 2011²⁶⁸).

Il est à noter enfin que ce travail, fort conséquent en termes d'investissement, a fait l'objet d'une manifestation d'intérêt d'un Institut de Recherche Technologique français (B.Com) en 2016 et est susceptible de se voir prolonger vers une déclinaison en réalité virtuelle, voire des applications industrielles ou grand public.

²⁶⁸ Grimshaw M., Charlton J. P., Jagger R. (2011), First-Person Shooters: Immersion and Attention. *Eludamos. Journal for Computer Game Culture*, 5 (1),29-44.

Chapitre 12 PROTOCOLE DE TEST ET MESURES



1 Acquisition, mesure et traitement des données

1.1 Principes et fonctionnement de la méthode d'acquisition vidéo-oculographique

Le système est composé de six briques spécifiques ayant chacune un rôle distinct :

- La source infrarouge, installée devant sujet, va émettre une lumière infrarouge en direction du centre de la pupille de l'observateur. Cette lumière va être réfléchiée par la cornée et captée par deux capteurs situés de part et d'autre de la source.
- Les capteurs qui permettent d'enregistrer (filmer) les données physiologiques de l'œil et de les transformer en un courant électrique. Ce sont deux caméras qui sont dirigées vers les deux pupilles de l'observateur. Elles sont situées entre cet observateur et l'objet analysé, par exemple un écran, un livre ou une activité spécifique (visite de musée, conduite...). Chaque caméra a un rôle spécifique, celle de gauche (en regardant l'écran) est focalisée principalement sur les pupilles alors que celle de droite filmara davantage le visage dans sa globalité.
- Le moniteur asservit le capteur et met en forme le courant électrique.

- La carte d'acquisition assure la conversion du courant électrique en données informatiques (octets).
- La mémoire stocke et traite les données informatiques.
- Un logiciel de traitement et d'analyse des données.



Figure 116 : Emetteur infrarouge et caméras de l'eyes tracker « Face LAB 5 » du Laboratoire LOUSTIC Brest devant un ordinateur de test.

Notons au passage que la miniaturisation de plus en plus importante des composants électroniques a permis de proposer des chaînes de mesure vidéo-oculographique de plus en plus simples à mettre en œuvre, jusqu'à pouvoir les installer sur des lunettes.



Figure 117 Eyes tracker mobile SMI du Laboratoire LOUSTIC Brest

1.2 Protocole de mise en œuvre

L'outil utilisé au sein du laboratoire Loustic est commercialisé par la société SeeingMachine, il est composé du matériel d'acquisition (une source de lumière infrarouge et deux caméras), d'un ordinateur (monitoring, acquisition, stockage) et d'un logiciel : « faceLAB » (traitement des données).

La première partie du protocole de mesure consiste en une **calibration du matériel**. Cette calibration effectuée à l'aide d'une mire doit être réalisée deux fois par jour avant le début de chaque série

d'expériences. Elle consiste à valider la position, l'angulation et le parallélisme des deux caméras afin de garantir une mesure de qualité. La durée de cette calibration est d'environ une dizaine de minutes.

La seconde partie du protocole est une **calibration individuelle** effectuée pour chaque testeur. D'une durée variant entre 5 et 10 minutes, cette calibration permet d'optimiser les réglages logiciels et matériels en fonction des caractéristiques du regard et du visage de chaque personne. Elle se déroule en deux sous-parties :

La première sous-partie consiste à optimiser les mesures obtenues en fonction des caractéristiques du visage de chaque individu. Pour effectuer cette calibration il est demandé au sujet de fixer le centre de l'écran pendant que l'on prend une photographie de son visage et de ses yeux à l'aide des deux caméras. À partir de ces photographies l'interface du logiciel va proposer de valider la position de l'iris et plus globalement la position des yeux, du nez, de la bouche et des différentes parties du visage. L'opérateur va pouvoir effectuer une validation des points de référence détectés automatiquement ou les corriger manuellement. Avec l'ensemble de ces données le logiciel va donc créer un référentiel de coordonnées spécifiques à chaque testeur permettant ensuite de restituer à la fois le suivi du regard en lui-même mais également la position et l'angulation de la tête de chaque individu.

La seconde sous-partie de la calibration individuelle va permettre d'optimiser la précision avec laquelle la mesure va être effectuée et de mesurer la distance interoculaire (écart entre les deux pupilles pour chaque testeur). Pour cela, on présente au participant une succession de neuf points à fixer deux à trois secondes, ces points étant répartis sur l'ensemble de l'écran. En fonction des résultats obtenus le logiciel va s'auto adapter afin d'optimiser les mesures et de garantir un suivi oculaire dans plus de 90 % des situations.

Ce système a pour avantage de proposer une mesure relativement écologique puisque la tête du participant reste libre de tout mouvement (absence de mentonnière). Par conséquent, des angulations de l'ordre de 35° de part et d'autre de l'axe restent possibles ce qui, dans le cadre de notre expérience où le champ visuel est uniquement concentré sur un écran situé face à l'observateur, sera largement suffisant pour couvrir la quasi-totalité des possibilités.

1.3 Mesures

Dès lors que le sujet est en place et que le matériel de mesure est opérationnel l'expérience en elle-même peut se dérouler. Les mesures sont effectuées en continu tout au long du scénario. L'utilisation d'un logiciel tel que faceLAB va permettre de capter en temps réel un certain nombre de

caractéristiques qui nous intéressent telles que les mesures oculaires, la direction du regard et le positionnement de la tête du sujet.

1.4 Traitement

La superposition des résultats obtenus avec les informations visualisées par le sujet (pour nos travaux ce sera le parcours virtuel réalisé au sein du magasin 3D) va nous permettre d'infirmer ou non un certain nombre de nos hypothèses comme par exemple la hauteur du regard du sujet ou encore l'influence de la couleur de la signalétique. Là encore l'utilisation de logiciels adéquats (Facereader, Facelab) nous permet d'optimiser cette tâche autant que possible.

2 Plan d'expérience

Afin de tester l'ensemble de nos hypothèses, nous avons développé trois magasins différents et chaque individu de notre échantillon a été immergé dans un de ces trois magasins une trentaine de minutes environ. Ces trois magasins différaient donc la signalétique et l'éclairage.

2.1 Configurations des facteurs d'ambiance (variables à tester)

Signalétique : 3 modalités Sig1 Sig2 et Sig3

Du fait de la configuration logicielle la signalétique (couleur du fond et des lettres) ne peut pas changer en cours d'expérience par exemple à l'issue d'une tâche. Nous ne testerons donc qu'une couleur de signalétique par testeur pour l'ensemble de l'expérience et sur tout le magasin.

Eclairage additionnel : trois modalités : E0, E1 et E2

E0 : pas d'éclairage additionnel (tous les produits sont donc éclairés de façon identique par l'éclairage d'ambiance du magasin).

E1 : éclairage d'ambiance plus éclairage additionnel sur la colonne de GAUCHE de produits SIMILAIRES

E2 : éclairage d'ambiance plus éclairage additionnel sur la colonne de DROITE de produits SIMILAIRES

Exemple de test de modalité « éclairage » : Le testeur arrive devant le rayon des chocolats. Les chocolats sont disposés verticalement, chaque type de tablette de chocolat est présenté sur deux colonnes. Dans ce magasin, la colonne gauche est sur-éclairée et sa voisine non. Les différentes

tablettes que nous avons prises en photo sont disposées de la même façon afin de donner une homogénéité visuelle au rayon.

2.2 Hauteur de facing :

Le nombre d'étagères varie en fonction du type de produits (de sa taille) mais l'objectif est de pouvoir mesurer (avec l'eyes tracker) si le regard est attiré ou non par la partie des rayons située au niveau du regard tout comme dans un magasin réel.

Cinq hauteurs de rayon semblent être le minimum, à la fois pour être dans une configuration proche de la réalité et pour obtenir des résultats « lisibles ». Les modalités varient selon les types de produits que nous demandons de choisir. Les appareils photos et les téléphones portables étant des cas à part puisque placés seulement sur trois niveaux. L'objectif était également de pouvoir, *apostériori* être en mesure de détecter et d'analyser trois niveaux de regard : « haut », « milieu » et « bas ».

2.3 Plan d'expérience

Le plan d'expérience a donc nécessité la construction de trois magasins légèrement différents qui ont été testés aléatoirement sur une population de 42 individus à parité homme/femme.

L'attribution d'un scénario à un individu a été définie de façon aléatoire selon le tableau suivant :

	Scénario 1 : 14 personnes	Scénario 2 : 14 personnes	Scénario 3 : 14 personnes
Tâche 1	Sig1 E0	Sig2 E2	Sig3 E1
Tâche 2	Sig1 E0	Sig2 E1	Sig3 E2
Tâche 3	Sig1 E0	Sig2 E2	Sig3 E1
Tâche 4	Sig1 E0	Sig2 E1	Sig3 E2
Tâche 5	Sig1 E0	Sig2 E2	Sig3 E1
Tâche 6	Sig1 E0	Sig2 E1	Sig3 E2

Chaque tâche correspond à un produit que les testeurs doivent trouver dans le magasin, choisir parmi les différentes marques proposées celle qui lui convient, sélectionner un produit, éventuellement l'observer en 3D, et au final le mettre dans un panier virtuel. À l'issue de cette étape, la tâche suivante s'affiche à l'écran (exemple : « allez chercher un dentifrice »). Afin de rendre la simulation la plus attractive possible, et de faire circuler les testeurs dans l'ensemble du magasin virtuel, nous avons sélectionné un certain nombre de produits dans différents rayons du magasin. Normalement l'enchaînement du choix de ces produits ne nécessitait qu'un nombre restreint de déplacements dans la simulation. En effet, conformément aux recommandations ergonomiques (cf. Annexe : « Choix technologiques et conception de l'environnement 3D »), nous avons choisi ces produits comme

faisant partie d'un parcours logique pour lequel le produit suivant sur la liste est relativement proche du produit qui vient d'être mis dans le panier, évitant ainsi les allers-retours dans la simulation.

2.4 Conditions d'expérimentation

L'ensemble des tests a été effectué sur une durée d'environ trois mois dans les locaux du Laboratoire LOUSTIC de Télécom Bretagne. Ce laboratoire dispose de deux pièces contiguës utilisées pour nos tests, une salle à ambiance contrôlée dans laquelle étaient installés nos testeurs et une salle de régie séparée de la première par une vitre sans tain. Le contact sonore entre les deux salles étant assuré par un système de micros/haut-parleurs. Un certain nombre de précautions techniques ont été prises à fin d'assurer une qualité de mesure optimale.

- La salle où se déroulait l'expérimentation bénéficiait **d'une température contrôlée de 21 degrés Celsius**. En effet, comme nous l'avons vu dans notre état de l'art physiologique, dès lors que l'on s'intéresse à l'activité électrodermale il est nécessaire que les sujets ne puissent pas être influencés par d'éventuelles variations de température de leur environnement.

- De la même façon **l'éclairage de la salle était un éclairage artificiel et régulé** afin de pouvoir bénéficier tout au long du test d'une lumière contrôlée, régulière et similaire pour l'ensemble des testeurs. Les rideaux des fenêtres de la salle de test étaient donc fermés en permanence afin que la variation de la lumière naturelle ne puisse pas modifier l'éclairage de la pièce et avoir une éventuelle influence sur les mesures oculométriques.

- Et enfin la **luminance générée par le magasin a été régulée en amont** (lors de la conception), afin que les changements de cette luminance ne soient pas trop importants lors des tests. Cette régulation permet d'éviter de brusques réactions pupillaires, pouvant par la suite être interprétées comme des réactions physiologiques, alors qu'elles ne seraient en fait dues qu'à une réaction à la variation de l'intensité de la luminance de l'écran.

2.5 Scénario général

Voici le schéma général des principales étapes de l'expérimentation :



2.6 Scénario détaillé

- Accueil, signature du consentement, explications

Les participants sont accueillis par quelques mots de bienvenue standardisés (voir en annexe le « Guide d'accueil ») puis installés dans un canapé situé dans la salle d'expérimentation. Il leur est ensuite demandé de remplir et de signer un accord d'utilisation de données (voir en Annexe). L'expérimentateur leur fournit ensuite une explication complète du déroulement du test ainsi qu'une présentation succincte des outils qui sont utilisés. L'idée est ici de dédramatiser l'utilisation de la technologie **afin de réduire le niveau de stress potentiellement généré** par ce type de test appareillés.

- Première partie du questionnaire

Lorsque cette présentation terminée, et après avoir validé que le testeur n'a pas de questions particulières, on lui propose alors de remplir la première partie d'un questionnaire (administré sur un

ordinateur). Il s'agit, en préliminaire, d'apprécier le niveau d'expertise du testeur quant à l'utilisation des technologies de l'information. Pour élaborer cet outil nous avons utilisé le logiciel libre « Lime survey » qui permet de préparer et d'analyser des questionnaires en ligne. Le sujet alors est laissé seul dans la salle afin qu'il puisse remplir au calme les différentes rubriques de ce questionnaire. L'existence d'une vitre sans tain entre la salle d'expérimentation et la régie du laboratoire Loustic permet de savoir quand la personne a terminé cette première partie du questionnaire.

- Phase de mise en place du matériel

L'expérimentateur rejoint alors à nouveau le sujet et l'installe devant l'ordinateur qui servira test du magasin 3D. Le placement des capteurs physiologiques est alors effectué.

- Capteur électrodermal : on positionne tout d'abord, sur la main non directrice, l'électrode qui permettra de mesurer l'activité électrodermale. Grâce au retour en régie, on vérifie en direct que le signal est correctement capté. Il est également demandé au sujet de ne pas trop bouger cette main non directrice durant l'expérience. Comme nous l'avons vu dans l'état de l'art, les mouvements peuvent en effet apporter un signal parasite qui rendra plus difficile l'analyse des résultats obtenus.
- Capteur oculométrique : Comme nous l'avons présenté en début de chapitre les deux calibrations (matérielle et individuelle) sont effectuées à ce stade. Cette étape doit absolument être couronnée de succès avant de passer à l'étape suivante sous peine de ne pas pouvoir utiliser les mesures ainsi obtenues.

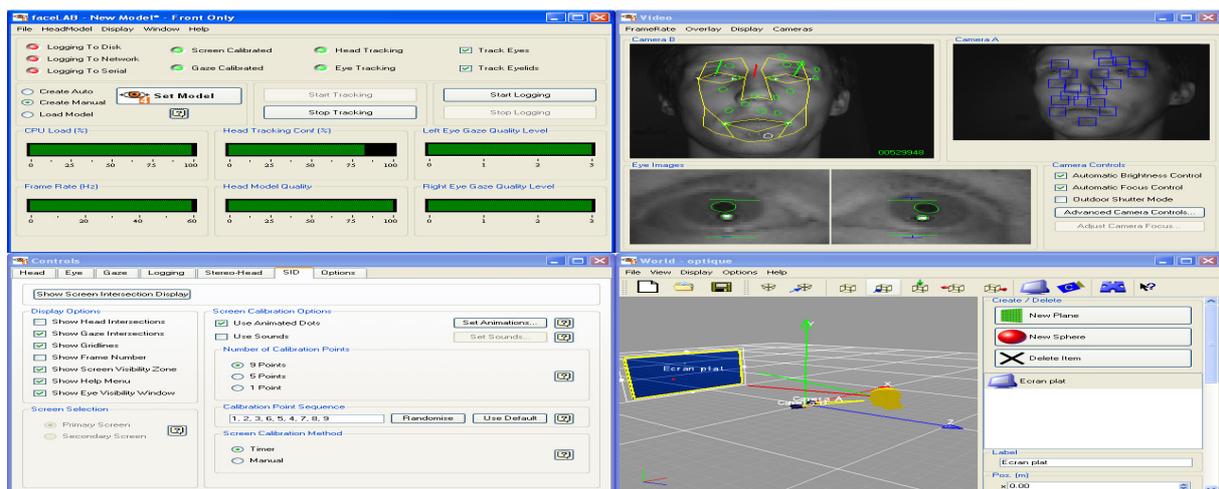


Figure 118 : exemple de calibration sur un testeur

- On présente enfin une fiche d'instruction (voir en annexe), fixée sur la table à gauche de l'écran. Cette fiche présente les différentes fonctionnalités de la souris et du clavier et pourra

être consultée par le testeur durant l'expérience. Le regard sur cette fiche est également calibré afin de pouvoir par la suite détecter si elle a été consultée durant la visite virtuelle.

- Initiation via un magasin 3D de « mise en jambes »

Lorsque la calibration est terminée on propose aux testeurs quelques minutes d'utilisation des interfaces afin de les familiariser avec l'environnement virtuel qu'ils vont avoir à utiliser. Il leur est donc demandé d'utiliser un premier magasin virtuel que nous qualifions de magasin de « mise en jambe ». Cet environnement de test dispose du même design et des mêmes fonctionnalités que le magasin qui sera utilisé pour l'expérience, mais il comporte moins de rayons. Il est demandé au testeur de se déplacer dans les différents rayons de ce premier magasin, puis de choisir parmi quelques DVD. Ces produits sont interactifs il lui sera donc possible de les « rapprocher virtuellement » en les sélectionnant et en actionnant la molette de la souris. Avec les flèches du clavier, il peut également les faire tourner en trois dimensions pour lire la jaquette du DVD, et une fenêtre de l'écran permet de sélectionner le produit choisi pour remplir son caddie virtuel. Cette période de « mise en jambe » a deux objectifs :

- Familiariser le testeur avec les différentes modalités de déplacement et de sélection (clavier, souris).
- Faire retomber un éventuel pic de stress face à un objet qui ne serait pas parfaitement maîtrisé par le testeur et obtenir ainsi une situation normale tant au niveau de la sudation qu'au niveau du regard. Ceci est d'autant plus important que c'est ensuite cette situation physiologique qui nous servira de base pour nos mesures, nous utiliserons le terme de « base-line ».

Le sujet est ensuite à nouveau laissé libre de sa visite virtuelle pendant quelques minutes jusqu'à ce qu'il manifeste par lui-même auprès de l'expérimentateur sa maîtrise de l'outil et des modalités de déplacement à l'intérieur de ce premier magasin virtuel de « mise en jambe ». Afin, là aussi, ne pas générer de stress il est recommandé que l'expérimentateur quitte la salle dès que la maîtrise de l'ergonomie du site semble acquise par l'utilisateur et qu'il est autonome. La majorité des individus ont passé quatre à cinq minutes dans ce magasin.

- Test : parcours dans le magasin 3D de l'expérimentation

Lorsque le sujet manifeste sa maîtrise de l'environnement de mise en jambes, l'expérimentateur revient dans la salle d'expérimentation et intervient alors sur l'ordinateur du testeur pour lancer le programme du magasin à utiliser (numéro du magasin choisi selon l'ordre du plan d'expérience). Dès lors que ce magasin s'affiche à l'écran, le testeur est laissé seul dans la pièce, un interphone relié directement à la régie permettant d'écouter ses commentaires et éventuellement d'intervenir si une aide s'avérait nécessaire.

Au commencement de sa visite virtuelle le testeur va se retrouver dans une configuration où il est placé à l'extérieur d'un supermarché. Face à lui deux logos : « Super U » et « Télécom Bretagne », son premier objectif est donc de se déplacer vers l'entrée de ce magasin et de pénétrer à l'intérieur. A partir de cet instant précis, les différentes tâches à accomplir vont s'afficher successivement en haut et à gauche de son écran de visualisation dès lors que la tâche précédente est remplie :

- Tâche 1 : aller choisir un appareil photo puis un téléphone mobile, les mettre dans le panier virtuel.
- Quand les deux articles précédents sont dans le panier, affichage d'un chronomètre et de l'instruction suivante : « aller acheter un pain de savon ». Lorsque cet article sera sélectionné le chronomètre disparaît. Le but de ce chronomètre est de vérifier si, lorsqu'une pression temporelle est mise sur le testeur, celui-ci utilise davantage la signalétique.
- Tâche 2 : choix et mise en panier d'un pain de savon.
- Tâche 3 : choix et mise en panier d'un dentifrice
- Tâche 4 : choix et mise en panier d'un cosmétique pour homme.
- Tâche 5 : choix et mise en panier d'une tablette de chocolat aux noisettes et au lait de marque « Super U ».

Quand cette dernière tâche a été réalisée l'indication « fin » apparaît à l'écran accompagné du commentaire : « vous pouvez vous diriger vers les caisses ».

- Seconde partie du questionnaire et entretien final

Le responsable du test rejoint alors le sujet, puis après avoir déconnecté le capteur d'activité électrodermale et l'eye tracker, il lui propose de remplir la seconde partie du questionnaire en le laissant seul à nouveau. Lorsque ce questionnaire est terminé l'expérimentateur débute un entretien de débriefing (voir « Guide d'entretien » en annexe) pour lequel il demande au sujet l'autorisation d'enregistrer (en audio uniquement). A l'issue de ce dernier entretien, le protocole de test est terminé et l'on remercie le sujet.

3 Recueil des informations

Le recueil des informations a donc été réalisé en utilisant trois outils : un **questionnaire en deux parties, des mesures physiologiques et un entretien**. Pour construire notre questionnaire nous nous sommes bien entendu appuyés sur l'ensemble des résultats de notre état de l'art marketing (Chapitre 2). Plus spécifiquement, nous avons utilisé les travaux de Charfi et Volle²⁶⁹ sur la valeur perçue et le comportement en ligne en état d'immersion, en reprenant certaines des échelles qu'ils proposent.

3.1 Le questionnaire

L'enquête par questionnaire constitue le mode de recueil de données le plus utilisé dans la recherche en gestion (Thiéart, 2007)²⁷⁰. Elle permet d'interroger des individus de manière directe, au moyen de questions fermées ou semi-fermées. Grâce à ce type d'outil il est possible d'envisager d'analyser des échantillons de taille importante (jusqu'à plusieurs milliers d'individus) permettant ensuite d'établir des relations statistiques ou des comparaisons chiffrées (Thiéart, 2007). Il emprunte des formes structurées pour le recueil et la collecte de données (Giannelloni et Vernet, 2001)²⁷¹.

Notre questionnaire est composé de deux volets :

- un premier volet qui sera administré avant l'expérimentation
- un second qui sera administré après l'expérimentation et l'entretien.

Ce questionnaire a été élaboré et mis en ligne sur l'intranet de Télécom Bretagne en utilisant le logiciel « Lime Survey ».

Nous allons détailler ci-après ces deux volets en précisant entre parenthèses les numéros des questions qui leurs sont liés.

Premier volet

C'est un volet descriptif ayant pour objet de mieux connaître l'individu au travers de questions standards afin de déterminer les caractéristiques des utilisateurs : âge, genre, profession, opinion sur

²⁶⁹ Charfi A.A. et Volle P. (2011), Valeur perçue et comportements en ligne en état d'immersion : Le rôle modérateur de l'implication et l'expertise, *Actes du 27ème Congrès international de l'Association Française du Marketing*, Bruxelles, 18-20 Mai.

²⁷⁰ Thiéart R. A. (1999), *Méthodes de Recherche en Management* ; 2007, 3ème édit., Paris, Dunod.

²⁷¹ Giannelloni J.L. et Vernet E. (2001), *Etudes de marché*, Vuibert, 2é Edition.

revenus et niveau d'expertise (Q1 à Q4). Il nous permettra également de comparer le déclaratif *a priori* (exemple : la tendance à l'immersion) avec le déclaratif *a posteriori* voire même de comparer avec certains éléments mesurés par nos capteurs.

Le niveau d'expertise sera observé au travers d'une succession de questions :

- son rapport avec les jeux (Q5 à Q8)
- le matériel dont il dispose au quotidien (Q11)
- son niveau d'utilisation d'internet (Q12)
- son niveau d'achat sur internet (Q13 à Q16)

Cette première partie est également composée de trois questions relatives à la propension de l'individu à l'immersion (questions 8, 9 et 10). Ces questions sont extraites de l'échelle ITQ/F (Robillard *et al.*, 2003)²⁷² qui est une version francophone validée du questionnaire « Immersive Tendencies Questionnaire » de Witmer et Singer, 1998²⁷³. Trois dimensions sont analysées dans notre questionnaire : « involvement », « focus » et « games ».

Second volet

Il est quant à lui divisé en trois sous parties.

La première sous- partie est composée de différentes dimensions de l'étude qui vont être mesurées sur une échelle de Likert. Cette échelle d'évaluation permet au répondant d'indiquer son opinion ou son attitude pour chaque proposition. A chaque item, est associée une échelle en sept points qui forment un continuum entre un pôle négatif (pas du tout d'accord) et un pôle positif (tout à fait d'accord). Considérée comme une variable d'intervalles, cette échelle est traditionnellement la plus utilisée en psychologie. Elle offre un traitement statistique de qualité et une grande richesse de l'analyse (Evrard, Pras et Roux, 2009). Dans cette première sous-partie les dimensions observées sont les suivantes :

Le comportement

- L'intention d'achat

²⁷² Bouchard S., Robillard G. et Renaud P. (2002). Validation canadienne-française de deux mesures importantes en réalité virtuelle: L'Immersive Tendencies Questionnaire et le Presence Questionnaire. *Poster ITQ 2002*.

²⁷³ Witmer B. G. et Singer M.J. (1998), Measuring presence in virtual environments : A presence questionnaire, *Presence* 7.3, 225–240.

Putrevu et Lord (1994)²⁷⁴ proposent une échelle d'intention d'achat qui comporte uniquement un item :

- « J'achèterai des produits sur ce site Web »(Q19.7)

Le répondant exprime son degré d'accord ou de désaccord sur le fait d'acheter ultérieurement un produit repéré pendant la visite qu'il vient d'effectuer. Cette échelle a fait ses preuves dans l'étude du commerce en ligne (e.g. Kekeff et Webster, 2006)²⁷⁵.

- L'intention de revisite

Pour mesurer l'intention de revisite du magasin 3D nous avons utilisé l'échelle mono-item de Supphellen et Nysveen (2001)²⁷⁶ :

- « Je visiterai ce site Web à nouveau » (Q19.8 et Q43).

Cette échelle a été validée dans diverses recherches antérieures (e.g. Hong et Kim, 2004²⁷⁷ ; Florès et al., 2008²⁷⁸).

- Le bouche-à-oreille

²⁷⁴ Putrevu S. et Lord K. R. (1994), Comparative and Noncomparative Advertising: Attitudinal Effects under Cognitive and Affective Involvement Conditions, *Journal of Advertising*, 23 (2), 77-90

²⁷⁵ Kekeff M. et Webster C. (2006). Perceived Risk and Attitudes towards Purchasing Music Online. *In Australian and New Zealand Marketing Academy Conference* (pp. 1-7). Australia: ANZMAC

²⁷⁶ Supphellen M. et Nysveen H. (2001). Drivers of intention to revisit the websites of well-known companies, *International Journal of Market Research*, 43 (3), 341-352.

²⁷⁷ Hong S. et Kim J. (2004). Architectural criteria for website evaluation – conceptual framework and empirical validation, *Behaviour & Information Technology*, 23 , 5.

²⁷⁸ Florès L., Muller B., Agrebi M. et Chandon J.L. (2008). Impact des sites de marque: effets de la visite et apports des outils relationnels, *Revue Française du Marketing*, 4/5(204), 57-69.

Le bouche à oreille traditionnel joue un rôle majeur dans le processus de décision des consommateurs (Richins et Root-Shaffer, 1988²⁷⁹). Il est mesuré par trois items selon l'échelle de Zeithaml, Berry et Parasuraman (1996)²⁸⁰:

- « Je parlerai en bien de ce site à mon entourage » (Q19.10)
- « Je recommanderai ce site à ceux qui me demanderont conseil » (Q19.11)
- « J'encouragerai mes proches et amis à visiter ce site ». (Q19.9)

Cette échelle a été traduite selon la méthode du comité, préconisée par Vallerand (1989), qui consiste à faire appel à des chercheurs spécialistes du domaine et parfaitement bilingues pour la traduction (Belaid Fehri et Temessek Behi, 2005)²⁸¹.

La valeur perçue

Pour mesurer la valeur perçue, nous avons utilisé l'échelle de Babin, Darden et Griffin (1994)²⁸² telle qu'elle a été adaptée, traduite et réduite par Cottet et Vibert (1999)²⁸³. Cette échelle est composée de cinq items.

Deux items mesurent la valeur utilitaire :

- « J'ai trouvé exactement les produits ou les informations dont j'avais besoin » (Q18.1)
- « J'ai fait exactement ce que j'avais prévu de faire » (Q18.2)

Trois items expriment la valeur hédonique :

²⁷⁹ Richins M. L. et Root-Shaffer T. (1988), "The Role of Evolvement and Opinion Leadership in Consumer Word-Of-Mouth: an Implicit Model Made Explicit", *Advances in Consumer Research* Volume 15, eds. Micheal J. Houston, Provo, UT : Association for Consumer Research, 32-36.

²⁸⁰ Zeithaml V.A., Berry L.L. et Parasuraman A. (1996), The behavioral consequences of service quality, *Journal of Marketing*, 60, 31-46

²⁸¹ Belaid Fehri D, et Temessek Behi A, (2005), Une comparaison de trois échelles de mesure de la fidélité au service, *Actes du 19ème Congrès de l'Association française de Marketing*, Nancy.

²⁸² Babin B. J., Darden W. R. et Griffin M. (1994), Work and/or fun : Measuring hedonic and utilitarian shopping value, *Journal of Consumer Research*, 20, 644-656

²⁸³ Cottet P. et Vibert F. (1999), La valorisation hédonique et/ou utilitaire du shopping dans le magasin d'usine, *Actes du 15ème Congrès de l'Association Française du Marketing*, Strasbourg, 93-116

- « ça m'a permis de me changer les idées » (Q18.3)
- « J'ai ressenti le plaisir de la découverte » (Q18.4)
- « En dehors des informations ou des produits que j'ai trouvé, visiter ce site web a été un plaisir ». (Q18.5)

L'immersion

Parmi les différentes définitions de l'immersion nous avons choisi celle issue des travaux de Fornerino, Helme-Guizon et Gotteland (2008)²⁸⁴ : « *un état d'activité intense dans lequel le consommateur se trouve quand il accède pleinement à l'expérience* ». L'échelle de mesure associée a été élaborée par ces auteurs dans le contexte d'une expérience cinématographique. Leurs conclusions montrent que cet instrument de mesure présente des qualités psychométriques satisfaisantes. Trois environnements cinématographiques sont considérés afin de s'assurer de la robustesse des outils de mesure et de mettre en évidence des variations d'intensité des variables et de la force des liens. L'échelle de mesure de l'immersion ainsi obtenue est composée de six items :

- « La visite du site m'a fait oublier mon environnement immédiat » (Q18.9).
- « Le site a créé un monde nouveau qui a brutalement disparu à la fin de la visite » (Q18.10)
- « Par moments, j'ai perdu conscience de ce qui m'entourait » (Q18.11)
- « Pendant la visite, mon corps était devant l'écran mais mon esprit était dans le monde créé par le site » (Q18.12)
- « Le site m'a fait oublier les réalités du monde extérieur » (Q19.1)
- « Pendant la consultation du site, ce qui s'était passé avant la visite ou ce qui se passerait après ne comptait plus » (Q19.2)

²⁸⁴ Fornerino M., Helme-Guizon A. et Gotteland D. (2008), Expériences cinématographiques en état d'immersion : effets sur la satisfaction, *Recherche et Applications en Marketing*, 23, 3, 93-111.

Le contrôle perçu

Pour mesurer le contrôle comportemental perçu, c'est-à-dire la perception des individus de leur capacité à réussir dans un comportement donné, nous avons ensuite utilisé l'échelle préconisée par Azjen (1991)²⁸⁵. Cette échelle comporte pour les produits que nous demandons de choisir les items suivants :

- « Le choix d'un téléphone a été compliqué » (Q18.6),
- « Il m'a été difficile de trouver le bon dentifrice » (Q18.8),
- « Il a été difficile de choisir un shampoing » (Q18.7).

L'absorption cognitive et le flow

L'absorption cognitive est « un état de l'implication profonde ou une expérience holistique que l'individu a avec la technologie de l'information » (Agarwal et Karahanna, 2000)²⁸⁶. Elle est enracinée dans la psychologie et représente la dérivée de deux concepts étroitement liés : l'état de flow (Csikszentmihalyi, 1990)²⁸⁷ et l'engagement cognitif de Webster et Hackley, (1997)²⁸⁸.

En considérant le flow comme les compétences d'une personne auxquelles elle fait appel dans une activité donnée et leurs perceptions de l'enjeu de cette activité, la méthode d'échantillonnage des expériences proposée par Csikszentmihalyi utilise des échelles de mesure appropriées pour mesurer ces deux aspects que nous allons essayer d'adapter dans le contexte des sites virtuels. Parmi ces échelles de mesures, on trouve le Dispositional Flow Scale (Jackson *et al.*, 2002)²⁸⁹, le Flow-Kurzskala

²⁸⁵ Ajzen I. (1991), The theory of planned behaviour. *Organizational behaviour and human decision processes* 50: 179-211.

²⁸⁶ Agarwal R. et Karahanna E. (2000), Time Flies When You're Having Fun: Cognitive Absorption and Beliefs About Information Technology Usage, *MIS Quarterly*, (24: 4)

²⁸⁷ Csikszentmihalyi M. (1990), *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, Harper and Row, New York.

²⁸⁸ Webster J. et Hackley P. (1997), Teaching Effectiveness in Technology-Mediated Distance Learning, *Academy of Management Journal*, (40:6), 1282-1309

²⁸⁹ Jackson S.A. et Marsh H.W. (1995), Development and validation of a scale to measure optimal experience: The Flow State Scale, *Journal of Sport and Exercise Psychology*

(FKS) (Rheinberg *et al.*, 2003)²⁹⁰ et le Flow State Scale (FSS) (Jackson *et al.*, 2002, 2006 ; Fournier *et al.*, 2007)²⁹¹. Mais seule la méthode FSS a été traduite et validée en français (voir les deux annexes « Flow State Scale » et « Flow State Scale en français »). Toutefois, et afin de limiter le nombre de questions, nous avons choisi de n'utiliser que le concept synthétique de l'absorption cognitive pour lequel Agarwal et Karahanna ont identifié cinq dimensions :

- La dissociation temporelle
- L'immersion ciblée ou l'engagement total, où d'autres demandes attentionnelles sont, pour l'essentiel, ignorées.
- la curiosité
- le contrôle
- la jouissance accrue, capturant l'aspect agréable de l'interaction

Les deux dernières dimensions étant déjà observés au travers d'autres échelles nous ne conserverons que les trois premières parties de l'échelle de Agarwal et Karahanna correspondant à :

- la dissociation temporelle : « le temps semble passer plus vite dans le magasin » (Q19.4),
- l'immersion ciblée : « on est absorbé dans ce que l'on fait » (Q19.5), « On est facilement distrait par d'autre attention » (Q19.6),
- La curiosité : « le magasin suscite l'imagination » (Q19.3).

La deuxième sous-partie

Elle correspond à l'intégralité du questionnaire de présence « Slater Usuh Steed Questionnaire », plus couramment dénommé « SUS » de Slater *et al.* (1994)²⁹². Tout comme l'ITQ ce questionnaire adapté

²⁹⁰ Rheinberg F., Vollmeyer R. et Engeser S. (2003), *Die Erfassung des Flow-Erlebens* (fr : "Capture de l'expérience de flow"), in Stiensmeier-Pelster J., Rheinberg F. (Eds.), *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept* (Tests und Trends N.F. Bd. 2), Göttingen, Hogrefe, 261-279

²⁹¹ Fournier J., Gaudreau P., Demontond-Behr P., Visioli J., Forrest J. et Jackson S.A. (2007) : French translation of the Flow State Scale-2: Factor structure, cross-cultural invariance, and associations with goal attainment, *Psychology of Sport and Exercise*

²⁹² Slater M., Usuh M. et Steed A. (1994), Depth of presence in virtual environments, *Presence-Teleoperators and Virtual Environments* 3.2, 130-144.

en français en 2002 au Canada par Robillard *et al.* ²⁹³. Il est composé de 6 questions, chaque réponse étant évaluée à partir d'une échelle à 7 points (questions 20 à 25) l'ensemble des résultats permettant d'évaluer la présence spatiale ressentie. Rappelons que la présence spatiale est le sentiment d'être dans un environnement considéré comme réel. Les auteurs identifient les trois notions suivantes comme étant des marqueurs de la présence spatiale :

- Le sentiment d'être là (i.e. dans l'environnement virtuel) ;
- dans quelle mesure l'environnement virtuel devient la réalité de l'utilisateur ;
- et enfin dans quelle mesure l'expérience dans l'environnement virtuel est remémoré comme étant un lieu que l'utilisateur a visité et non simplement vu.

L'idée conductrice sous-jacente aux trois marqueurs de la présence précédents est que, si un utilisateur ressent un sentiment de présence spatiale, alors l'environnement virtuel a été perçu comme un environnement réel. Plus globalement, les auteurs soulignent que le sujet se considère comme étant dans un univers soit réel soit virtuel mais en aucun cas entre les deux.

Nous avons choisi de présenter ce questionnaire sous une forme verticale afin d'éviter la lassitude que peut provoquer l'échelle de Likert utilisée précédemment.

Et enfin la troisième sous partie se concentre sur le scénario

Cette partie est composé de divers types de question (fermées, semi ouvertes, échelle). Chacune de ces questions permet d'observer une variable associée au scénario (c'est-à-dire les variables sur lesquels on a agi). Ainsi on retrouve des questions sur :

- la taille des rayons (Questions 26 à 28),
- sur la luminosité (Questions 31 et 32)
- la signalétique (Questions 29 et 30).

On retrouve également des questions permettant d'observer des réactions propres à l'individu :

²⁹³ Robillard G. et al. (2002), Validation canadienne-française de deux mesures importantes en réalité virtuelle : l'Immersive Tendencies Questionnaire et le Presence Questionnaire, Poster, 25e congrès annuel de la Société Québécoise pour la Recherche en Psychologie (SQRP), Trois Rivières, Novembre.

- sur l'intérêt de l'individu pour expérience (Q35 et Q43)
- l'observation de la perte de notion de temps, au travers d'une question sur le temps qu'a duré l'expérience que l'on couplera avec le temps réel pour observer les différences (a paru plus long, moins long ...). Selon les études de Hägni *et al.* (2007)²⁹⁴ il existe une corrélation entre la perception du temps écoulé lors d'une expérience et le sentiment de présence et/ou le degré d'implication dans la tâche à réaliser. Plus ce temps est estimé court, plus intense est le sentiment de présence (Q40).
- sur satisfaction / impression de l'expérience (Q37, 39 et 43)
- et enfin sur sa fréquentation ultérieure de ce type (Q43).

3.2 Les mesures physiologiques

Comme nous l'avons développé dans notre état de l'art physiologique, un certain nombre d'éléments peuvent être pris en compte pour évaluer les variations de l'attention des testeurs. Nous avons donc mis en place un protocole de mesures physiologiques (regard et AED) nous permettant d'obtenir une masse d'informations objectives lors du déroulé de l'expérimentation, et ce pour chacun de nos participants.

3.3 Entretien final

A l'issue de la réponse individuelle à ce questionnaire nous avons effectué un entretien de conclusion avec chaque participant. Le guide de cet entretien figure en annexe. L'objectif était de recueillir des données permettant ensuite d'effectuer une analyse de contenu classique selon la définition proposée par Berelson (1952)²⁹⁵ comme étant « une technique de recherche pour la description objective, systématique et quantitative du contenu manifeste de la communication ».

²⁹⁴ Hägni K., Eng K., Hepp-Reymond M., Holper L., Keisker B., Siekierka E. et Kiper D. C. (2007). The effect of task and ownership on time estimation in virtual environments. *Presence*, 145–150.

²⁹⁵ Berelson B. (1952), *Content analysis in communication research*, Glencoe, The Free Press.

PARTIE 4 : RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

L'ensemble de nos mesures a donc été constituée par la somme des éléments suivants (obtenus pour chacun des 42 sujets) :

Des éléments que nous avons qualifiés de « subjectifs » qui sont issus de trois outils traditionnels :

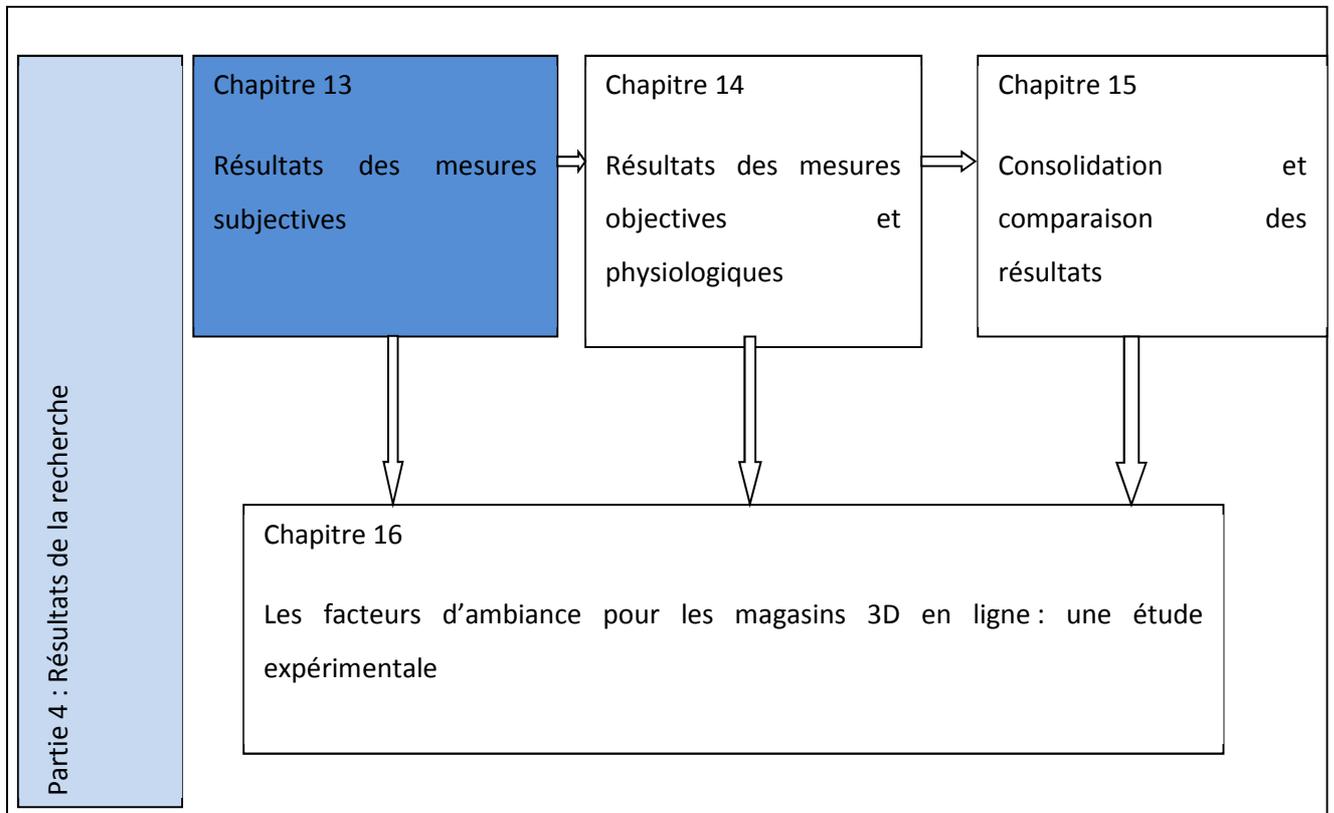
1. Un questionnaire administré avant l'expérience, questionnaire à visées descriptives permettant de connaître la composition de notre échantillon et ses éventuelles affinités vis-à-vis de notre problématique ;
2. un questionnaire administré après l'expérience permettant de valider nos hypothèses en utilisant des outils statistiques ;
3. des entretiens individuels menés à l'issue de l'expérience.

Des éléments psychophysiologiques constitués par :

- Les enregistrements vidéo du visage des testeurs réalisés à partir des caméras de l'oculomètre ;
- les enregistrements oculométriques de ce qui avait été effectivement regardé par les testeurs dans le magasin qu'ils avaient respectivement visité ;
- la conductivité électrodermale mesurée.

Dans cette quatrième et dernière partie nous allons donc analyser successivement les résultats des deux ensembles de données puis comparer ces deux ensembles entre eux et enfin conclure sur ce que ces résultats apportent comme éclairages sur notre recherche doctorale.

Chapitre 13 RESULTATS DES MESURES SUBJECTIVES



1 Description et analyse de l'échantillon de nos testeurs

Recruté sur la région de Brest (29) à la fois par annonce et par la méthode dite de la « boule de neige », notre échantillon est constitué de 42 personnes. Les informations détaillées présentées ci-dessous sont issues du dépouillement du questionnaire auto-administré avant l'expérience. Sont concernées les questions 1 à 16 incluses. Le recueil de données a été effectué via le logiciel d'enquête en ligne « lime-survey », les traitements et analyses ont ensuite été réalisés en utilisant les logiciels « Excel » et « R ».

1.1 Le genre

Grâce à un recrutement organisé, nous avons pu obtenir un recrutement à quasi-parité sur le genre puisque nous avons 20 femmes (48%) et 22 hommes (52%) dans notre échantillon.

1.2 L'âge

Nous avons également tenté de d'obtenir *a priori* une assez bonne répartition des âges de nos testeurs. Les âges vont en effet de 16 à 64 ans avec une moyenne de 40,11 ans et l'écart-type est, logiquement, relativement élevé puisqu'il est de 15,15 ans. Grâce à ce recrutement nous pouvons considérer que notre échantillon est représentatif de l'âge moyen de la population française estimé à 40,8 ans en 2014 (source INSEE / « Estimation des populations, décembre 2014 »).

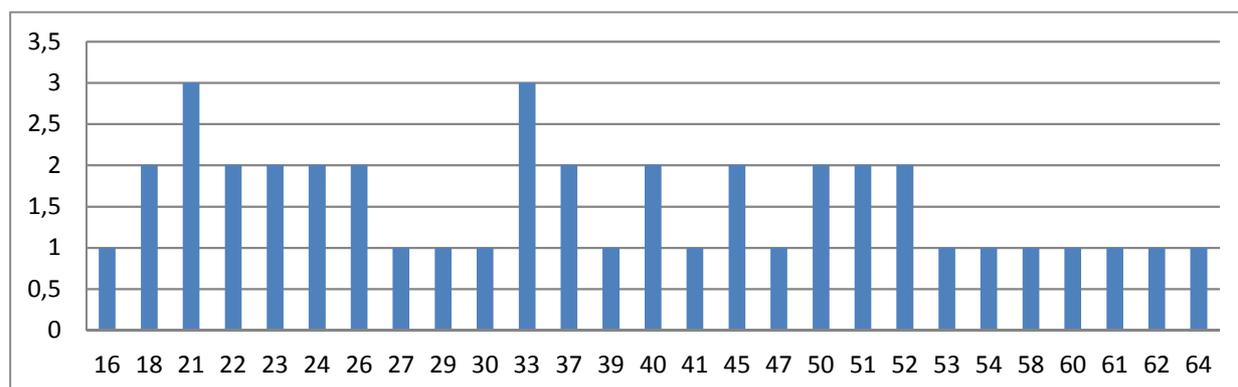


Figure 119 : Répartition des âges au sein de notre échantillon

1.3 PCS (Professions et Catégories Sociales)

Notre échantillon possède deux sous-populations surreprésentées, d'une part celle des cadres et d'autre part celle des étudiants.

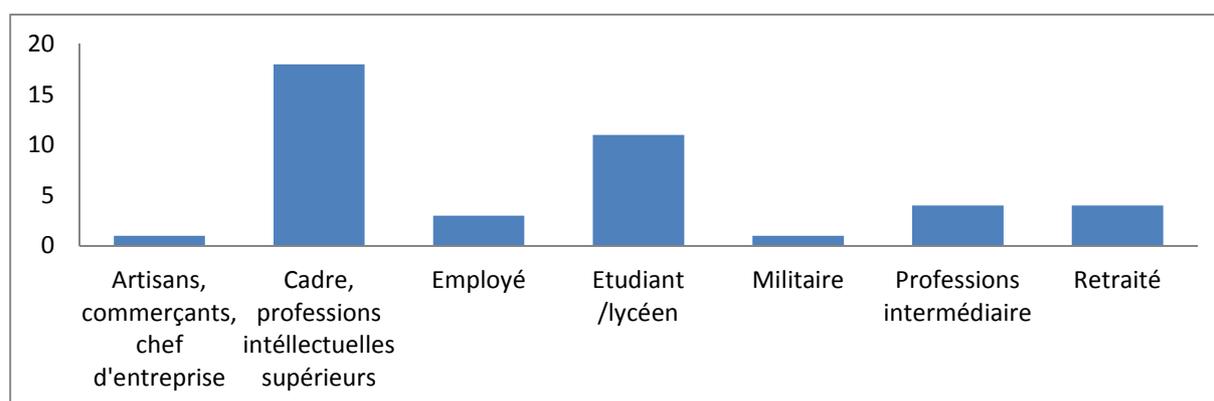


Figure 120 : Répartition des PCS au sein de notre échantillon

1.4 Niveau de vie

Notre étude ne nécessitant pas de lien direct avec le niveau quantitatif de revenu, nous avons choisi de nous limiter à la perception du niveau de vie, perception très majoritairement satisfaisante pour notre échantillon. Nous pouvons, à ce stade, émettre l'hypothèse que la forte représentativité des PCS supérieures, présentée ci-dessus, explique en grande partie les résultats suivants.

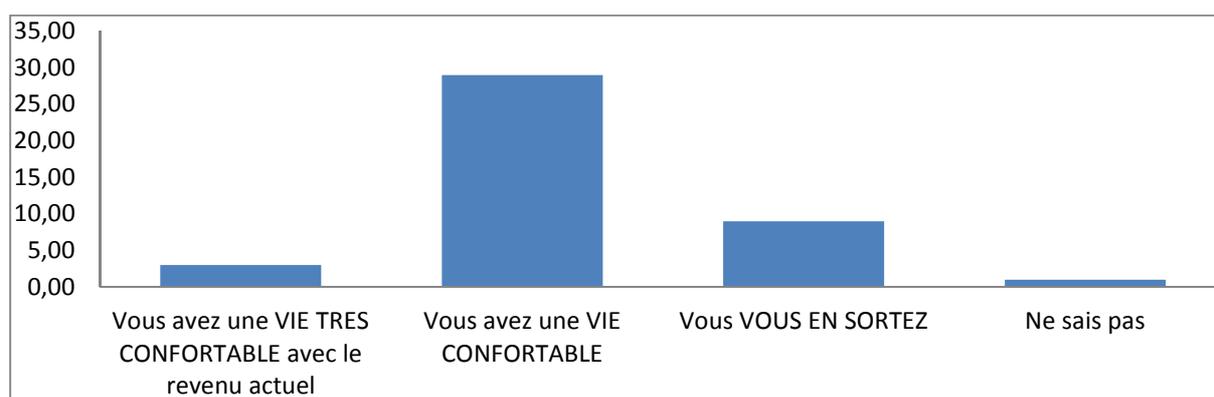


Figure 121 : Sentiment du niveau de vie au sein de notre échantillon

1.5 Jeux et supports numériques utilisés

Notre échantillon est constitué de personnes moins joueuses que la moyenne française sur des supports numériques puisque 23 personnes sur 42 (soit 54%) jouent. Ces chiffres sont à comparer aux résultats de l'enquête TNS-SOFRES d'octobre 2015²⁹⁶ qui donne un pourcentage de joueurs supérieur (73%) sur la population française des plus de 15 ans. Le support privilégié pour notre échantillon est le « classique » ordinateur (17 personnes) puis le smartphone (14 personnes) loin devant les consoles (9 adeptes) et les tablettes (3 personnes). A comparer également avec les résultats de la même enquête de TNS-SOFRES qui donne bien l'ordinateur comme premier support (67%) mais positionne les consoles, au lieu des smartphones de nos testeurs, au second rang (54%).

Un seul de nos testeurs se déclare gros joueur (plus de 30 heures par semaine), trois personnes déclarent une dizaine d'heures. Si l'on enlève ces individus, la moyenne hebdomadaire de jeu sur

²⁹⁶ Les pratiques de consommation de jeux vidéo des Français, Centre National du cinéma et de l'image animée, octobre 2015, disponible en ligne sur le site : ww.cnc.fr

supports numériques des autres joueurs est de moins de deux heures (1h45) ce qui est relativement faible si on la compare aux 2h03 de la population française.

1.6 Potentiel immersif

Ce potentiel est mesuré par trois questions (8, 9 et 10) dont nous avons cumulé les résultats.

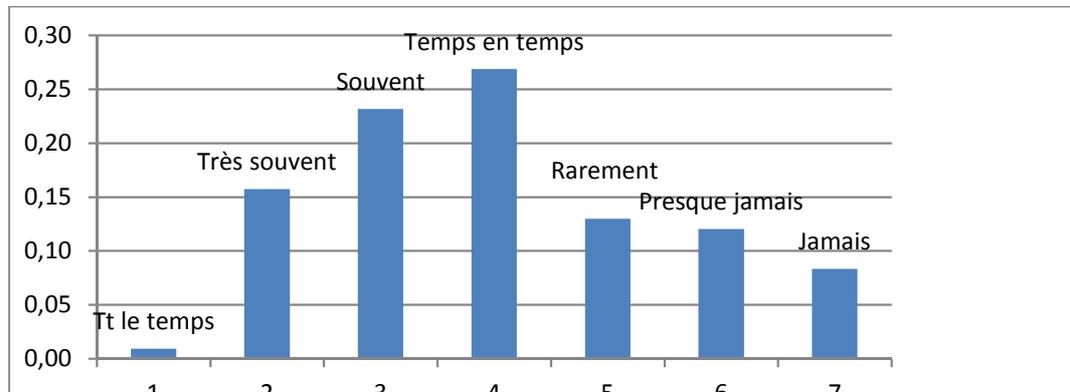


Figure 122 : Potentiel immersif déclaré par notre échantillon

Notre échantillon se déclare comme ayant une tendance légèrement plus forte à l'immersion. En effet, 40% des réponses cumulées sur les trois questions mesurant cette tendance sont pour le « souvent » et plus. Environ un tiers des personnes sont neutres (réponse « de temps en temps »), et enfin 33% des réponses se positionnent sur des items de non-absorption avec une répartition assez équitable entre les trois réponses possibles. Nous verrons ultérieurement (validation des échelles utilisée) si cette mesure est exploitable. Ceci pourra également être comparé aux scores post-expérience sur l'immersion.

1.7 Utilisation quotidienne d'internet

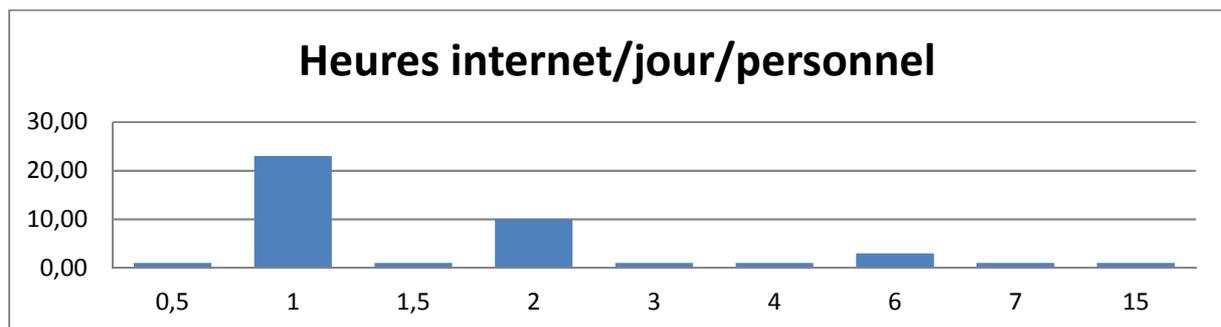


Figure 123 : Nombre d'heures d'utilisation quotidienne d'internet pour les besoins personnels.

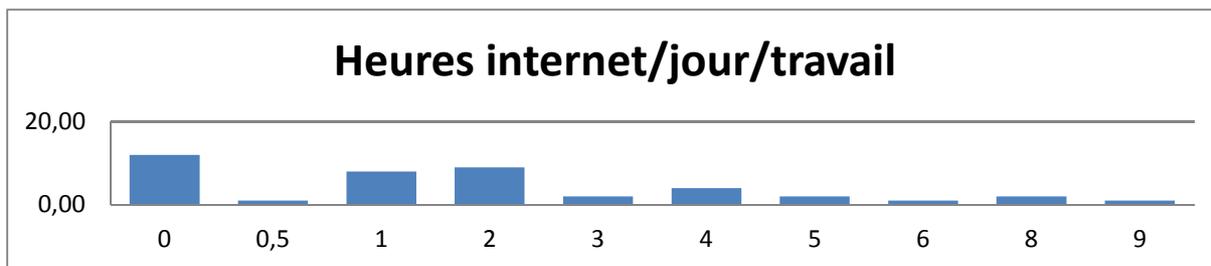


Figure 124 : Nombre d'heures d'utilisation quotidienne d'internet pour les besoins professionnels.

Douze personnes n'utilisent pas internet au travail (4 individus étaient retraités dans notre échantillon). Sur le cumul des deux pratiques (personnelle et professionnelle), la moyenne quotidienne est de 4,33 heures. En 2015, les français étaient sur internet 3,9 heures depuis un PC et 1,9 heure depuis un mobile²⁹⁷ soit 5.8 heures au total. **Notre échantillon est donc moins utilisateur d'internet que la moyenne française.**

1.8 Achats sur internet

Quarante de nos testeurs (sur 42) ont déjà effectué un achat sur internet, mais leurs comportements sont très différents. En effet, la répartition est très linéaire, même si elle est centrée sur une moyenne de 11,8 achats par an, avec un écart-type (reflet de la diversité des comportements) très élevé $\sigma = 11.27$.

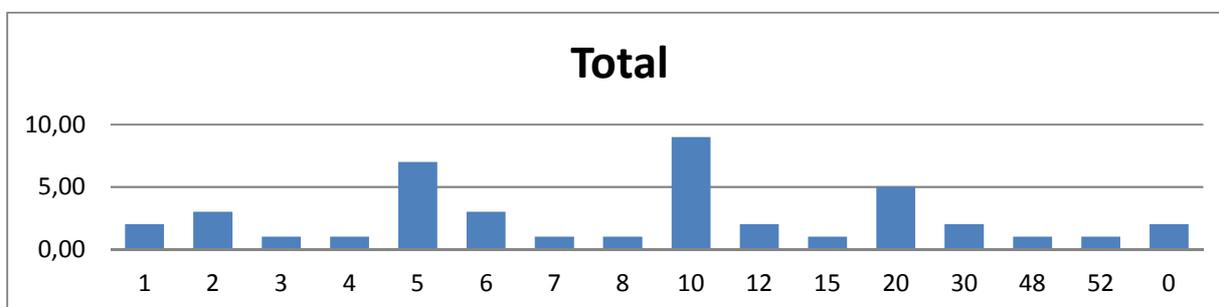


Figure 125 : Nombre d'achats annuels moyens effectués par internet au sein de notre échantillon

Ces chiffres sont à comparer aux 28 achats annuels réalisés par 36.6 millions de français ayant acheté au moins une fois sur internet en 2016 (source FEVAD)²⁹⁸.

²⁹⁷ <https://wearesocial.com/fr/etudes/digital-social-mobile-les-chiffres-2015> consulté le 13.08.2016

²⁹⁸ http://www.fevad.com/wp-content/uploads/2017/06/Chiffres-Cles-2017_BasDef.pdf consulté le 25.08.2017

Au niveau du type d'achat (question 15), on retrouve par contre une répartition assez calquée sur les résultats français de 2016, avec en tête les produits d'habillement et de mode, puis les produits culturels, l'alimentation se retrouvant en milieu de tableau. Nous pouvons conclure que **notre échantillon est en dessous du niveau moyen des français en matière de volume d'achats sur internet mais proche en termes de type d'achats.**

1.9 Conclusions sur notre échantillon

Notre échantillon est assez équilibré et représentatif de la population française en termes de genre et d'âge. Il est en revanche assez biaisé en termes de PCS puisque les cadres et les étudiants sont surreprésentés avec les conséquences que nous avons évoqué sur la perception du niveau de vie. Toutefois **l'intérêt de notre échantillon est sa diversité en termes de comportements vis-à-vis d'internet**, que ce soit au niveau du temps passé ou du volume des achats. Sur un sujet aussi technologique, il était important de ne pas avoir affaire à un échantillon biaisé, car trop technophile, afin de pouvoir obtenir des résultats aussi représentatifs de la population française que possible.

2 Analyse des résultats des questionnaires administrés post-expérience

Les informations détaillées présentées ci-dessous sont issues du dépouillement du questionnaire auto-administré avant l'expérience. Rappelons que les six hypothèses principales de notre modèle se déclinent chacune en sous-hypothèses ce qui nous donne au total vingt et un éléments à valider. Les questions afférentes à l'ensemble des éléments utilisés pour chacune de ces sous-hypothèses sont rappelées ci-dessous entre parenthèses.

H1 : Les composantes expérientielles perçues lors de la visite du magasin 3D influencent positivement l'immersion de l'utilisateur.

Cette hypothèse se décompose en quatre sous-hypothèses :

H1.1 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage question 31, position des produits question 33 et signalétique question 29) ont une influence positive sur l'immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) de l'utilisateur.

H1.2 : La présence spatiale dans un magasin 3D (q 20, 21, 22, 23, 24, 25) a une influence positive sur l'immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) de l'utilisateur.

H1.3 : Le contrôle de la navigation (q 18.6, 18.7, 18.8) dans le magasin 3D a une influence positive sur l'immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) de l'utilisateur.

H1.4 : L'absorption cognitive (q 19.3, 19.4, 19.5, 19.6) a une influence positive sur l'immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) de l'utilisateur.

H2 : Certaines caractéristiques de l'utilisateur ont une influence positive sur son niveau d'immersion dans un environnement marchand en 3D.

Cette hypothèse se décompose en quatre sous-hypothèses :

H2.1 : Plus l'âge (q 2) de l'utilisateur augmente, plus il est immergé (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) dans un magasin 3D.

H2.2 : Le genre (q 1) influe sur l'immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) dans un magasin 3D.

H2.3 : L'expertise informatique (jeux = q 5, 6, 7 ; niveau utilisation internet de l'utilisateur q 12 ; niveau d'achat sur internet q 13, 14) a une influence positive sur son niveau d'immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2).

H2.4 : la propension à l'immersion (q 8, 9, 10) a une influence positive sur l'immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) de l'utilisateur.

H3 : Le niveau d'immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les valeurs perçues de l'utilisateur.

Cette hypothèse se décompose en deux sous-hypothèses :

H3.1 : Le niveau d'immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) a une influence positive sur la valeur hédonique (q 18.3, 18.4, 18.5)

H3.2 : Le niveau d'immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) a une influence positive sur la valeur utilitaire (q 18.1, 18.2)

H4 : Le niveau d’immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les comportements du consommateur.

Cette hypothèse se déclinant en trois sous-hypothèses :

H4.1 : Le niveau d’immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) a une influence positive sur l’intention d’achat (q 19.7)

H4.2 : Le niveau d’immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) a une influence positive sur l’intention de revisite (q 19.8, q 43)

H4.3 : Le niveau d’immersion (q 18.9, 18.10, 18.11, 18.12, 19.1, 19.2) a une influence positive sur le bouche à oreilles (q 19.10, 19.11, 19.9)

H5 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits, signalétique) ont une influence positive sur les valeurs perçues de l’utilisateur.

Cette hypothèse se décomposant en deux sous-hypothèses.

H5.1 : Les composantes de l’environnement 3D étudiées ont un impact positif sur la valeur utilitaire (q 18.1, 18.2).

H5.2 : Les composantes de l’environnement 3D étudiées ont un impact positif sur la valeur hédonique (q 18.3, 18.4, 18.5).

H6 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits et signalétique) ont une influence positive sur les comportements de l’utilisateur.

Cette dernière hypothèse se décomposant en six sous-hypothèses.

H6.1 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur l’intention d’achat (q 19.7)

H6.2 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur l’intention de revisite (q 19.8, q 43)

H6.3 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur le bouche à oreilles (q 19.10, 19.11, 19.9)

H6.4 : La présence spatiale a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

H6.5 : Le contrôle a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

H6.6 : l'absorption cognitive a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

Les informations et résultats détaillés présentés ci-après sont issus du dépouillement du questionnaire auto-administré après l'expérience. Sont concernées les questions 17 à 44 incluses.

2.1 Test des échelles de mesures

Selon le paradigme de Churchill (1979)²⁹⁹, l'utilisation d'échelles de mesures nécessite la vérification de leur fiabilité. Pour ce faire différentes possibilités existent (stabilité, cohérence interne et équivalence). Pour des raisons de simplicité, nous avons choisi la seconde méthode qui consiste à évaluer les degrés de corrélation existants entre les items et le score total.

2.1.1 Immersion

En utilisant les résultats de l'échelle de mesure de l'immersion de Fornerino, Helme-Guizon et Gotteland (2008)³⁰⁰, nous avons sommé l'ensemble des réponses aux 6 questions (Questions 18-9-10-11-12 et Q19-1-2) permettant d'évaluer le score d'immersion. Sur 252 réponses, la répartition est la suivante :

²⁹⁹ Churchill G.A. (1979), A paradigm for developing better measures of marketing constructs, *Journal of Marketing Research*, 16, 64-73.

³⁰⁰ Fornerino M., Helme-Guizon A. et Gotteland D. (2008), Expériences cinématographiques en état d'immersion : effets sur la satisfaction, *Recherche et Applications en Marketing*, 23, 3, 93-111.

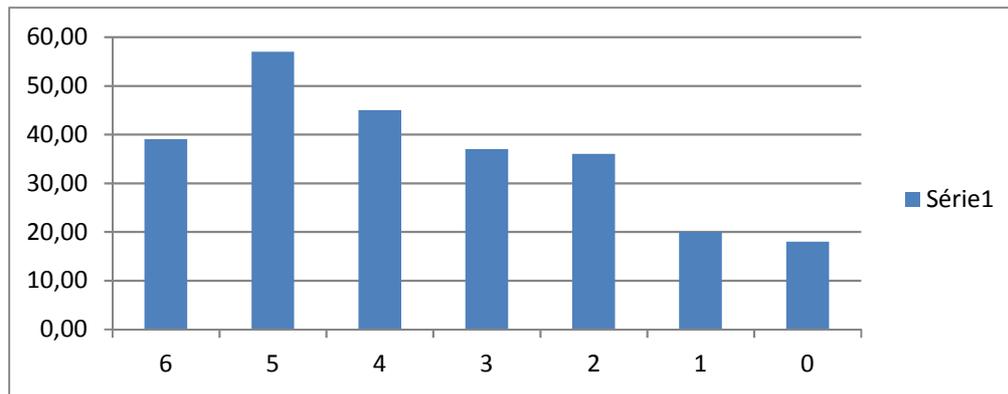


Figure 126 : Accord sur le sentiment d'immersion

Sur une échelle de « tout à fait d'accord (6) » à « pas du tout d'accord (0) », la valeur de 3 étant le neutre, nous obtenons **56% des réponses confirmant l'immersion face à 30% des réponses plutôt négatives.**

Nous avons, dans un premier temps, effectué un test de fiabilité de cette mesure. L'Alpha de Cronbach (1951)³⁰¹ est utilisé pour évaluer le fait que toutes les questions portant sur une caractéristique évaluée (exemple ici : l'immersion) sont fiables et qu'elles mesurent la même chose. Il est proposé par de nombreux auteurs comme indicateur de fidélité d'échelle (voir la méta-analyse réalisée par Peterson (1995)³⁰². Ce test va comparer la somme des variances des différentes questions à la variance de l'échelle de la somme. Plus le résultat est proche de 1 meilleure est la fiabilité du questionnaire et le fait que toutes les questions mesurent la même caractéristique. Conformément aux recommandations de Peterson, nous avons choisi le seuil de 0.7 comme seuil minimum de validation.

Nous validons donc, ou non, notre mesure de l'immersion (mesure résultante de six questions différentes) en vérifiant la cohérence des réponses. Avec le logiciel « R » la syntaxe est la suivante : `# Alpha de Cronbach cronbach(bb[,c(53:58)])`

```
$sample.size [1] 42, $number.of.items [1] 6, $alpha [1] 0.8597607
```

³⁰¹ Cronbach L.J. (1951), Coefficients alpha and the internal structure of tests, *Psychometrika*, 16, 297-334.

³⁰² Peterson R. (1995), Une méta-analyse du coefficient alpha de Cronbach, *Recherche et Applications en Marketing*, Vol. 10, No. 2, pp. 75-88

L'alpha de Cronbach obtenu est donc égal à 0.86, largement au-dessus du seuil de 0.7 de Peterson.
Nous pouvons donc agréger les réponses des différentes questions de l'immersion.

2.1.2 Présence spatiale

Nous utiliserons ici une démarche exactement identique à celle utilisée pour l'échelle précédente c'est-à-dire vérification de la cohérence de nos résultats (utilisabilité de notre échelle de mesure) avec l'alpha de Cronbach. L'alpha de Cronbach calculé est de **0.87, nous pouvons donc utiliser notre échelle de présence spatiale et ses résultats.**

2.1.3 Contrôle de navigation

Méthodologie identique en utilisant les réponses des questions 18.6 18.7 et 18.8, mais **l'alpha de Cronbach est à 0.606, nous avons donc choisi de ne pas utiliser notre échelle de contrôle de navigation et ses résultats.**

L'explication est double, d'une part certains testeurs ont éprouvé des difficultés à se déplacer dans la simulation, d'autre part un grand nombre d'entre eux ont eu du mal à trouver le « pain de savon » qui était demandé. Outre le fait que cette expression est probablement vieillotte, la forme parallélépipédique que nous avons utilisée à la conception du magasin pour simplifier le design (et donc le temps passé) de notre savon en 3D, n'était pas du tout conforme à l'image habituelle d'un savon en magasin. Le mauvais score de ce produit affecte donc très fortement la qualité des résultats.

2.1.4 Absorption cognitive

L'alpha de Cronbach de notre échelle est égal à 0,65. Malgré ce résultat relativement faible nous avons choisi d'agréger quand même et **d'utiliser cette échelle** et ce pour deux raisons. La première étant qu'une de nos questions (19.6 : j'étais facilement distrait par autre chose) dans cette échelle a un codage inversé par rapport au résultat attendu (absorption) ce qui influence négativement cet indice. En recodant positivement cette question l'alpha de cronbach calculé remonte à 0,71. En second lieu les résultats monopolisant cette échelle sont tous très largement positifs comme nous le démontrons par la suite.

2.1.5 Propension à l'immersion

Pour mesurer cette propension nous avons utilisé trois questions relatives à la propension de l'individu à l'immersion (questions 8, 9 et 10). Ces questions sont extraites de l'échelle ITQF (Robillard *et al.*, 2003)³⁰³. En utilisant la même méthodologie qu'auparavant nous obtenons un alpha de Cronbach inférieur au seuil de Peterson pour les trois questions prises ensembles. En approfondissant nos calculs sur chaque question, il s'avère que le jeu (question 18) ne contribue pas à cette propension, le cinéma y contribue légèrement et seule la question 10 (désorientation au réveil suite à des rêves) donne des résultats significatifs. **Nous avons donc choisi de ne pas utiliser les résultats de cette propension à l'immersion** car cette échelle n'est pas validée par les résultats obtenus via notre échantillon.

3 Résultats détaillés par hypothèse

3.1 Première hypothèse et sous-hypothèses en découlant

Rappelons que cette méta-hypothèse H1 est la suivante : les composantes expérientielles perçues lors de la visite du magasin 3D influencent positivement l'immersion de l'utilisateur. Elle se divise en trois sous-hypothèses.

3.1.1 H1.1 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits et signalétique) ont une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

Dans un premier temps nous examinons les facteurs d'ambiance un à un en utilisant un modèle linéaire généralisé (Nelder, Wedderburn, 1972)³⁰⁴, modèle qui permet habituellement d'exprimer l'espérance d'une variable, ici l'immersion, comme fonction d'une ou de plusieurs variables explicatives. Chaque modèle présenté dans ce manuscrit a été validé par un test de Fisher, qui permet de juger globalement de sa significativité. À l'intérieur d'un modèle, les tests de significativité des coefficients permettent de valider l'effet de chacune des modalités. Au vu de la faible taille de l'échantillon, et de la visée explicative et non prédictive de nos travaux, les valeurs des coefficients de détermination (R^2) n'ont pas été utilisées comme critère de sélection ou comparaison de modèles.

³⁰³ Bouchard S., Robillard G. et Renaud P. (2002), Validation canadienne-française de deux mesures importantes en réalité virtuelle: L'Immersive Tendencies Questionnaire et le Presence Questionnaire. *Poster ITQ 2002*.

³⁰⁴ Nelder J.A. et Wedderburn R. W. M. (1972), Generalized Linear Models, *Journal of the Royal Statistical Society*, 135, 3, 370-384.

Dans cette optique, aucun travail n'a été fait au niveau des *outliers* (valeurs aberrantes) afin d'optimiser ces valeurs, l'ensemble des (peu de) données disponibles étant donc conservé.

Signalétique seule (Question 29)

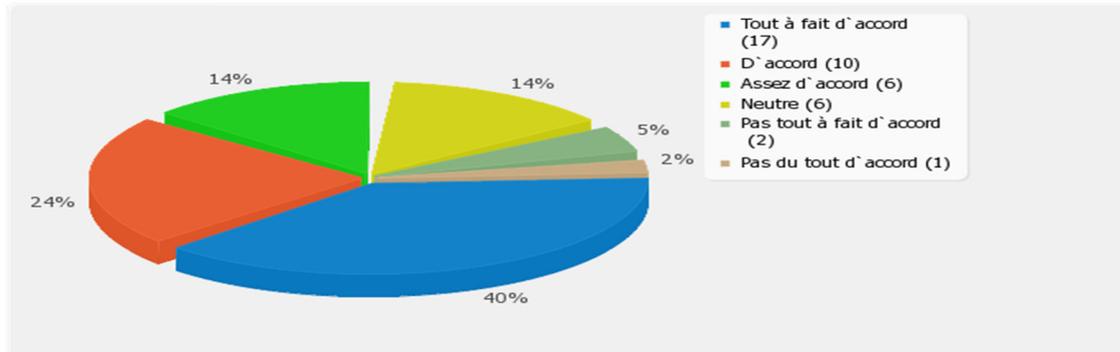


Figure 127 : Utilité de la signalétique pour notre échantillon

Le modèle linéaire ici construit vise à expliquer le niveau d'immersion en fonction de la signalétique seule. La construction du modèle est validée par un test de Fisher (F-test, $p < 0,001$) de l'analyse de variance du modèle. En ce qui concerne la significativité des coefficients, les résultats montrent que les modalités les plus positives ont, avec $p < 0,05$, chacune un impact positif sur l'immersion. La significativité du modèle linéaire, et des modalités positives en tant que facteurs explicatifs, confirment que **la signalétique a eu une influence positive sur l'immersion de nos testeurs.**

Position seule (Q33)

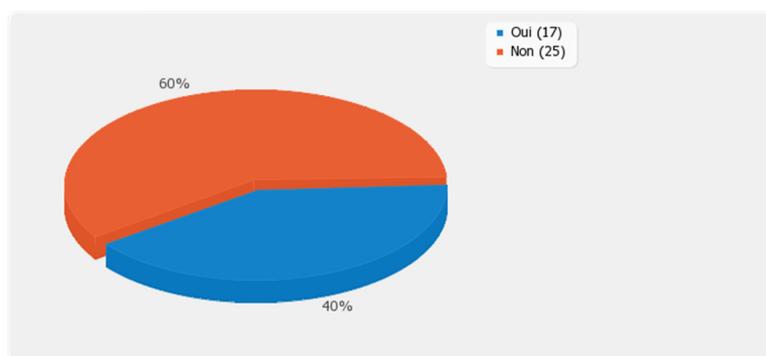


Figure 128 : Choix des produits en fonction de leur position verticale ou non

	Estimate	Std.	Error	t	value	Pr(> t)
(Intercept)	26.480		1.592	16.637		<2e-16
bb[, 82]Oui	2.461	2.502	0.984	0.331		

Une p-value de 33%, pas de présomption contre l'hypothèse nulle, nous ne pouvons rien conclure sur l'influence du facteur « position » sur l'immersion.

Eclairage seul (Q 31)

Certaines colonnes des produits à choisir étaient éclairées, d'autres non. Avez-vous perçu cette différence d'éclairage ?

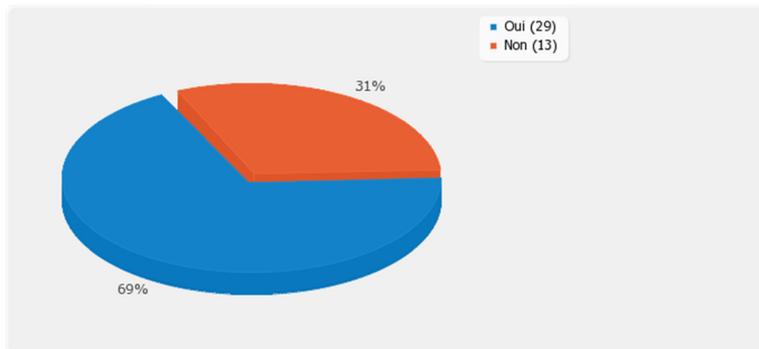


Figure 129 : Perception ou non d'un éclairage supplémentaire sur certaines colonnes de produits à choisir

	Estimate	Std.	Error	t	value	Pr(> t)
(Intercept)		28.077	2.231		12.586	1.72e-15
bb[, 80]Oui	-0.870		1.685		-0.324	0.748

Nous n'avons ici pris en compte que les deux magasins dans lesquels cette différence d'éclairage existait. Une p-value de 75%, il n'y a donc pas de présomption contre l'hypothèse nulle, **nous ne pouvons rien conclure sur l'influence du facteur « éclairage » sur l'immersion. Au final nous constatons que, pris individuellement, un seul des facteurs (la signalétique) a une influence réellement significative.**

En complément nous avons donc tenté de voir s'il était possible de proposer un modèle susceptible d'expliquer le score d'immersion en fonction **de ces trois facteurs combinés.**

glm(formula = score_immersion ~ bb[, 78] + bb[, 80] + bb[, 82])						
Deviance						Residuals:
Min	1Q	Median	3Q	Max		
-16.3367	-4.7755	-0.4998	4.9654	17.8980		
Coefficients:						
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)		
(Intercept)	3.730	7.850	0.475	0.63772		
bb[, 78]3	24.723	9.474	2.610	0.01338		
bb[, 78]4	29.116	8.637	3.371	0.00188		
bb[, 78]5	24.095	8.332	2.892	0.00663		
bb[, 78]7	25.862	8.161	3.169	0.00323		
bb[, 78]Assez	23.330	8.282	2.817	0.00802		
bb[, 80]Oui	-4.723	2.748	-1.719	0.09479		
bb[, 82]Oui	5.270	2.612	2.018	0.05158		

Tableau 23 : Résultats de la modélisation à trois facteurs combinés

Nous constatons dans le tableau ci-dessus que plus les testeurs ont trouvé la signalétique utile, plus ils se sentent immergés. En effet la valeur de la colonne "estimate" est très positive tandis que les modalités sont significatives au seuil de 5%. D'autre part, le modèle met en avant le fait que les testeurs qui ont perçu la différence d'éclairage (ligne 6 : bb[, 80]) se sont sentis moins immergés (estimate est négative) tandis que ceux qui ont reconnu avoir choisi les produits en fonction de leur position verticale (ligne 7 : bb[, 82]) se sont sentis plus immergés. **La combinaison des trois facteurs permet d'ajuster un modèle explicatif en fonction des différentes composantes expérientielles perçues conjointement, validant ainsi l'hypothèse H1.1.**

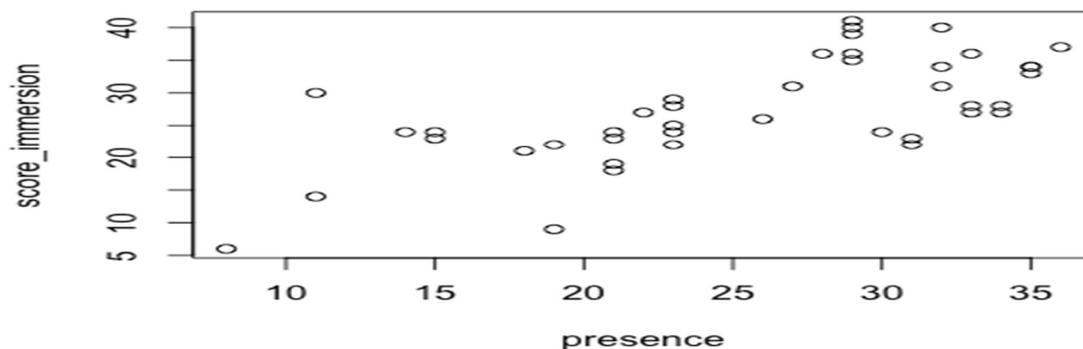
3.1.2 H1.2 : La présence spatiale dans un magasin 3D a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

Nous utiliserons ici une démarche exactement identique à celle utilisée pour l'hypothèse H1.1 c'est-à-dire la vérification de la cohérence de nos résultats (utilisabilité de notre échelle de mesure) avec l'alpha de Cronbach, puis la création d'une variable « présence spatiale » et enfin création d'un modèle explicatif. Comme nous l'avons vu précédemment l'alpha de Cronbach étant à 0.87, nous pouvons donc utiliser notre échelle de présence spatiale et ses résultats.

```
glm(formula = score_immersion ~ presence)
```

Deviance Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-13.8545	-4.4719	-0.4721	3.3074	12.7923
Coefficients:				
	Estimate	Std.Error	tvalue	Pr(> t)
(Intercept)	9.4433	3.3171	2.847	0.00694
presence	0.7059	0.1247	5.661	1.41e-06

Le résultat est très significatif il est illustré ci-dessous par la relation linéaire entre ces deux variables.



Le coefficient de corrélation de Pearson, qui permet d'étudier les relations linéaires, est utilisé pour confirmer cette corrélation.

Pearson's product-moment correlation

```
data: presence and score_immersion
t = 5.6613, df = 40, p-value = 1.414e-06
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.4553251 0.8072516
sample estimates: cor 0.6669578
```

Relativement proche de 1 cette valeur illustre donc une forte corrélation entre nos deux variables.

L'hypothèse 1.2 est donc validée la présence spatiale influence positivement l'immersion.

3.1.3 H1.3 : Le contrôle de la navigation dans le magasin 3D a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

Comme nous l'avons indiqué auparavant, nous ne pouvons pas utiliser nos résultats car notre échelle de mesure n'est pas validée. Notre explication principale vient des difficultés qu'ont eu la plupart des testeurs à trouver un produit (le pain de savon), ceci ayant impacté négativement leur immersion. Un calcul effectué malgré tout confirme ce résultat ($p < 0,001$). **Nous ne pouvons donc pas valider ou non**

cette hypothèse. Tout au plus pouvons-nous souligner que ce score de contrôle de navigation ayant été obtenu sur trois produits, dont un difficile à trouver, serait utilisable en prenant en compte les deux produits. Le téléphone (1^{er} produit à sélectionner) recueille un score positif pour 29 personnes sur 42 et le dentifrice 34/42. **Il suffit donc d'une seule difficulté dans la navigation pour que l'impression de contrôle de navigation disparaisse.**

3.1.4 H1.4 : L'absorption cognitive a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

Rappelons que l'absorption cognitive est « *un état de l'implication profonde ou une expérience holistique que l'individu a avec la technologie de l'information* » (Agarwal et Karahanna, 2000)³⁰⁵ et que la distorsion temporelle en est une des dimensions.

Afin de valider ou non cette distorsion, nous avons donc mesuré le temps réellement passé (en utilisant les enregistrements vidéo) et l'avons comparé au déclaratif (question 40 : Avez-vous une idée de la durée que vous avez passée ?).

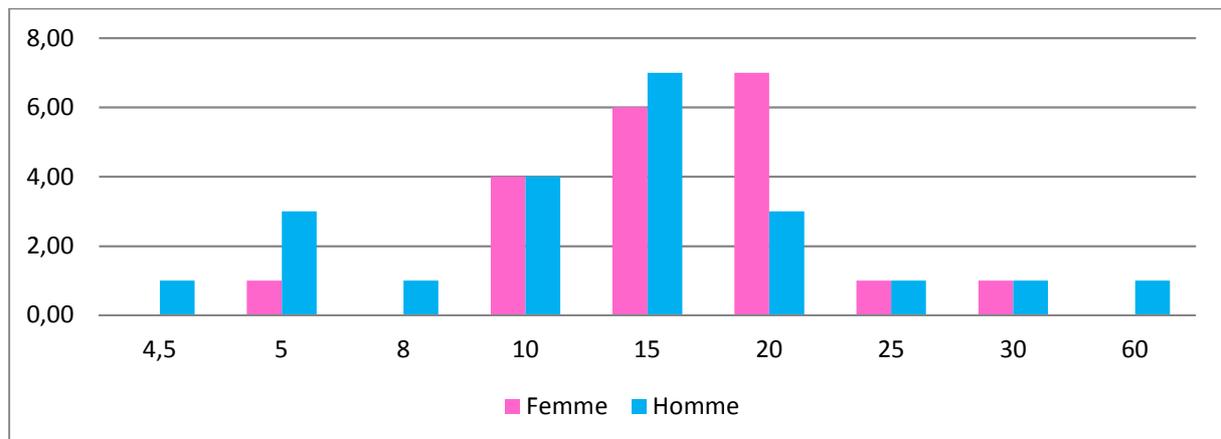


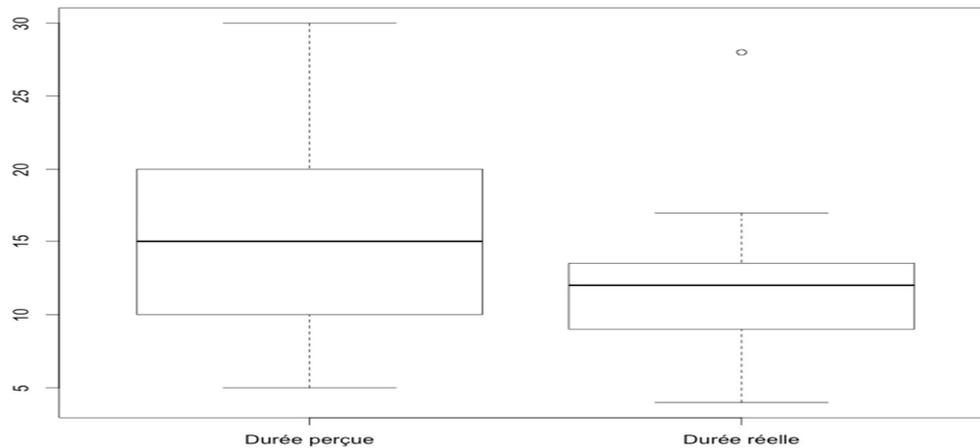
Figure 130 : Durée ressentie en minutes (ex : 6 femmes et 7 hommes ont estimé avoir passé 15 minutes dans le magasin 3D)

Sur ces données déclarées la moyenne des durées ressenties est de 15,45 minutes avec un écart type de 6,74 alors que la durée effective (mesurée) des parcours est de 11,61 minutes avec un écart type de 4,45 minutes. **Ce qui signifie que la distorsion temporelle est réelle puisque l'écart entre**

³⁰⁵ Agarwal R. et Karahanna E. (2000), Time Flies When You're Having Fun: Cognitive Absorption and Beliefs About Information Technology Usage, *MIS Quarterly*, (24: 4)

perception et réalité est de 30%. Plus finement, nous constatons qu'un tiers des testeurs a formulé un écart, en valeur absolue, de plus de 50% entre vécu et réalité.

Un test de Fisher-Snedecor permet de tester la différence entre les deux échantillons et le test sur les variances mène directement à une différence significative entre la durée réelle et perçue ($p < 0.01$).



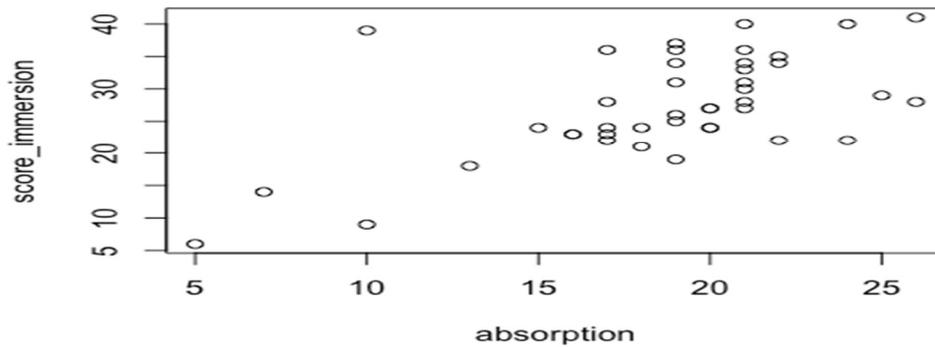
Nous validons donc l'existence d'une absorption cognitive de nos testeurs.

S'agissant maintenant de notre sous-hypothèse en elle-même, nous utiliserons ici le même processus que précédemment : vérification de la cohérence de nos résultats avec l'alpha de Cronbach, puis la création d'une variable « présence spatiale » et enfin création d'un modèle explicatif.

Nous créons la variable « absorption » : `absorption=rowSums(bb[,59:62])` puis le modèle explicatif.

	Estimate	Std. Error	t	value	Pr(> t)
(Intercept)	7.8207	4.2903	1.823	0.0758	
absorption	1.0516	0.2233	4.710	2.97e-05	

La p-value extrêmement faible nous permet de valider notre hypothèse illustrée par le graphique ci-dessous. **Un coefficient de corrélation de Pearson égal à 0.6** renforce d'autant notre conclusion : **l'hypothèse H1.4 est validée.**



Nous pouvons donc conclure que, exception faite du contrôle de navigation, **notre première hypothèse est validée, les composantes expérientielles perçues lors de la visite du magasin 3D influencent positivement l'immersion de l'utilisateur.**

Hypothèse	Validée	Non-validée
H1.1	OUI	
H 1.2	OUI	
H1.3		Non mesurable
H1.4	OUI	

Tableau 24 : Synthèse de l'hypothèse 1.

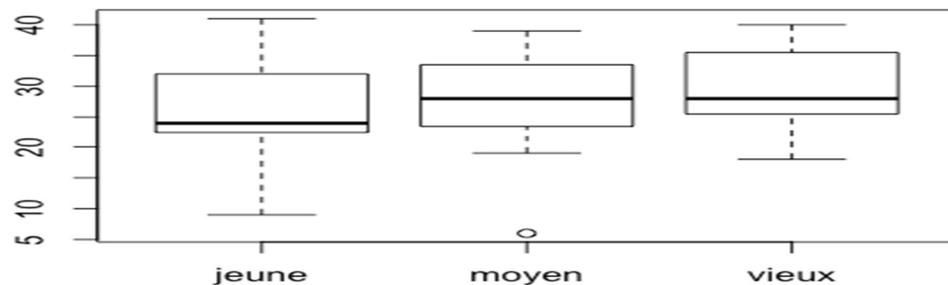
3.2 Seconde hypothèse et sous hypothèses en découlant

Notre seconde hypothèse était que certaines caractéristiques de l'utilisateur ont une influence positive sur son niveau d'immersion dans un environnement marchand en 3D. Elle se divise en quatre sous-hypothèses.

3.2.1 H2.1 : Plus l'âge de l'utilisateur augmente plus il est immergé dans un magasin 3D.

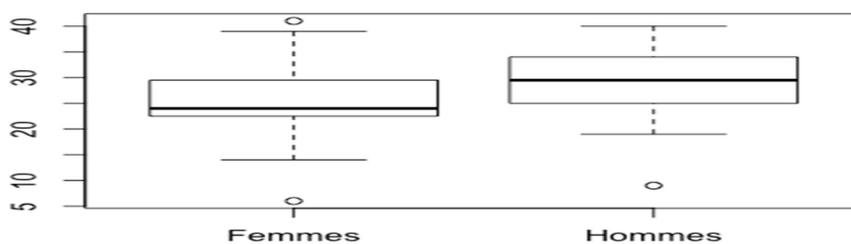
Nous avons vu dans la description de notre échantillon que nous avons une population de 42 individus distribuée de façon relativement homogène. Nous décidons donc de créer trois sous-groupes d'âge et d'analyser le score d'immersion pour chacun de ces sous-groupes :

- Les « jeunes », individus de moins de 35 ans ;
- les « moyens », ayant entre 35 et 50 ans inclus ;
- les « seniors » personnes de plus de 50 ans.



La statistique descriptive nous permet de visualiser que l'âge a bien un effet positif sur l'immersion de nos testeurs. Dans la population « senior » on peut toutefois noter l'existence d'un *outlier* nettement moins immergé que la moyenne. Il s'agit d'une personne ayant une longue expérience dans l'informatique et ayant été beaucoup plus critique sur la simulation que les autres individus de son âge. En revanche, le faible nombre d'individus dans chaque catégorie ne nous permet pas de valider cette hypothèse de façon robuste. **L'hypothèse est donc semi-validée.**

3.2.2 H2.2 : Le genre influe sur l'immersion dans un magasin 3D.



Comme pour la sous-hypothèse précédente, la statistique descriptive nous permet de visualiser que le genre a bien un impact sur l'immersion de nos testeurs. Il est toutefois là encore difficile d'atteindre une significativité statistique pour cette variable seule car la taille de notre échantillon n'est pas suffisante pour obtenir des p-values acceptables (via par exemple un test de comparaison de type Fisher-Snedecor). **L'hypothèse n'est donc que semi-validée.**

3.2.3 H2.3 : L'expertise informatique (jeux ; niveau utilisation internet de l'utilisateur ; niveau d'achat sur internet) a une influence positive sur son niveau d'immersion.

Expertise informatique

Il est plus difficile d'évaluer cette hypothèse, peut-être parce qu'elle est éclatée entre des concepts hétérogènes : le jeu, le temps passé sur internet et les achats en ligne. Avec un modèle qui s'attarde sur les questions 12 à 14, on constate que plus l'on passe de temps sur internet, surtout au travail, moins le score d'immersion sera important ($p < 0.05$). C'est également valable pour les personnes ayant acheté sur internet mais avec un manque de significativité. Cependant cela n'est peut-être pas valable pour les personnes qui achètent souvent sur internet car, plus on achète sur internet, plus on s'est senti immergé (Q14). **Nous considérons donc qu'elle n'est que semi-validée.**

3.2.4 H2.4 : la propension à l'immersion a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.

La mesure de propension ne pouvant être utilisée, nous ne pouvons là non plus rien conclure sur cette sous-hypothèse.

L'ensemble de nos résultats (cf. tableau ci-dessous) nous permet de conclure que **globalement cette hypothèse 2 n'est que semi-validée, les caractéristiques des individus n'ont donc pas une influence significative sur leur niveau d'immersion.**

Hypothèse	Validée	Non-validée
H2.1	Semi-validée	
H 2.2	Semi-validée	
H2.3	Semi-validée	
H2.4		Pas de conclusion possible

Tableau 25 : Synthèse de l'hypothèse 2.

3.3 Troisième hypothèse et sous hypothèses en découlant

L'hypothèse 3 était que le niveau d'immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les valeurs perçues de l'utilisateur, nous distinguons deux valeurs, hédonique et utilitaire.

3.3.1 H3.1 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur la valeur hédonique.

Nous avons choisi de modéliser l'immersion (X) entant que facteur explicatif ou prédictif de Y, la valeur hédonique. Le caractère linéaire de la relation est associé à un coefficient de corrélation statistiquement significatif ($cor=0,4$; $p=0,01$) et une significativité de la valeur hédonique au sein d'un modèle linéaire.

Notre interprétation est que **l'hypothèse H3.1 est donc validée, le niveau d'immersion influence positivement la valeur hédonique.**

3.3.2 H3.2 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur la valeur utilitaire.

De prime abord, l'alpha de Cronbach est plus faible que pour d'autres concepts précédemment testés. On peut critiquer la différence entre les deux questions : trouver exactement ce que l'on avait demandé est légèrement différent de la deuxième question, faire ce qu'on avait prévu de faire. Il y a un côté "imposé" pour la question Q18_1 qui diffère du libre arbitre sous-entendu par la formulation de la question Q18_2. Enfin, les difficultés que les gens ont éprouvées face à la recherche du savon (voir précédemment) peuvent expliquer un trouble dans cette hypothèse de valeur utilitaire. C'est pourquoi, à notre avis, le modèle n'est pas assez significatif sur ce point. **Notre sous-hypothèse n'est donc pas validée.** Ceci est tout à fait cohérent avec le fait que la navigation demandée dans notre simulation était dirigée vers un but (donc utilitaire) ; **dès lors que les testeurs ont éprouvé des difficultés à trouver certains produits cette valeur utilitaire se minimise.** A l'inverse la valeur hédonique semble moins impactée par la diminution du sentiment d'immersion.

Globalement nous considérons donc que notre **hypothèse 3 n'est que semi-validée, le niveau d'immersion a une influence positive uniquement sur la valeur hédonique.**

Hypothèse	Validée	Non-validée
H3.1	oui	
H 3.2		Non validée

Tableau 26 : Synthèse de l'hypothèse 3.

3.4 Quatrième hypothèse et sous-hypothèses en découlant

L'hypothèse H4 étant : le niveau d'immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les comportements du consommateur, elle se subdivise en trois sous-hypothèses.

3.4.1 H4.1 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur l'intention d'achat.

Un effet positif apparaît mais il n'est pas significatif au risque de 5%. **L'hypothèse est difficilement validée.**

3.4.2 H4.2 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur l'intention de revisite.

Cette hypothèse est plus convaincante. En la traitant comme variable quantitative, et en construisant un nouveau modèle linéaire, on obtient quelque chose de significatif avec une p value de 0,02 pour la variable explicative. **L'hypothèse est donc validée, le niveau d'immersion a une influence positive sur l'intention de revisite.**

3.4.3 H4.3 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur le bouche à oreilles.

L'influence est significative avec une p-value de 0.06, c'est-à-dire acceptable au niveau de confiance 94%. **Donc il est possible de valider cette sous-hypothèse.**

Globalement, pour cette hypothèse, nous remarquons que les aspects, que nous pourrions qualifier de non-utilitaristes, « **intention de revisite** » et « **bouche à oreille** » sont **impactés positivement par l'immersion. Le comportement d'achat, pris isolément, ne semble que faiblement impacté**, du moins nos résultats ne sont pas suffisamment significatifs pour pouvoir l'affirmer.

Hypothèse	Validée	Non-validée
H4.1		Pas suffisamment significatif
H 4.2	oui	
H4.3	oui	

Tableau 27 : Synthèse de l'hypothèse 4.

3.5 Cinquième hypothèse et sous-hypothèses en découlant

Notre cinquième hypothèse est : les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits, signalétique) ont une influence positive sur les valeurs perçues de l'utilisateur.

3.5.1 H5.1 : Les composantes de l'environnement 3D étudiées ont un impact positif sur la valeur utilitaire.

Il ressort de ces analyses que c'est **surtout l'éclairage qui a un impact significatif sur la valeur utilitaire**. Même en ajustant un modèle sur les 3 variables, c'est bien la différence d'éclairage qui ressort. Rappelons que certaines colonnes de produits des magasins 2 et 3 étaient plus éclairées que d'autres, nous avons donc fait un focus plus spécifique sur ces deux magasins et les résultats obtenus sur ces deux magasins renforcent la validation de cette sous-hypothèse.

3.5.2 H5.2 : Les composantes de l'environnement 3D étudiées ont un impact positif sur la valeur hédonique.

Dans le cas de la valeur hédonique, et avec une p-value inférieure à 0,05, c'est uniquement la signalétique qui a un impact sur cette valeur. L'éclairage et la position des produits n'ont aucune influence significative.

Hypothèse	Validée	Non-validée
H5.1	Éclairage seulement	
H 5.2	Signalétique seulement	

Tableau 28 : Synthèse de l'hypothèse 5.

Nous constatons donc que les facteurs d'atmosphère de notre magasin 3D ont eu **des influences spécifiques, l'éclairage a eu une influence sur la valeur utilitaire perçue alors que la signalétique a eu une influence sur la valeur hédonique perçue**.

3.6 Sixième hypothèse et sous-hypothèses en découlant

Notre sixième et dernière hypothèse est la suivante : les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits et signalétique) ont une influence positive sur les comportements de l'utilisateur. Nous avons choisi de traiter les influences des trois facteurs d'atmosphère un à un puis de les regrouper et d'en étudier l'impact global sur les trois comportements.

H6.1 : Les composantes atmosphériques spécifiques étudiées ont une influence positive sur l'intention d'achat (q 19.7)

H6.2 : Les composantes atmosphériques spécifiques étudiées ont une influence positive sur l'intention de revisite (q 19.8, q 43)

H6.3 : Les composantes atmosphériques spécifiques étudiées ont une influence positive sur le bouche à oreilles (q 19.10, 19.11, 19.9)

Dans un modèle linéaire, dans lequel les trois facteurs 3Dspherics sont présents ensemble, seule la **variable éclairage est pertinente sur les trois intentions** avec une p-value de 0.05.

Si l'on prend individuellement l'influence de chaque 3Dsphéric sur chaque intention la variable « éclairage » obtient une p-value inférieure à 0.05. Nous concluons que **l'éclairage est le seul des trois facteurs d'atmosphère étudiés à influencer favorablement les trois intentions.**

Notons également que **la signalétique prise individuellement influence favorablement le bouche à oreille** (p-value inférieure à 0,05).

H6.4 : La présence spatiale a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

H6.5 : Le contrôle a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

H6.6 : l'absorption cognitive a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

Sachant que l'échelle du « contrôle » ne pouvait être utilisée l'hypothèse 6.5 n'a pas été testée.

Pour les deux autres sous-hypothèses, nos résultats démontrent que l'hypothèse 6.4 est rejetée : **la présence spatiale n'a pas d'effet significatif sur aucun des 3 facteurs comportementaux (achat, intention de revisite, bouche à oreille).**

En revanche avec des p-values inférieures à 0,05, **l'absorption cognitive a un effet significatif sur chacun des 3 facteurs pris séparément**, seule l'hypothèse 6.6 est donc validée.

En synthèse nous pouvons conclure de cette hypothèse que nous validons le fait que, parmi les 3Dsphériques utilisés, seul l'éclairage a eu une influence positive sur les trois comportements, la signalétique influençant uniquement le bouche à oreille. Pour nos trois autres variables seule l'absorption cognitive a un effet, effet mesurable sur les trois comportements.

Hypothèse	Validée	Non-validée
H 6.1	Éclairage seul	
H 6.2	Éclairage seul	
H 6.3	Éclairage et signalétique	
H 6.4		NON VALIDÉE
H 6.5		Pas de conclusion possible
H 6.6	OUI	

Tableau 29 : Synthèse de l'hypothèse 6.

3.7 Conclusions sur l'ensemble des hypothèses

Au vu des résultats ci-dessus notre modèle ne peut donc pas être statistiquement validé dans son intégralité si l'on utilise les résultats du questionnaire post-expérience. Toutefois un bon nombre de sous-hypothèses sont validées. Dans le chapitre suivant, nous détaillerons les conséquences de ces résultats obtenus via ce questionnaire et les étayerons avec les résultats obtenus via nos autres outils (mesures objectives).

Hypothèse	Validée	Non-validée
H 1	Validée	
H 2	Semi-validée	
H 3	Validée pour valeur hédonique	Non validée pour l'utilitaire
H 4	Validée pour revisite et bouche à oreilles	Non validée pour l'achat
H5	Validée pour éclairage ou signalétique	Non validée pour la position des produits
H6	Validée pour l'éclairage et l'absorption cognitive pour les trois comportements La signalétique influence le B à O	Non validée pour la présence spatiale

Tableau 30 : Synthèse des résultats de nos hypothèses en utilisant uniquement les résultats du questionnaire post-expérimentation

3.8 Autres éléments

3.8.1 La couleur de la signalétique a-t-elle été perçue ?

Rappelons que nous avons 14 personnes différentes par magasin (échantillons indépendants), et que les trois magasins étaient différents au niveau de la signalétique :

- Magasin 1 : signalétique lettres noires, fond jaune.
- Magasin 2 : signalétique lettres noires, fond blanc.
- Magasin 3 : signalétique lettres blanches fond rouge.

En utilisant les résultats du questionnaire administré *a posteriori* (Questions : Pouvez-vous nous donner la couleur des lettres / du fond de la signalétique ?), nous dressons le tableau des reconnaissances selon les trois magasins :

	Reco couleurs des lettres	Reco couleur du fond
Magasin 1	2/14	9 /14
Magasin 2	5/14	7 /14
Magasin 3	7/14	12/14

Tableau 31 : Score des reconnaissances de la signalétique à l'issue de l'expérience

Lecture : dans le magasin 1, deux personnes sur les 14 ayant testé ce magasin ont donné la bonne couleur des lettres de la signalétique et 9 personnes sur 14 ont donné la bonne couleur du fond de la signalétique.

S'agissant de la reconnaissance des couleurs des lettres, un test de Shapiro-Wilk peut être utilisé. Rappelons que pour ce test l'hypothèse nulle est « la distribution suit une loi normale ». Le calcul nous confirme la normalité de nos données car p-value = 0.3631. S'agissant de la reconnaissance des couleurs du fond il en va de même car la p-value est là aussi égale à 0.3631.

Si nous comparons les résultats magasin par magasin en additionnant les reconnaissances lettres+couleurs avec un test non paramétrique pour échantillons indépendants (test de Wilcoxon), nous obtenons les résultats ci-dessous :

Magasin 1 = 11 / Magasin 2 = 12.	p-value = 1
Magasin 2 = 12 / Magasin 3 = 19	p-value = 0,41426
Magasin 1 = 11 / Magasin 3 = 19	p-value = 0,6666

Au vu de ces résultats, nous pouvons donc avancer que, **même si les résultats bruts semblaient accréditer l'idée que les couleurs (blanche/rouge) de la signalétique du magasin 3 sont mieux mémorisées, les tests statistiques ne nous permettent pas de valider cette affirmation.**

Compte tenu de la petite taille (14 individus) des trois échantillons indépendants obtenus, nous avons également, pour confirmation, effectué un test de proportion lequel nous a donné les mêmes résultats. Il aurait été intéressant de pouvoir travailler sur des sous-échantillons de taille plus importante pour pouvoir obtenir une éventuelle confirmation statistique.

3.8.2 L'indice de satisfaction globale

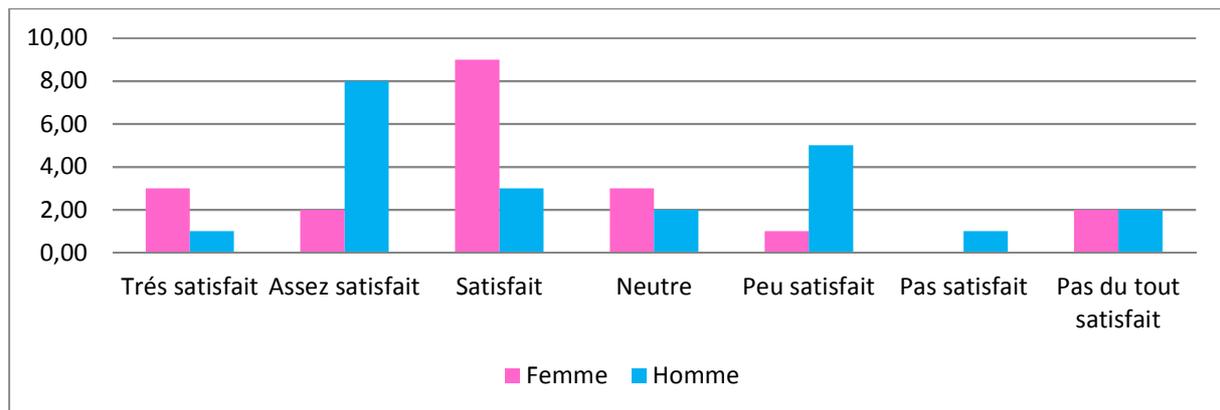


Figure 131 : Indice de satisfaction globale de notre échantillon

En réponse à la question n° 37 sur une échelle de satisfaction vis-à-vis du magasin virtuel, 26 personnes ont eu une impression globale positive, 10 une négative. Pour 6 personnes parmi ces 10 dernières l'insatisfaction exprimée (question ouverte n° 38) provenant de la difficulté à trouver le « pain de savon ».

Nous en concluons que globalement nos testeurs ont été satisfaits du magasin virtuel et qu'une meilleure syntaxe, ou une instruction d'achat d'un produit plus simple à trouver que ce pain de savon, auraient encore amélioré cet indice.

4 Résultats des entretiens de débriefing

Lors de nos entretiens, et avec l'accord explicite des testeurs, nous avons utilisé un dictaphone pour enregistrer l'ensemble des discussions. La captation par vidéo a été volontairement exclue afin d'éviter une gêne potentielle liée à cet outil.

Nous avons élaboré un guide d'entretien (Annexe : Guide d'entretien post-visite du magasin) et retranscrit l'intégralité des 42 discussions (Annexe : Transcription des entretiens post-expérience du magasin 3D). **Ceci représente un corpus d'environ 190 pages soit 64 500 mots à traiter.** Dans un second temps, nous en avons **synthétisé les principaux verbatim** (Annexe : Principaux verbatim) soit environ 12 000 mots. Pour interpréter nos données, nous avons utilisé deux types d'analyse afin de nous permettre d'en croiser les résultats, une **analyse qualitative** basée sur l'exploitation des contenus et une **analyse de données textuelles (quantitative)** utilisant les occurrences des mots-clés.

4.1 Analyse qualitative des contenus

4.1.1 Méthodologie

La classification de nos verbatim a été effectuée dans une double démarche. Dans un premier temps, nous avons privilégié la démarche déductive avec pour objectif d'expliquer et de valider ou non notre modèle de recherche. Dans un second temps, nous avons utilisé une démarche inductive visant à élargir, si nécessaire, notre champ de recherche sur des composantes non-présentes dans notre modèle mais pouvant jouer un rôle déterminant dans de futures recherches sur les univers marchands en 3D. Cette seconde partie sera développée dans le chapitre 15 lorsque nous effectuerons la synthèse de l'ensemble de nos mesures.

4.1.2 Analyse des variables de notre modèle

Avis sur les composantes de contrôle (Éclairage, position des produits en rayon et signalétique)

Éclairage

La luminosité globale de la simulation et des rayons a été appréciée positivement par une grande majorité de testeurs, « *le magasin était suffisamment lumineux, on avait l'impression d'être dans un vrai magasin* », « *Les rayons des téléphones et appareils photos sont très clairs* »

Comme nous l'avions abordé dans notre état de l'art, et tout comme l'éclairage dans un magasin réel (Kotler 1973)³⁰⁶, l'éclairage dans notre magasin virtuel apparaît donc comme un élément favorisant une meilleure perception de l'ambiance et renforçant d'autant la réalité perçue : « *le magasin était suffisamment lumineux, on avait l'impression d'être dans un vrai magasin* ». A l'opposé, la perception d'une relative pénombre n'incite pas à la visite : « *il y avait des rayons trop sombres sur lesquels je n'avais pas envie de cliquer, on ne sait pas trop ce que c'est* »

S'agissant de l'éclairage additif existant sur certains produits, il a été mentionné à de nombreuses reprises : « *Il y avait des rayons illuminés, des portions de rayons plus illuminées que d'autres* ». Tout comme un éclairage additif dans un magasin réel (Driss, Hafsia, Zghal 2008)³⁰⁷, il semble avoir eu une influence positive sur les produits et le choix : « *Pour moi la lumière (additionnelle) c'est aussi un bon*

³⁰⁶ Kotler P. (1973), Atmospherics as a marketing tool, Journal of Retailing, 49, 4, 48-64.

³⁰⁷ Bakini D., Fatma E., Hajer Ben Lallouna H. et Zghal M. (2008), L'Impact d'un Eclairage Additionnel dans un Point de Vente sur les Réactions Comportementales des Consommateurs, *La Revue des Sciences de Gestion, Direction et Gestion*, 229 (Janvier-Février), 41-9.

moyen de repérer les produits ou même sans doute les promotions », « je pense que j'ai été plus naturellement attiré par les objets davantage éclairés ».

Rayons

Beaucoup de verbatim positifs : « *oui les rayons étaient bien remplis et ça donnait une impression de vrai magasin* », « *les rayons étaient bien achalandés* », « *dans les rayons c'était haut, c'était large, c'était bien* ».

Le facing et la disposition « classique » des rayons (comme dans un magasin réel) semblent donc avoir un impact favorable sur l'impression donnée par le magasin pour certains visiteurs. Toutefois, comme cela peut se produire dans un magasin réel, certains ont critiqué l'idée de surreprésentation de certains produits : « *les rayons sont trop larges et ajoutent de l'austérité, les éclairages (des produits) sont trop uniformes* »

Les points **négatifs** qui apparaissent sont liés à la **définition des images** « *certain rayons étaient flous* », cette remarque étant d'ailleurs tout à fait justifiée puisque, pour des raisons techniques, nous avons dû faire des choix de définition minorée pour certains rayons. Il est intéressant de noter que nos testeurs s'en sont rendus compte. Second point négatif lié au **COS choisi dans certains rayons** : « *il ne faut pas non plus des rayons trop étroits qui risquent d'étouffer les gens* ».

Produits

L'offre et la visibilité importante de différents types de produits en simultané est apprécié, surtout en comparaison avec les solutions internet classiques : « *quand je suis dans ce magasin, j'ai en face de moi une quantité incroyable de produits alors que sur une liste (site de e-commerce) je suis limité par la taille de l'écran, il faut dérouler le menu pour voir tous les produits* ». La visualisation et la manipulation des produits en 3D est plébiscitée « *si ça avait été mes courses j'aurais probablement manipulé d'autres produits* », « *ici c'est différent d'internet, les produits sont bien présentés, on peut les manipuler* » les seules limites soulignées sont faites sur l'ergonomie de cette manipulation : « *la manipulation est parfois un peu difficile avec les touches* ».

Des extensions de ce concept à des services sont évoquées « *avec les banques en ligne on pourrait faire la banque virtuelle avec du personnel, le client qui veut avoir des prêts va voir son conseiller il frappe à la porte il rentre dans le truc* » (testeur 33).

Signalétique

Les réactions sont assez partagées entre ceux qui se sont sentis à l'aise grâce à la signalétique et qui l'ont utilisée « *j'ai trouvé très bien l'affichage en bout de rayon. Ça aiguille tout de suite, c'est rapide, on gagne du temps* », « *je me suis servi de la signalétique pour trouver par exemple le rayon des soins du corps* » et ceux qui au contraire l'ont trouvée insuffisante « *peut-être mettre davantage de signalisation* », ne l'ont pas vue « *Il n'y avait pas assez d'indications de produits, comme par exemple les soins de visage* », ou n'ont pas regardé en tête de gondole « *Dans un magasin on a l'habitude de regarder en haut pour chercher la signalétique, je regardais et il n'y avait rien* ». **La signalétique apparaît donc, pour ceux qui l'ont perçue, comme un élément renforçant la valeur utilitaire de la visite.**

S'agissant de la couleur de cette signalétique très peu de testeurs l'ont commentée, sauf pour la critiquer : la signalétique noire *sur blanc était noyée dans la masse et ça ne se voyait pas* ».

Et enfin certains testeurs proposent des solutions innovantes spécifiques au digital : « *avoir un mémo au bout de chaque rayon avec le contenu serait intéressant* », « *avoir un pop-up sur le rayon pour améliorer la signalétique* ».

Avis sur les valeurs perçues (hédonistes, utilitaires)

Utilitaires : « *je pensais plus à la mission à remplir qu'à visiter le magasin* » « *c'est peut-être un peu dangereux car si c'est trop réel on peut être tenté* », « *je pourrais utiliser ce magasin dans la démarche de rechercher des informations par exemple sur les appareils photos* ». « *Pour l'habillement le magasin 3D serait sûrement une bonne idée, il faudrait un mannequin avec une photo de moi sur pieds* ».

Hédonistes : « *Clairement des atouts supplémentaires en termes de définition, de mouvement et d'ambiance* », « *je me suis fait plaisir en visitant ce magasin* ».

Là encore nous retrouvons le fait que notre expérimentation se basait sur le concept d'effectuer une liste de courses et pas de cheminer selon son bon plaisir dans un magasin 3D. En conséquence **nos testeurs ont davantage mis l'accent sur les aspects « utilitaires »**, liés à la mission à accomplir, que sur les aspects « plaisir », qui auraient été envisageables dans un autre type de scénario.

Le sentiment d'immersion

Pour une grande majorité de testeurs **les sentiments d'immersion se sont exprimés très fortement** « *C'était comme si je faisais mes courses en vrai* » « *si je devais passer une journée dans votre magasin*

je pense que je ne m'en rendrais pas compte », « on oublie un peu ce qu'il y a à l'extérieur, on est immergé pour tout ce qui est graphique », « là j'y étais, j'étais dedans ».

Certains ont également pris conscience a posteriori de la perte de repère temporel lié à cette immersion : *« si je devais passer une journée dans votre magasin je pense que je ne m'en rendrais pas compte »,* voire même une déconnexion du réel : *« de temps en temps j'avais l'impression d'être dans le magasin, de temps en temps je me déconnectais ».*

Notons également que nombre d'entre eux ont abordé la notion de plaisir ludique lié à cette immersion : *« C'est immersif et on prend ça comme un jeu », « je me suis pris au jeu », « je me sentais comme dans un jeu vidéo », « j'ai l'impression de jouer aux SIMS ».*

Les critiques visent les éléments ayant freiné ou interrompu cette immersion (qualité des images, problèmes de repérage ou d'ergonomie de déplacement) mais ne remettent jamais le concept même de cette simulation 3D en cause.

Avis sur les comportements (Bouche à oreilles, intention d'achat, intention de revisite)

Bouche à oreilles

L'impression globalement positive soulignée ci-dessus a logiquement **une bonne influence sur les feedbacks que nos testeurs de proposaient de faire de ce magasin** *« je pense que beaucoup de mes amis auraient du plaisir à visiter ce magasin »,* mais ils restent lucides sur les faiblesses qu'ils ont détectées *« si ce site possédait les améliorations que j'ai proposé j'en parlerai à mes amis ».*

Intention d'achat

Le concept a été apprécié *« Très intéressant, je m'imagine bien faire mes courses avec ça »,* et **les intentions d'achat se sont clairement exprimées** *« si j'habitais à Paris je serais bien content de rentrer chez moi et d'aller faire mes courses de cette façon ».* **Les aspects utilitaires ont été mis en avant** *« ce magasin est ouvert 24h/24 on peut l'utiliser depuis chez soi tranquillement », « on va pouvoir analyser l'ensemble des produits (proposés par le magasin dans ce rayon) et faire son choix en fonction de cette vision globale ».* Mais assez peu de verbatim concernant les aspects hédoniques liés à cette intention d'achat.

Revisite

Là aussi des intentions de revisite positives et certains se projettent même sur le long terme *« j'aimerais bien que les magasins du futur soient ainsi, on arriverait à avoir le plaisir d'un vrai magasin*

et en même temps l'avantage des magasins d'aujourd'hui sur Internet ». Toutefois le risque de lassitude, est toutefois évoqué par deux testeurs : « je ne sais pas si au quotidien on utilise ce magasin virtuel toutes les semaines, on aura la même impression ».

Soulignons que ce sont en majorité les aspects pratiques et fonctionnels (horaires, visualisation, manipulation des produits) qui sont mis en avant comme étant les vecteurs les plus prégnants favorisant ces trois types de comportements.

4.1.3 Conclusions

S'agissant des facteurs d'atmosphère sur lesquels portent nos travaux, les principaux éléments qui ressortent de l'analyse des verbatim de ce corpus sont les suivants :

- L'éclairage a été perçu majoritairement comme un moyen permettant d'apporter une valeur utilitaire à la visite.
- Il en va de même pour la signalétique et la position des produits en rayon.
- Le sentiment d'immersion est clairement exprimé.
- Le magasin 3D est perçu comme utilitaire
- La satisfaction de la visite a pour conséquence un avis positif sur l'expérience utilisateur vécue qui se traduira par un bouche-à-oreille positif.

4.2 Analyse quantitative des contenus

4.2.1 Méthodologie

Utilisant la même « matière brute » que notre analyse qualitative, notre analyse quantitative des données utilise deux éléments :

- le premier est la retranscription intégrale de nos 42 entretiens disponibles dans un document électronique (fichier.txt) permettant une analyse via un outil informatique ;

- le second est un outil logiciel, IRaMuTeQ³⁰⁸, permettant une analyse multidimensionnelle du texte. Cet outil est une interface du logiciel « R »³⁰⁹ permettant d'effectuer des analyses multidimensionnelles de texte et de questionnaires. Très proche de la méthode Alceste, il utilise les concepts de classification descendante proposées par Reinert (1983³¹⁰,1986³¹¹). L'objectif d'IRaMuTeQ est de pouvoir éclairer les chercheurs sur la structuration interne d'un, ou de plusieurs discours, ayant la même thématique. « *Le locuteur au cours de son énonciation investit des mondes propres successifs et ces lieux, en imposant leurs objets, imposent du même coup leur type de vocabulaire. En conséquence, l'étude statistique de la fréquence des mots et de la distribution de ce vocabulaire devrait pouvoir permettre de retrouver la trace des « environnements mentaux » que le locuteur a successivement investis, trace perceptible sous forme de « mondes lexicaux »* » (Rouré et Reinert, 1993, p. 573, cité par M. Marpsat, « La méthode Alceste », *Sociologie*,1, 2010).

Concrètement notre base de données, qui est la version électronique de la retranscription de l'intégralité de nos entretiens, a donc été chargée dans le logiciel IRaMuTeQ. A l'issue d'une lemmatisation automatique de l'ensemble des mots (exemple : standardisation de l'ensemble des verbes à leur forme infinitive), les principaux calculs du logiciel vont nous proposer les résultats sur les occurrences et les distances (écarts entre mots et présence ou non au sein d'une même phrase) du vocabulaire utilisé par nos testeurs. Cette étape a été effectuée grâce au concours du Pr Haralambous, enseignant-chercheur à TELECOM Bretagne.

4.2.2 Résultats

³⁰⁸ Site web : <http://www.iramuteq.org/>

³⁰⁹ « R » est un logiciel libre permettant le traitement de données et des analyses statistiques.

³¹⁰ Reinert M. (1983), Une méthode de classification descendante hiérarchique : Application à l'analyse lexicale par contexte, *Cahiers de l'Analyse des Données*, 3,187-198.

³¹¹ Reinert M. (1986), Un logiciel d'analyse lexicale [ALCESTE], *Cahiers de l'Analyse des Données*, 4, 471-484.

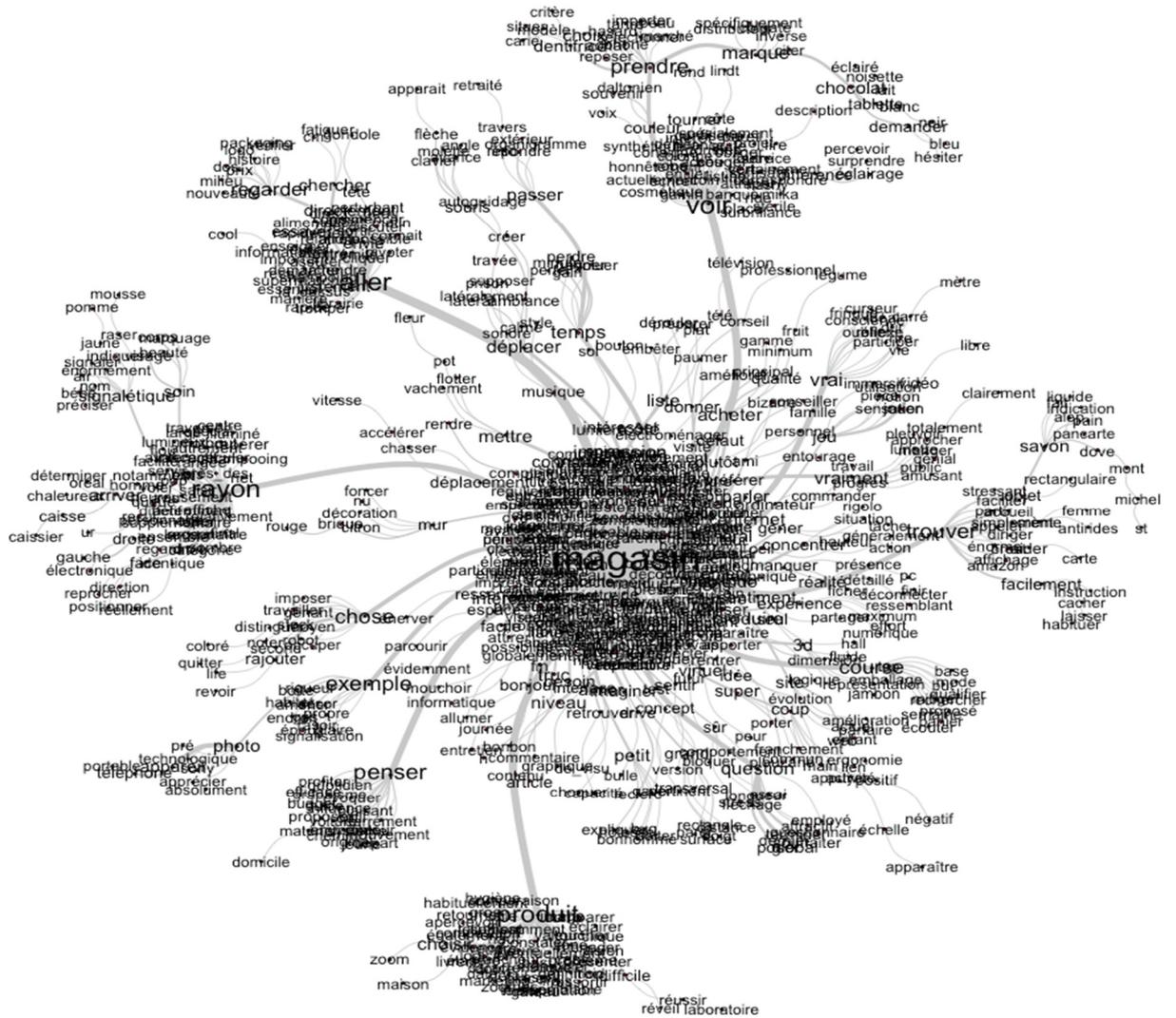


Figure 133 : Cartographie IRaMuTeQ niveau 2

Un dernier niveau d'analyse a été élaboré (niveau 3) le plus finement possible. Cette cartographie fine a été obtenue en ayant supprimé le niveau le plus haut (le mot « magasin) et a pour objectif de relier entre eux les mots essentiels tout en visualisant (traits entre les mots) la fréquence du lien par une épaisseur plus ou moins prononcée. Dans cette logique, les mots situés en terminaisons de l'arbre (appelés par la suite « mots feuilles ») sont de moindre importance par rapport aux mots centraux.

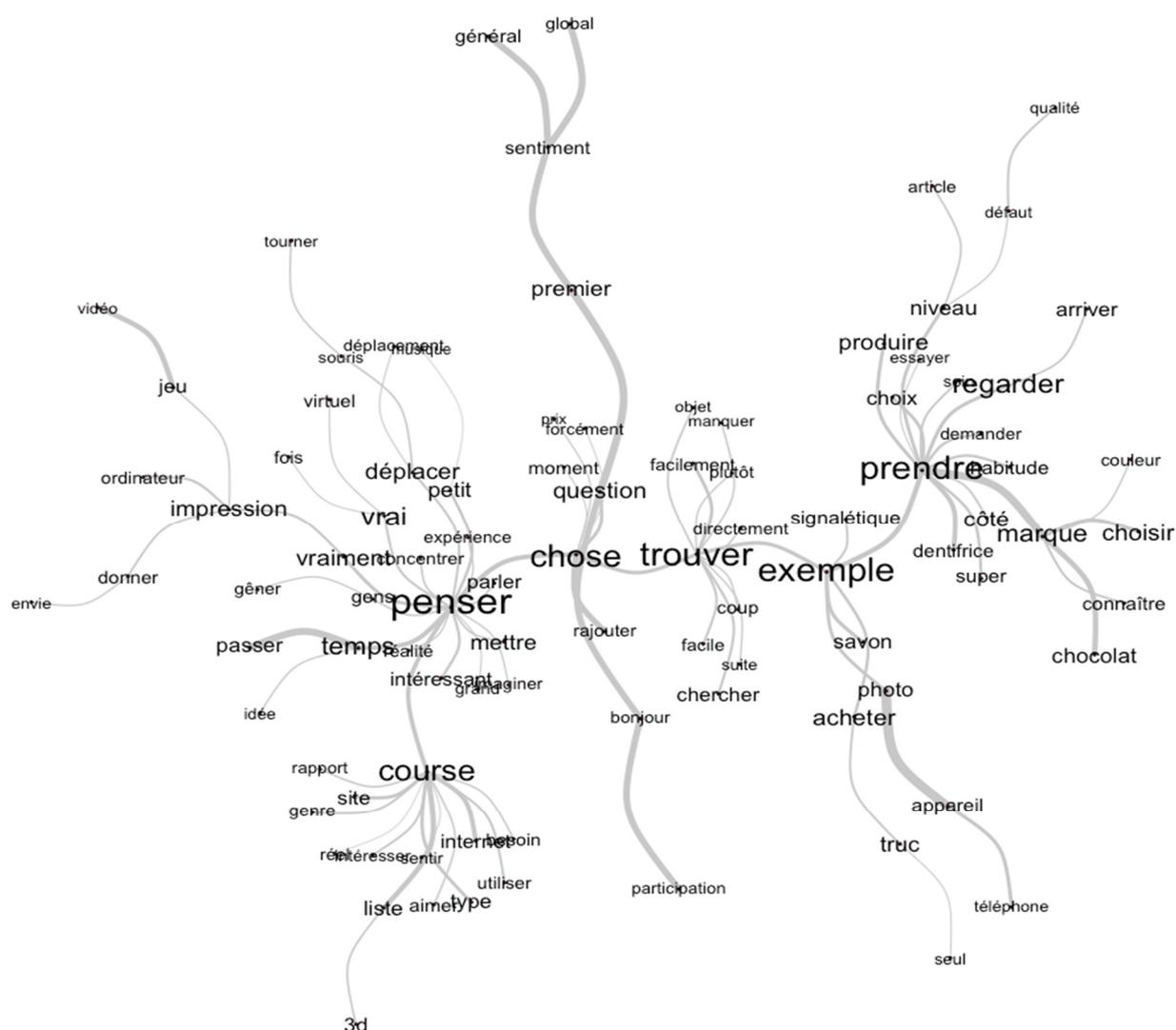


Figure 134 : Figure 100 : Cartographie fine (niveau 3) du vocabulaire utilisé par les testeurs des magasins

4.2.3 Discussion

- S'agissant de la cartographie des résultats bruts (niveau 1), elle présente une prédominance des verbes sur les noms communs et l'absence totale d'adjectifs dans les niveaux de fréquence élevés. Plus précisément les verbes sont des verbes d'action : « aller, prendre, penser, trouver, regarder ». A l'exception du mot « magasin » qui, étant au cœur de toutes nos questions, apparaît fort logiquement au centre du visuel. Les noms communs, quant à eux, sont plus directement liés aux objectifs qui étaient proposés dans l'expérimentation : « produits, rayons, course ».

Notre interprétation est que, tant pour les verbes que pour les noms communs, les préoccupations centrales de nos testeurs étaient des préoccupations **UTILITAIRES liées au but à atteindre**. Ceci est bien entendu en premier lieu lié à l'expérimentation en elle-même, puisqu'il était formellement demandé aux testeurs d'effectuer une liste de courses précises, mais peut être, probablement, également lié au **sentiment d'immersion ressenti** durant leur visite virtuelle. Ce sentiment d'immersion se traduisant par l'utilisation de verbes d'actions, uniquement envisageables si le sujet se sent « dans » la simulation 3D.

- La cartographie de niveau 2 nous permet de saisir les détails associés aux mots du premier niveau et les liens qui sont faits. Les éléments les plus prégnants sont les suivants :

- l'utilisation de termes spécifiques au monde réel. Au mot « voir » est associé directement « prendre » qui lui-même est relié à « marque ». « Aller », autre terme du monde réel, est un second nœud permettant de « chercher », de « regarder » et de « choisir ». Notre interprétation est que l'utilisation de termes spécifiques au monde réel, alors que nous sommes dans une simulation, **montre que l'immersion a été importante pour de nombreuses personnes**.
- le rayon (et ce qui lui est relié : signalétique, disposition) ainsi que le produit sont tous les deux à un niveau quasi-central. Certes ce sont des composantes importantes de notre simulation mais cette position est surtout le reflet du ressenti de nos testeurs sur l'importance de ces facteurs dans leurs choix et leurs parcours.
- Et enfin les « questions » sont liées aux « employés », on retrouve ici l'idée exposée dans nos verbatims sur l'intérêt de la présence sociale du personnel du magasin pour répondre à d'éventuelles questions.

- Et enfin la **cartographie fine (niveau 3)** nous permet de visualiser clairement deux types de comportements :

1. Sur la gauche, des expressions de réflexion et de passivité que nous interprétons comme le reflet de **certains comportements de butinage**. En effet, les mots « penser », « temps » et « passer » sont fortement corrélés entre eux et surtout liés aux déplacements, à l'impression (en haut à gauche). Ces impressions sont également liées au jeu à l'ordinateur et à l'envie, ce qui suggère l'idée que l'origine de l'immersion ressentie par les testeurs est reliée à l'outil (ordinateur et simulation 3D) utilisé.

Un seul lien entre « penser » et « courses » puisque ce type de comportement n'est pas lié à un but. Seule la contrainte du scénario imposé (liste de courses) ramène nos testeurs à la réalité.

2. Sur la **droite du schéma, des comportements de navigation liés à un but**. La ligne de démarcation centrale allant de « sentiment » à « participation » et centrée sur les « choses » scinde clairement les ressentis de droite sur des aspects opérationnels : « trouver », « prendre », « regarder ». Nous retrouvons ici nos verbes d'action présentés précédemment. Les mots ont un aspect plus utilitariste : « choix », « marque », « essayer ». **La signalétique apparaît à ce niveau confortant la dimension aide à la navigation, et donc aide pour atteindre le but** que nous avons pu détecter dans les verbatim de l'analyse qualitative précédente.

4.2.4 Conclusions

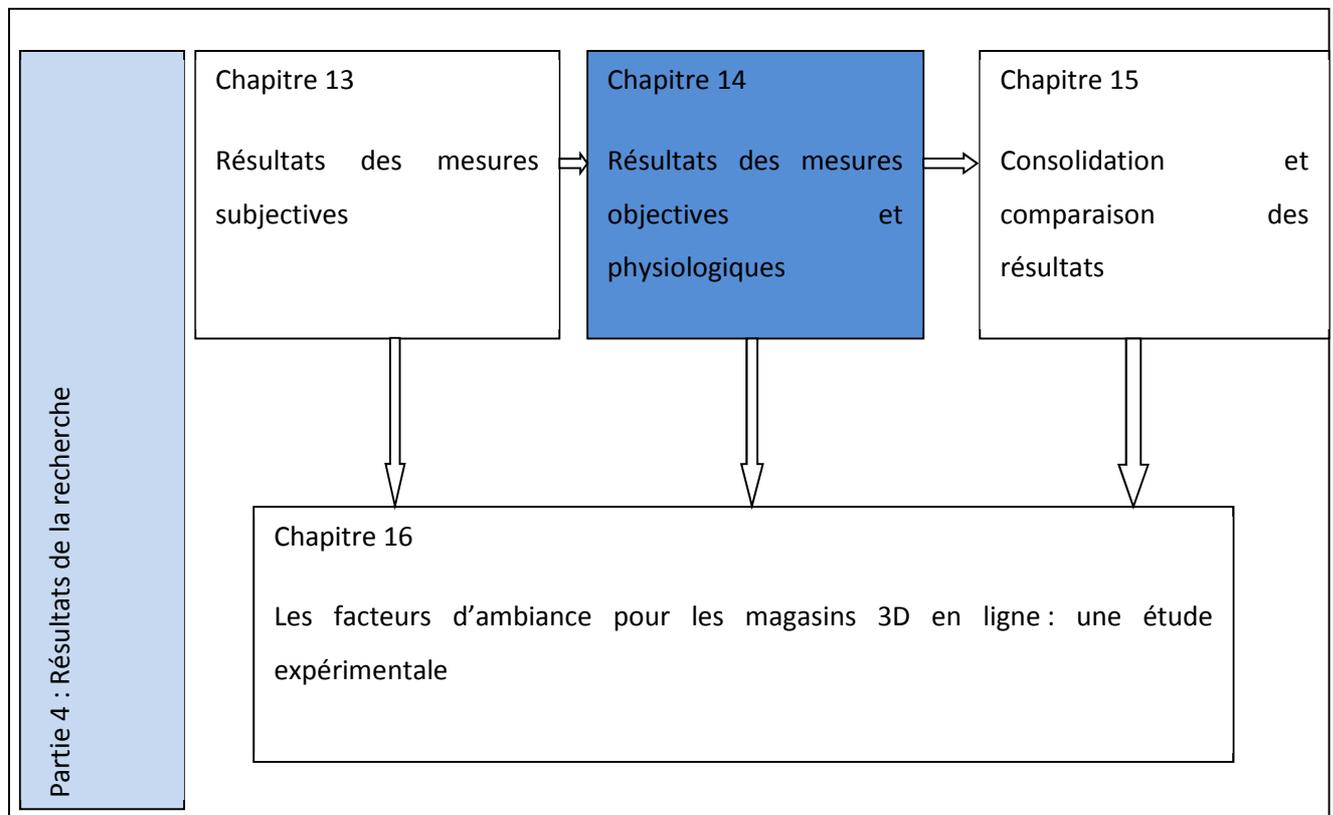
Cet outil d'analyse, utilisant les occurrences et les distances du vocabulaire utilisé par nos testeurs nous permet de conforter trois points de nos recherches :

- **l'immersion dans ce magasin virtuel a été ressentie par un grand nombre de visiteurs, elle s'est traduite par l'utilisation de verbes d'actions identiques à ceux qui sont utilisés dans le monde réel.**
- **la présentation du produit est centrale dans la préoccupation des visiteurs.** Nous devons toutefois prendre en compte le bémol de l'exercice imposé par l'expérience (acheter des produits).
- **la signalétique ressort comme élément important dans les navigations liées à un but.**

5 Conclusions du chapitre 13

Les mesures, que nous avons qualifiées de « subjectives » car issues de déclaratifs, nous ont apporté un premier niveau de réponse quant aux hypothèses de notre modèle. Grâce à l'utilisation de moyens technologiques spécifiques nous avons eu l'opportunité de compléter ces résultats par des mesures objectives principalement basées sur les données issues du suivi des regards de nos testeurs durant leur immersion dans notre prototype de magasin 3D. Ce sont ces résultats qui font l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 14 RESULTATS DES MESURES OBJECTIVES ET PSYCHOPHYSIOLOGIQUES



1 Introduction

L'objectif de cette partie de notre étude est d'analyser les comportements de notre échantillon grâce aux mesures obtenues lors de notre expérimentation.

Rappelons que nous avons construit **trois magasins virtuels** ayant chacun des caractéristiques différentes en termes d'éclairage de rayon et de couleur de signalétique. A l'intérieur d'un de ces magasins (numéro de magasin choisi de façon aléatoire avant l'arrivée de chaque personne), nos testeurs devaient effectuer un ensemble de courses virtuelles identiques et sélectionner des produits qu'ils avaient la possibilité de manipuler en trois dimensions. L'ordre des achats (précisé dans une fenêtre de l'écran) était le même pour tous les testeurs : un téléphone portable, un appareil photo, un pain de savon, un tube de dentifrice, un cosmétique pour homme et une tablette de chocolat aux noisettes de marque « U ». Chaque magasin a donc été « visité » virtuellement par 14 individus différents. Notons également que les prix des produits avaient été volontairement occultés et, s'ils apparaissaient parfois à l'écran (dans certaines parties du magasin photographiées et donc non-

interactives), ils ne concernaient pas les produits à choisir. Ceci était également précisé aux testeurs (cf. protocole de test en annexe) lors de la phase initiale d'instructions.

Notre échantillon était au total constitué de 42 personnes. La description complète de cet échantillon a été effectuée dans le chapitre précédent. Toutefois, compte tenu des difficultés techniques inhérentes à ce genre d'expérimentation, au final seules 35 mesures ont été exhaustives, et donc utilisables pour nos traitements (vidéos intégrales de l'expérimentation, suivi du regard, mesures pupillaires).

2 Méthodologie

Rappelons que notre « matière première » psychophysiological a été constituée par la somme des éléments suivants (obtenus pour chacun des sujets) :

- Les enregistrements vidéo du visage des testeurs réalisés à partir d'une caméra située sur l'écran face au testeur ;
- les enregistrements oculométriques comprenant ce qui avait été effectivement regardé par les testeurs dans le magasin qu'ils avaient respectivement visité (suivi de regard) et les mesures des réactions oculaires (dilatations, perclos) ;
- la conductivité électrodermale mesurée.

La procédure d'analyse a donc été la suivante (par ordre chronologique) :

- Effectuer une analyse quantitative des parcours. Cette partie a été scindée en plusieurs étapes :
 - Coder les différentes vidéos afin de les découper en scénarios de manière temporelle. Le codage s'est effectué en deux dimensions : la première dimension est comportementale et la seconde temporelle. Cela en vue de savoir le temps mis pour chaque individu à effectuer un comportement (sélection d'un produit, position face à un rayon, recherche d'un produit, etc.).
 - Recueillir ces durées dans une base de données de type Excel afin de simplifier les analyses en aval.
 - Réaliser les analyses statistiques sur ces données qui présentent le comportement réel de nos individus dans les magasins.
- Analyser les résultats du suivi du regard.

- Analyser les réactions oculaires
- Analyser les résultats de la conductivité électrodermale.

2.1 Nos mesures de conductivité électrodermale et leur utilisabilité

La méthodologie utilisée pour mesurer l'AED durant nos expérimentations est détaillée dans l'annexe « État de l'art des mesures psychophysiques ». Pour chacun de nos testeurs, nous avons donc obtenu une mesure continue de l'activité électrodermale durant l'expérimentation. Notre objectif était de juxtaposer ces données avec celles de l'eye tracker afin de consolider, ou non, la mesure de l'attention et du stress. Ce type de traitement a déjà été réalisé dans d'autres expériences³¹² et il permet de renforcer la robustesse des conclusions.

Malheureusement deux éléments techniques ne nous ont pas permis d'atteindre cet objectif :

- d'une part, la sensibilité insuffisante du capteur utilisé nous a limités dans l'utilisation de nos données. En effet, lors de l'analyse du signal brut, le bruit de fond des mesures ne nous a pas permis de ressortir des éléments suffisamment significatifs pour l'ensemble des testeurs. Il nous a été notamment difficile de séparer les composantes toniques, pour les variations liées au NED, et les composantes phasiques pour les variations induites par les différentes RED.

- d'autre part, des problèmes d'horloge sont apparus (manque de synchronisation parfaite entre les différents capteurs), liés au fait que nous utilisons des matériels de différentes marques. Or, pour être exploitable, une compilation entre plusieurs capteurs doit être parfaite (à la milliseconde), le moindre décalage entre ces capteurs peut apporter des réponses totalement contradictoires. Il s'avère que nombre de nos mesures n'étaient pas satisfaisantes sur ce point car, étant enregistrées sur deux ordinateurs différents, la synchronisation effectuée via une horloge en réseau s'est avérée manquer de précisions

C'est pourquoi ces mesures, bien qu'ayant été effectuées sur l'ensemble de nos testeurs, ne seront pas utilisées pour la suite de nos travaux.

³¹² Pandraud R., Laurent G. et Gourvenec B. (2015), When memory and emotions interact as mediators of "nostalgic" assessments: A study using psychophysiological measures. *45th European Marketing Academy Conference*, May 2015, Leuven, Belgium. Proceedings EMAC 2015.

Nous allons donc détailler ci-après uniquement les deux autres analyses (le parcours et le regard). En termes de technologies, nous avons utilisé les logiciels « Excel » et « The Observer XT » pour la saisie des données ainsi que les plateformes « R » et « SPSS » pour effectuer nos différents traitements.

2.2 L'analyse quantitative des parcours

2.2.1 Le concept

A l'issue de notre campagne de mesures, nous disposions donc de 42 enregistrements vidéo du parcours oculaire de chacun de nos testeurs à l'intérieur de notre magasin virtuel. Malheureusement, pour des raisons techniques indépendantes de notre volonté, seules 36 de ces vidéos se sont avérées utilisables dans leur intégralité. C'est sur cette matière que se base donc la suite de nos analyses et commentaires.



Figure 135 : Exemple de parcours oculaire : point de fixation sur un appareil photo (1ère tâche demandée)

Pour pouvoir analyser individuellement et collectivement ces résultats, et en déduire des conclusions à nos hypothèses, il était nécessaire de standardiser ces parcours afin de pouvoir mesurer et analyser l'influence de nos variables sur les réactions et choix de nos testeurs. En effet, comme chaque individu a « navigué » différemment dans la simulation, il est nécessaire de travailler les données brutes individuelles afin d'en déduire des points communs et d'exploiter ainsi ces résultats communs.

- La première partie du travail a donc consisté à définir des comportements, appelés par la suite « behaviors », et à les quantifier. Par exemple, le *behavior* « arrêt » est choisi lorsqu'il n'y a pas

de déplacement du sujet (avec la souris du PC), ou lorsqu'il s'agit d'un remplacement devant un rayon/un produit. Sa quantification débute dès lors que le sujet est arrêté plus de deux secondes devant un produit ou un rayon. La liste et la quantification de ces *behaviors* est donnée ci-dessous au paragraphe « notice d'encodage ».

- Dans un second temps nous avons détaillé certains états de ces *behaviors*, états que nous appellerons les « *modifiers* ». Ainsi l'arrêt peut être dû à la recherche d'un rayon ou d'un produit. La liste et la quantification de ces *modifiers* est donnée ci-dessous au paragraphe « notice d'encodage ».

À partir de la définition de ces règles, nous avons pu débiter le codage de chacune des 42 vidéos selon les critères ainsi définis.

2.2.2 L'outil de codage et d'analyse

Nous avons utilisé le logiciel « The Observer XT » de la société NOLDUS (<http://www.noldus.com/office/fr/observer-xt-2>). Ce logiciel est disponible sur la plate-forme LOUSTIC Brest et permet l'encodage et l'analyse des comportements. Les nombreuses références scientifiques de ce logiciel, dans différents domaines tels l'ergonomie³¹³ ou l'analyse des comportements³¹⁴, nous ont confortés dans notre choix.

2.2.3 Notice d'encodage

Nous avons dû effectuer l'encodage d'une vidéo en deux temps. En effet, il est impossible en un seul passage de codifier l'ensemble des comportements sans erreur. Il a donc été décidé de recenser certains types de comportement (ou *behaviors*) lors du premier passage et de réserver le second passage à la mesure du niveau de regard. Concrètement, ceci signifie qu'il a fallu visionner chaque enregistrement deux fois, sachant que la durée moyenne d'un enregistrement était d'environ 30 minutes, cet encodage fut très chronophage.

³¹³ Hurley K., Marshall J., Hogan K. et Wells R. (2012). A comparison of productivity and physical demands during parcel delivery using a standard and prototype electric courier truck. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42, 384-391.

³¹⁴ Delgado C., Garcia R., Navarro J.I. et Hinojo E. (2012) Functional analysis of challenging behaviours in people with severe intellectual disabilities using The Observer xT 10.0 software. *Proceedings of Measuring Behavior 2012*, Utrecht, The Netherlands, 365-367.

Voici le travail effectué pour chaque visionnage de vidéo :

1^{er} passage : Déplacement (Caractéristique arrêt), Scénario, Regard (Focus stimuli et Manipulation)

2nd passage : Niveau Regard et Balayage Regard

Afin d'uniformiser au maximum les encodages il est nécessaire de délimiter et quantifier chaque *behavior* et chaque *modifier*. Nous avons donc créé une nomenclature de chacun des *behaviors* et chacun des *modifiers* qui décrit et quantifie chaque item. Un arrêt par exemple ne sera comptabilisé comme tel que s'il dure plus de deux secondes. Voici la liste exhaustive des comportements (*behaviors*) qui ont été codés, ainsi que leurs *modifiers* respectifs.

Behavior 1	Behavior 2	Behavior 3	Behavior 4	Behavior 5	Behavior 6
Séquence d'analyse	Déplacement	Niveaux de regard	Balayage regard	Regard produit, rayon, signalétique	Etapas du scénario

Tableau 32 : Liste des *behaviors* utilisés pour le codage des vidéos

Modifier 1	Modifier 2	Modifier 3
Caractéristique arrêt	Focus stimuli	Manipulation

Tableau 33 : Liste des *modifiers* utilisés pour détailler certains *behaviors*

L'annexe : « Encodage des *behaviors* et des *modifiers* » présente en détails les critères choisis pour chacun de ces items.

A l'issue de cette étape, nous avons donc obtenu les éléments nous permettant de coder l'ensemble des vidéos de façon standardisée. Le résultat de l'ensemble de ces codages nous donnera à la fois un résumé synthétique du comportement de chaque testeur mais également une synthèse de tous ces comportements. Avec l'ensemble de ces données, il nous est alors possible de mettre en œuvre des tests statistiques sur ces données. Un exemple de tableau de synthèse de ces données est présenté ci-après.

Label	System	System	Video	System	User-defin	User-defin	User-defin	User-defin	External data	External data	External data	External data			
Stop time	Duration	<Media File >	Start time	Observe	Observe	Couleur signalétique	Eclairage produit	<Imported>	<Imported> (1)	<Imported> (2)	<Imported> (3)	<Imported>			
Description	The stop time of the observation	The duration of the observation	The start time of the observation												
Type	Timestamp	Duration	File reference	Timestamp	Text	Text	Text	<Imported>	<Imported>	<Imported>	<Imported>	<Imported>			
Format	HH:mm:ss,ff	s,ff		HH:mm:ss,ff											
Predefined Values	Observation	Observation	Observation	Observation	Observ	Observ	Observ	Observ	Observ	Observ	Observ	Observ			
Scope	Automatic	Automatic	External	Automatic	Option	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional			
Value Update	Automatic	Automatic	External	Automatic	Option	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional			
Observation	Event log	S	No.												
Anaëlle	Event log	1	16:45:22,20	546,70	...\anaëlle...	16:36:15,50	Bernard	Annaëlle	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
AnneF	Event log	2	15:38:29,89	1736,57	C:\...annef.avi	15:09:33,32	Bernard	AnneF	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Beatrice	Event log	3	16:21:45,85	216,55	...beatrice.avi	16:18:09,30	Daniel	Beatrice	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Cécile	Event log	4	16:53:07,85	647,54	C:\...cecile.avi	16:43:29,32	Bernard	Cécile	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
CécileB	Event log	5	14:44:32,71	788,75	...cecile b.avi	14:31:23,97	Hicham	Cécile B	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Cheumn	Event log	6	14:24:12,02	585,85	C:\...cheumn.avi	14:14:26,17	Bernard	Cheumn	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Christian	Event log	7	16:41:29,29	739,97	...christia...	16:29:08,42	Daniel	Christian	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Cindy	Event log	8	10:32:36,25	556,30	C:\...cindy.avi	10:23:20,05	Hicham	Cindy	Rouge	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Claudine	Event log	9	09:55:05,69	1129,15	...claudine.avi	09:36:16,55	Bernard	Claudine	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Dalia	Event log	10	12:19:21,87	479,31	C:\...dalia.avi	12:11:22,57	Antoine	Dalia	Rouge	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Dylan	Event log	11	16:42:08,84	796,67	C:\...dylan.avi	16:28:31,97	Hicham	Dylan	Rouge	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Emilie	Event log	12	18:18:14,63	786,85	C:\...emilie.avi	18:05:07,78	Bernard	Emilie	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Fab	Event log	13	15:19:44,10	818,44	C:\U...Fab.avi	15:06:05,67	Hicham	Fab	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
FrançS	Event log	14	10:33:09,37	1020,08	...francs.avi	10:26:09,29	Daniel	Franç S	Rouge	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Herve	Event log	15	17:20:34,96	726,15	C:\...herve.avi	17:08:28,81	Bernard	Herve	Rouge	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Joris	Event log	16	16:43:36,81	606,80	C:\...joris.avi	16:33:50,01	Antoine	Joris	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Lancelot	Event log	17	11:00:34,25	885,00	...lancelot.avi	10:50:49,75	Bernard	Lancelot	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Lenak	Event log	18	17:12:43,06	871,72	C:\...lenak.avi	16:58:11,94	Daniel	Lenak	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Margot	Event log	19	16:19:20,21	590,04	C:\...margot.avi	16:09:30,18	Bernard	Margot	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Marielo	Event log	20	17:45:55,76	988,63	...marie jo.avi	17:29:27,13	Daniel	Mari Jo	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Margorie	Event log	21	14:57:38,77	412,88	...margorie.avi	14:50:43,89	Bernard	Margorie	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Marting	Event log	22	15:34:40,17	746,77	...marting.avi	15:22:13,39	Bernard	Martin G	Blanc	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Marysel	Event log	23	15:52:27,71	786,17	...marysel.avi	15:39:21,54	Hicham	Marysel	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Mathieu	Event log	24	09:31:47,85	832,28	...mathieu.avi	09:17:55,57	Daniel	Mathieu	Rouge	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
MaximeM	Event log	25	14:44:34,50	676,30	...maximeM...	14:33:16,20	Bernard	Maxime	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Michel	Event log	26	14:15:06,72	909,46	C:\...michel.avi	13:59:57,26	Daniel	Michel	Rouge	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Myriam	Event log	27	10:22:02,13	1027,97	...myriam.avi	10:04:54,17	Bernard	Myriam	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
NathalieN	Event log	28	10:46:05,89	374,67	...nathalie...	10:44:04,36	Bernard	Nathalie	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Patrick	Event log	29	11:50:33,45	739,10	...patrick2.avi	11:38:14,35	Antoine	Patrick 2	Rouge	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Philippe	Event log	30	11:27:54,98	898,52	...PHILIPPE.a...	11:12:56,45	Bernard	Philippe	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
PhilippeT	Event log	31	17:13:31,25	790,60	...philippe...	16:58:21,65	Bernard	Philippe	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Pierre sa	Event log	32	17:14:59,60	1145,09	...pierre...	16:55:57,52	Daniel	Pierre Sa	Jaune	Non	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Stephanie	Event log	33	14:47:30,99	850,59	...stephani...	14:33:20,40	Bernard	Stephani	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Thomas	Event log	34	17:32:37,85	40,78	...thomas.avi	17:31:56,87	Daniel	Thomas	Rouge	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
ThomasB	Event log	35	08:00:52,63	5779,06	...thomasb...	15:58:43,57	Bernard	Thomas	Blanc	Droite	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran
Yulia	Event log	36	13:33:06,04	1147,85	C:\...yulia.avi	13:13:58,19	Daniel	Yulia	Rouge	Gauche	Perlios	Concentration	Regard Ecran	Regard Notice	Regard Ecran

Figure 136 : exemple de tableau de synthèse de données de l'ensemble des comportements de magasinage.

3 Résultats

L'objectif de cette partie est de présenter les résultats statistiques qui décrivent le comportement « réel » de nos testeurs dans le Magasin 3D.

Ces analyses statistiques s'articulent autour des axes suivants :

- ✓ Facing hauteur :

Au niveau de tous nos magasins pris ensemble, y a-t-il une tendance des testeurs à plus regarder en « bas », en « haut » ou au « milieu » ?

- ✓ L'éclairage :

Existe-t-il une tendance pour nos individus à choisir les produits en colonne éclairée ou en colonne non éclairée ?

- ✓ La signalétique :

La signalétique et sa couleur ont-elles une influence sur son utilisation ?

Pour tous nos tests, nous utiliserons un seuil de risque de 5%. Celui-ci représente la probabilité que nous avons pour nous tromper en cas d'acceptation ou de rejet de l'une de nos hypothèses H0.

Notre matériau de base est donc, pour chaque individu, et en conséquence également pour chacun des trois magasins testés, les données quantitatives issues du traitement des vidéos indiquant précisément soit le nombre (signalétique) soit les durées de chaque *behavior* et de chaque *modifier*. Voici un exemple d'un extrait de tableau obtenu pour un des trois magasins (magasin 2).

CLIENTS	SIGNALETIQUE	HAUT	BAS	MILIEU	ECLAIRE	NON ECLAIRE
A...	4	0	20.25	51.5	46.55	31.3
B...	5	2.1	0	0	0	13.4
Co...	18	26.2	5.8	25.4	7	20.45
Jo...	9	108.35	10.9	149.2	21.65	2.1
Le...	2	0	12.2	64.4	20.2	28.4
Ma...	12	11	9.3	80.6	71.04	27.9
Mar...	8	16.3	2.6	25.3	26.2	0
M...	8	16.3	6.3	69.95	11	0
Mx...	7	21.3	0.45	53	75.75	16.05
Ph...	9	8.05	12.7	13.3	3.15	0
PhT...	14	0	0	0	3.85	33.75
Sté...	3	59.95	29.5	29.5	14.5	15.75
Tho...	2	7.15	6.05	15	11	11.95
Moyenne	7.76	21.28	8.93	44.4	24	15.5

Figure 137 : Exemple de tableau de résultats (magasin 2)

3.1 Facing hauteur : Influence de la position du produit sur le choix des testeurs

Notre hypothèse est que la hauteur a un effet sur le choix du produit regardé par les individus. Nous avons ici utilisé l'ensemble des données des trois magasins.

Si V1 est la direction du regard de l'utilisateur entre BAS, MILIEU et HAUT et VD le temps de fixation, nous obtenons

Min	BAS	:	0.45	Min	MILIEU	:	9.9	Min	HAUT	:	0
Max	BAS	:	54.65	Max	MILIEU	:	149.2	Max	HAUT	:	179.95
Mean	BAS	:	19.33	Mean	MILIEU	:	41.03	Mean	HAUT	:	40.39
Median	BAS	:	12.775	Median	MILIEU	:	27.85	Median	HAUT	:	28.7

Nous effectuons un test de normalité (test de Shapiro). La P.value obtenue est égale à $9.69767279420144e-10^{**}$. L'échantillon ne respecte donc pas une loi normale. En conséquence les tests non-paramétriques sont adéquats.

Nous effectuons tout d'abord un test de Kruskal-Wallis sur l'ensemble des valeurs. La p.value obtenue est 0.0071. Ceci signifie que qu'il y a un rejet d'égalité des moyennes et que notre échantillon contient des différences significatives. Nous établissons alors une **comparaison des magasins un à un** en effectuant un test de Wilcoxon.

Regards BAS vs MILIEU : Le test de Wilcoxon nous donne une P.value de 0.0018. Ceci signifie qu'il y a une **différence significative entre les regards portés en bas du rayon (médiane=12.775) et ceux effectués au milieu du rayon (médiane=27.85)**.

Regards BAS vs HAUT : Le test de Wilcoxon nous donne une P.value de 0.0319. Nous pouvons donc conclure qu'il y a une **différence significative entre les regards bas (médiane=12.775) et hauts (médiane=28.7)**.

Regards MILIEU vs HAUT : Le test de Wilcoxon nous donne une P.value de 0.5498. **Nous concluons qu'il n'y a pas de différence entre les regards « milieu » et « haut ».**

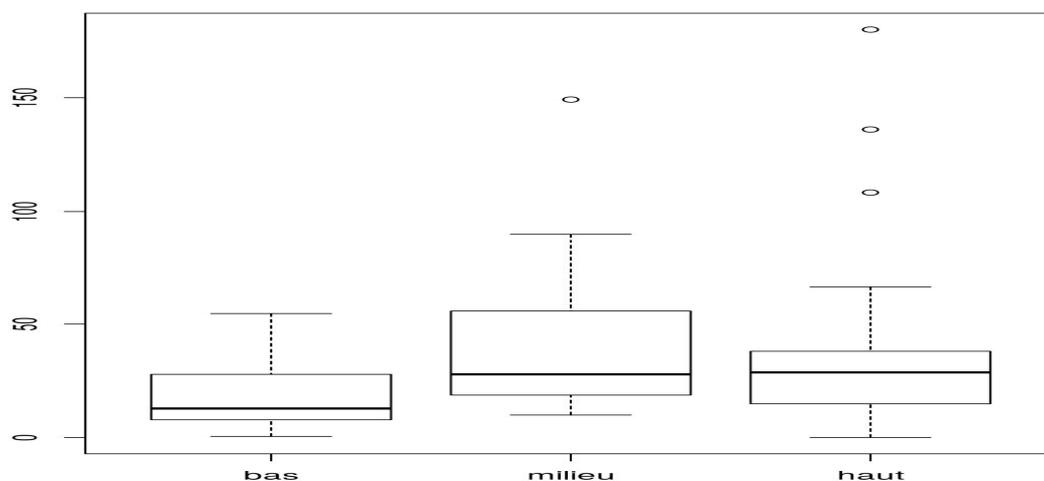


Figure 138 Répartition des observations mesurant la hauteur des regards

Nous pouvons comparer ici ces résultats objectifs aux résultats issus du déclaratif puisque les questions post-expérience n° 33 et 34 concernaient cette position verticale des produits. Seulement 17 personnes sur 42 déclarent avoir choisi les produits en fonction de leur position verticale, et parmi eux la grande majorité (14) déclarent avoir choisi un produit présenté en milieu du rayon, les trois autres ayant choisi le haut. Les résultats des deux modes de mesure convergent donc pour valider le fait que **la position d'un produit sur un rayon virtuel a une influence sur le choix du visiteur car il regardera beaucoup plus facilement les produits au milieu ou en haut de son champ de vision que ceux situés en bas.**

3.2 Influence de l'éclairage d'une colonne de produit sur le choix objectif des testeurs

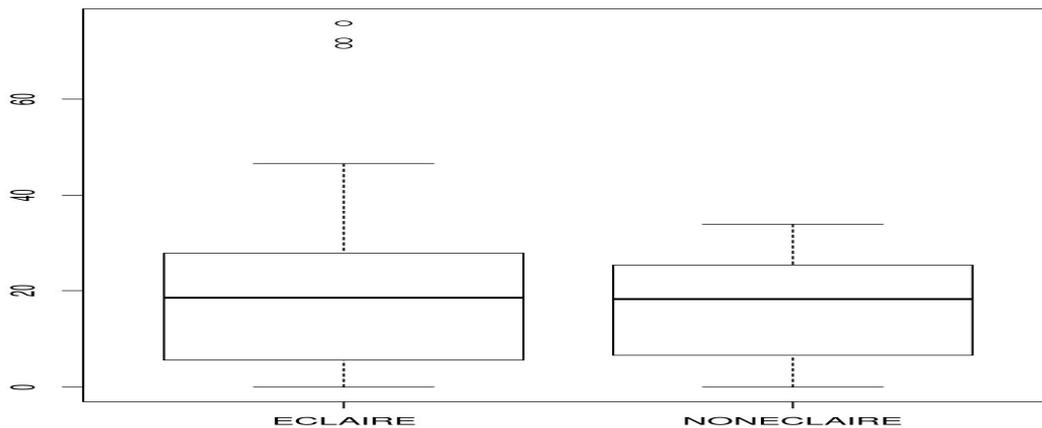
Rappelons que nos trois magasins proposaient chacun une configuration différente en termes d'éclairage des colonnes de produits à acheter :

- Dans le magasin 1, aucun d'éclairage additionnel, tous les produits sont donc éclairés de façon identique par l'éclairage d'ambiance du magasin.
- Magasin 2, éclairage d'ambiance plus éclairage additionnel sur la colonne de gauche des produits similaires à sélectionner.
- Magasin 3, éclairage d'ambiance plus éclairage additionnel sur la colonne de droite.

Notre hypothèse est que l'éclairage d'une colonne de produit a un effet sur le choix du produit fait par les individus. Nous avons ici utilisé l'ensemble des données des trois magasins.

Min ECLAIRE : 0	Min NONECLAIRE : 0.75
Max ECLAIRE : 75.75	Max NONECLAIRE : 33.75
Moyenne ECLAIRE : 23.47	Moyenne NONECLAIRE : 16.56
Médiane ECLAIRE : 18.525	Médiane NONECLAIRE : 18.25

Nous effectuons un test de normalité (Shapiro), la P.value obtenue est de $1.72098712650072e-05^{**}$. La distribution des données ne suit pas une loi normale, les tests non-paramétriques sont donc pertinents. Nous réalisons donc un test de Wilcoxon sur le choix : ECLAIRE vs NONECLAIRE. La P.value est de 0.63, **il n'y a donc pas d'effet significatif de la lumière.**



Nous pouvons comparer ici ces résultats objectifs aux résultats issus du déclaratif puisque les questions post-expérience n° 31 et 32 concernaient cette lumière additive. **Notons d'abord que 29 personnes sur 42 (soit 69%) ont bien perçu cette différence d'éclairage.** Sur ces 29 personnes ayant perçu cette différence 15 déclarent avoir choisi le plus éclairé versus 14 affirmant que cela ne les a pas influencé. **Les résultats objectifs et subjectifs sont ici identiques ce qui renforce la véracité de notre conclusion : l'éclairage additionnel d'une colonne de produit n'a pas d'influence sur le choix objectif des testeurs.**

3.3 Influence de la signalétique et de sa couleur

S'agissant maintenant de l'utilisation de la signalétique, nous utilisons les résultats de notre analyse/codage des vidéos. Nos données sont **le nombre de regards effectivement portés sur la signalétique** par chacun des individus durant sa visite. La moyenne est de 6 regards sur l'ensemble des magasins avec un écart type de 3.9. Le détail par magasin est donné dans le tableau ci-dessous :

Magasin	Nombre de regards	Nombre de testeurs
1	76	11
2	70	13
3	67	12

Nous sommes ici dans le cas d'une analyse de trois échantillons indépendants de moins de 30 individus, nous utilisons le test non paramétrique de Kruskal et Wallis, test permettant en outre une comparaison multiple des échantillons deux à deux. Le $q(\alpha)$ est égal à 5.99 avec une p-value de 0,673. Nous ne rejetons pas l'hypothèse nulle, les échantillons ont donc la même distribution, **il n'y a pas de différence significative mesurée dans l'utilisation de la signalétique des trois magasins.**

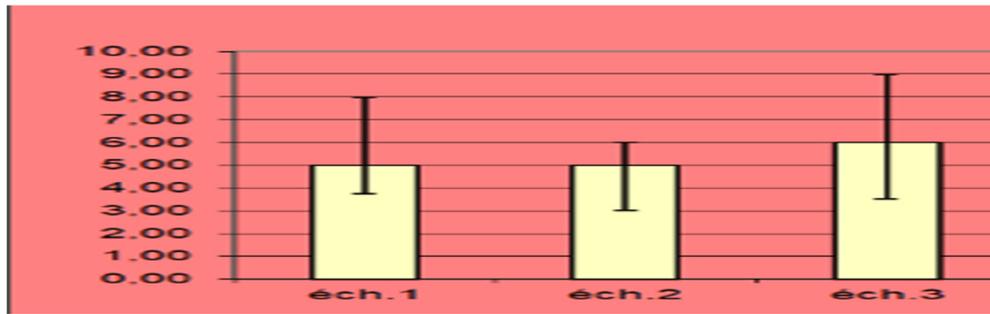


Figure 139 : Visualisation des résultats de l'utilisation de le signalétique dans les trois magasins.

Une comparaison groupe à groupe nous apporte confirmation que, même en acceptant un seuil de risque très supérieur à 5%, **les différences entre les groupes deux à deux ne sont pas significatives** (ex : avec un seuil de 5% : comparaison éch 2/ éch 3= 1,86 résultat largement inférieur à la valeur 10,10).

4 L'analyse quantitative des réactions pupillaires

Rappelons tout d'abord que, comme nous l'avons présenté en détails dans l'état de l'art la réponse pupillaire est un excellent indicateur de l'intensité du processus cognitif (Just et Carpenter, 1993)³¹⁵ et que selon Hess et Polt (1964)³¹⁶ : « plus la tâche proposée au participant est difficile plus la dilatation pupillaire sera importante ».

L'ensemble des enregistrements oculométriques superposés à la vidéo du parcours du testeur et à la caméra faciale sont synthétisables via le logiciel « the Observer ». Toutefois, cette visualisation synthétique (voir exemple ci-dessous), même si elle est très intéressante pour une analyse globale des parcours et des données s'y reportant, ne permet pas toujours d'entrer dans les détails. Il a donc été également nécessaire de retraiter les données oculaires brutes pour en tirer toute la quintessence.

³¹⁵ Just M. A. et Carpenter P. A. (1993), The intensity of thought: pupillometric indices of sentence processing, *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 47, 310–339.

³¹⁶ Hess E. H. et Polt J. H. (1964), Pupil Size in Relation to Mental Activity During Simple Problem Solving, *Science*, 143, 1190-1192.

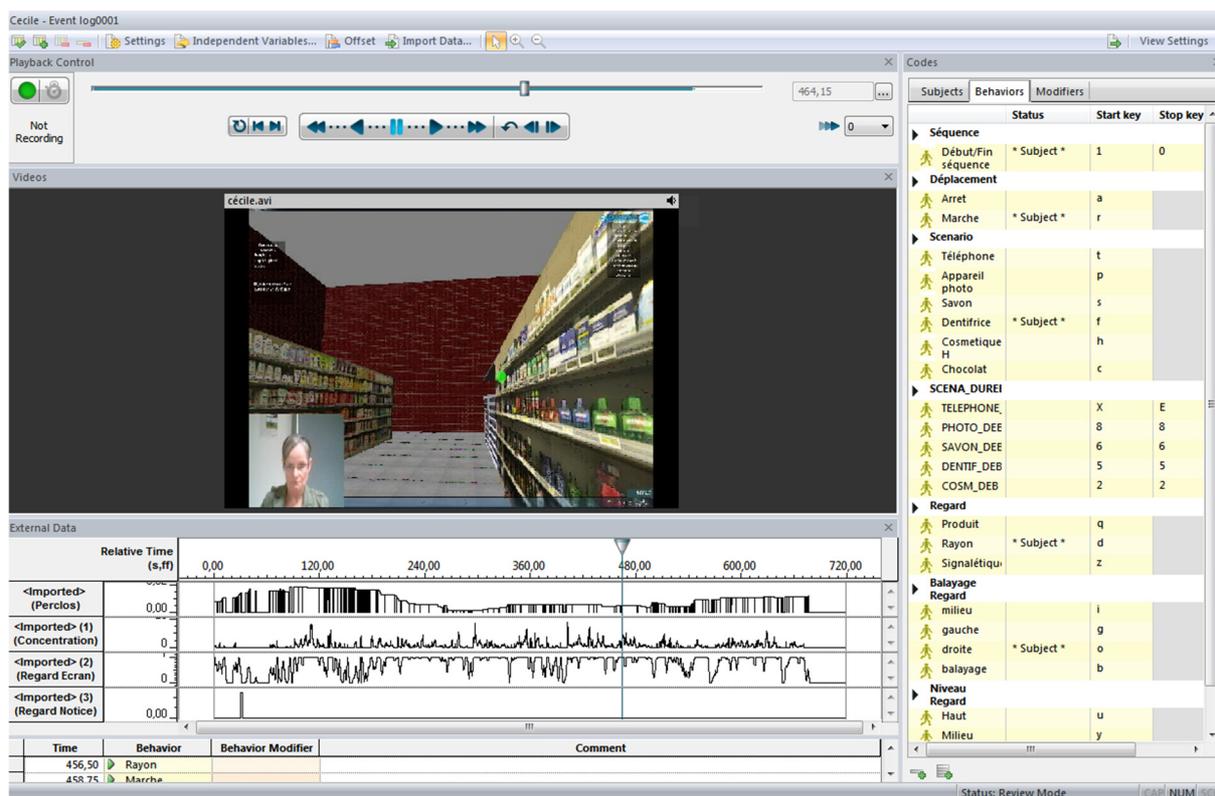


Figure 140 : Exemple de synthèse obtenue avec le logiciel The Observer (testeur n°39).

4.1 Méthodologie d'analyse des données

Dès lors que le temps passé pour chaque tâche varie et que chaque parcours est totalement nouveau et indépendant, il nous était impossible de compiler les résultats oculométriques de l'ensemble de nos testeurs. Notre méthodologie a donc été dans un premier temps de ressortir l'activité oculaire par individu sur l'ensemble des visites, dans un second temps d'en détecter individuellement les moments clés (pics et vallées des graphes) et dans un troisième temps de re-visualiser le parcours oculaire des individus correspondant à ces moments clés

Étape 1 : Nous avons tout d'abord effectué un nettoyage des données en éliminant les données erratiques. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur une méthodologie validée par Jackson et Sirois (2009)³¹⁷ permettant d'éliminer les données erratiques.

³¹⁷ Jackson I. et Sirois S. (2009). Infant cognition: going full factorial with pupil dilation, *Developmental Science*, 12(4), 670–679.

Nous avons également choisi arbitrairement un seuil de 70% de données valides sur l'ensemble d'un enregistrement des deux yeux d'un testeur pour l'analyser individuellement ou non. Nous avons également enlevé un testeur « hors norme » en termes de dilatation pupillaire (moyenne 6,22mm). Sur ces bases, nous avons pu effectuer 28 analyses individuelles complètes sur les 44 testeurs enregistrés. Toutefois les données valides recueillies sur tous les testeurs ont été conservées pour analyser les données globales.

À l'issue de ce nettoyage, nous avons obtenu une représentation graphique complète de l'ensemble des parcours (voir exemple ci-dessous) que nous avons fusionnée avec les résultats présentés par le logiciel « The Observer ». Avec ces matériaux nous avons détecté, pour chaque testeur, les tronçons durant lesquels un évènement particulier (écart important par rapport à la moyenne) s'était produit.

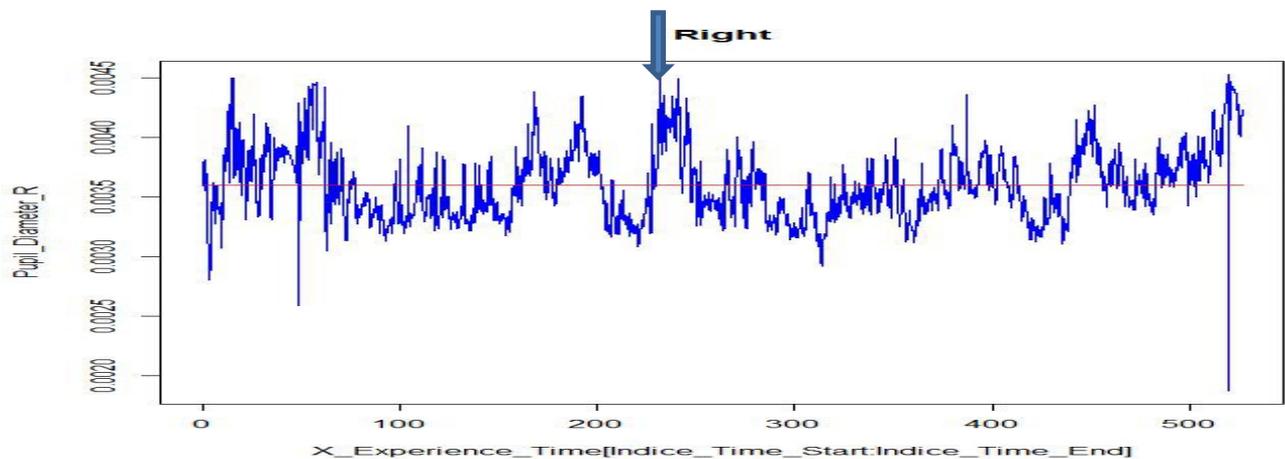


Figure 141 : Exemple de résultats globaux, testeur 26

Dans l'exemple ci-dessus, la durée de l'expérimentation a été de 520 secondes, la pupille droite est dilatée en moyenne de 3.6 mm. Nous repérons plusieurs pics au-delà de cette moyenne, (notamment le contraste le plus important à 240 secondes du début de l'expérimentation, indiqué ici par une flèche) pics que nous analyserons en détails dans la seconde étape. Par ailleurs, nous disposons également des données complémentaires suivantes :

Testeur 26_Mon_Jun_24_09_57_23"

- Pourcentage de données manquantes oeil gauche: 6.45 %"
- Pourcentage de données manquantes oeil droit: 6.77 %"
- Maximum de dilatation œil gauche: 0.00469
- Maximum de dilatation œil droit: 0.00453
- Moyenne de dilatation œil gauche: 0.00375
- Moyenne de dilatation œil gauche sans valeurs extrapolées: 0.00373
- Moyenne de dilatation œil droit: 0.00360
- Moyenne de dilatation œil droit sans valeurs extrapolées: 0.00357

- Nombre total de blinks sur la période : 35
- Durée maximum des blinks sur la période 0.24
- Durée moyenne des blinks sur la période : 0.143
- Nombre total de saccades sur la période : 285

Dans cet exemple, les données sont de qualité puisque plus de 93% des données de chaque œil sont disponibles.

Étape 2 : analyse de la dilatation pupillaire des deux yeux sur les tronçons de parcours remarquables détectés en étape 1 (exemple ci-dessous testeur 2, œil gauche uniquement sur les 680 premières secondes).

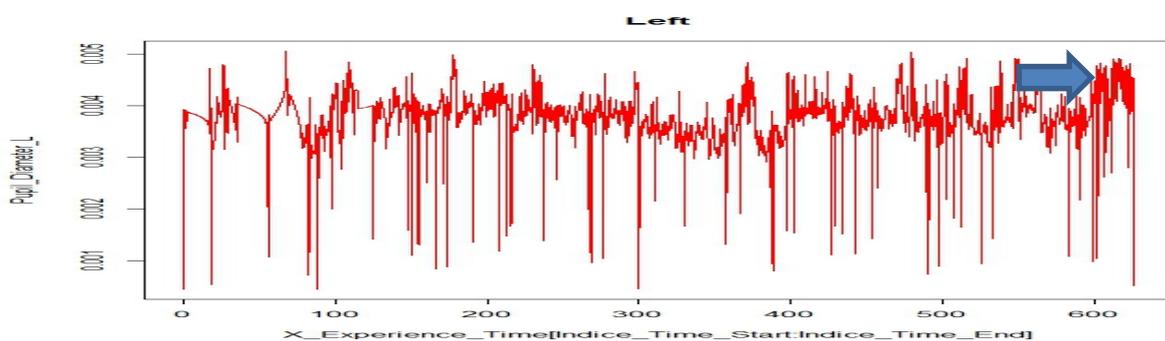


Figure 142 : Analyse détaillée sur testeur 2 entre la seconde 90 et la seconde 650

Dans cet exemple l'expérimentation en elle-même débute aux environs de la 90^e seconde. La dilatation pupillaire moyenne de l'œil gauche se met alors à croître régulièrement pour atteindre une moyenne de 3.9mm. Nous constatons une **augmentation importante de ce diamètre** dans la période allant de la 580 à la 660^e seconde.

Étape 3 : Afin de pouvoir expliquer ces variations ? nous avons ensuite utilisé la capture vidéo des parcours des sujets. Sur cet exemple ? ce travail nous montre (capture d'écran ci-dessous à la 620^e seconde) que son attention durant ce laps de temps est consacrée à la **lecture de la signalisation afin de trouver le rayon** lui permettant d'effectuer son achat suivant. Comme nous l'avions présenté dans l'état de l'art, l'accroissement d'attention s'accompagnerait d'une dilatation pupillaire (Davies, Parasuraman, 1982)³¹⁸. Nous pouvons en déduire que, pour ce sujet, **la signalétique a été utilisée** et que, compte tenu de l'augmentation de sa dilatation pupillaire, cette utilisation se traduit par une **augmentation de sa concentration**. Notons qu'il en va exactement de même pour l'exemple précédent

³¹⁸ Davies D. R. et Parasuraman R. (1982), The psychology of vigilance. London, R.-U. : Academic Press.

(testeur 26) durant la période remarquable soulignée auparavant (aux environs de la 240^e seconde et suivantes).



Figure 143 : capture de la vidéo du testeur 2 (magasin 1) à la seconde 620, point de fixation du regard (rond jaune) situé sur la signalétique de tête de gondole.

4.2 Résultats globaux

4.2.1 Moyenne des dilatations pupillaires par magasin.

En comparant les trois groupes ayant expérimenté les trois magasins, **nous n'avons pas trouvé de différence significative entre les moyennes des dilatations pupillaires des sujets dans ces trois environnements**. Ce résultat n'est pas très surprenant dans la mesure où, mis à part la signalétique et quelques variations dans les positions des colonnes de produits éclairés, ces trois magasins sont agencés, décorés et éclairés de la même manière.

La moyenne de l'ensemble des dilatations pupillaires mesurées (pour les 28 testeurs dont les données complètes ont été utilisées) est de 4.65mm avec un écart type de 0.653mm. Ces résultats sont tout à fait dans les valeurs classiques de mesures pupillaires. Pour la plupart des individus, et après un pic en début d'expérience, **la valeur moyenne progresse tout au long de l'expérimentation**, signe de concentration/immersion croissante de nos sujets. Enfin à l'issue de la dernière sélection de produit la dilatation pupillaire revient au niveau moyen. Nous présentons ci-dessous un exemple significatif.

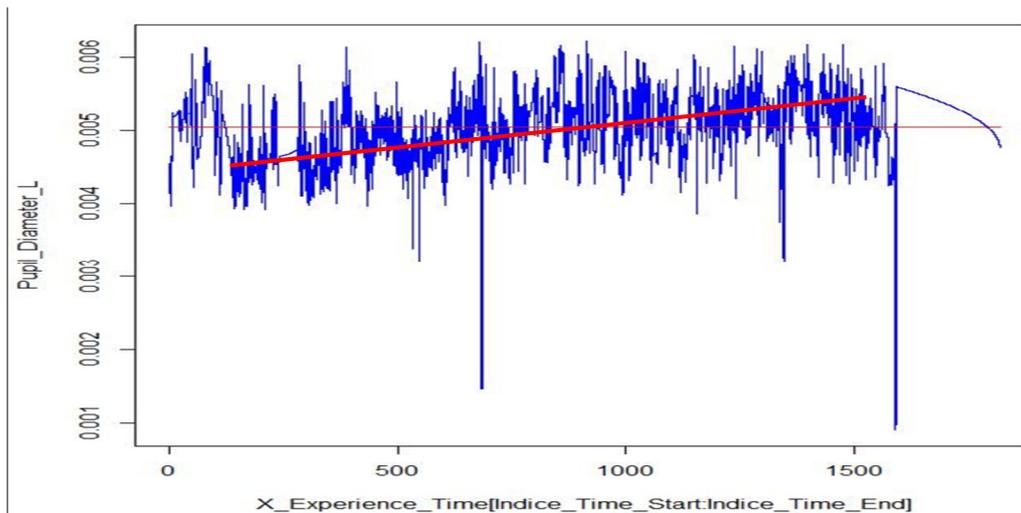


Figure 144 : exemple de dilatation pupillaire croissante (œil gauche sujet 2). Valeur moyenne 5.01mm. En rouge l'évolution de la valeur moyenne durant les phases de l'expérimentation.

4.2.2 Variation des dilatations pupillaires

Sur ce point, les conclusions globales que nous tirons de l'ensemble des données de nos testeurs sont les suivantes :

- conformément à l'état de l'art, nous avons constaté que **les pics de dilatation pupillaires observés sont reliés directement à des moments du parcours durant lesquels les testeurs avaient à se concentrer davantage comme le choix d'un produit ou le repérage d'un rayon.**
- plus précisément, les moments de choix du produit se traduisent par une augmentation du diamètre pupillaire de plus de 10% dans plus de 88% des cas.
- **L'utilisation de la signalétique** se traduit également dans plus de 80% des cas par une **augmentation du diamètre pupillaire.**
- Dans ces deux, cas l'écart moyen entre la dilatation pupillaire moyenne et la dilatation extrême mesurée est de 26% (écart type 7.12%). **Cette valeur est suffisamment significative pour nous permettre d'affirmer que l'augmentation constatée est validée.**
- **les difficultés dans les déplacements et/ou dans la visualisation de produits,** difficultés liées à un manque de maîtrise de l'interface, amènent systématiquement une dilatation pupillaire supplémentaire.
- Et enfin, lorsqu'il est présent, **l'éclairage additionnel d'une colonne de produits se traduit par une augmentation du diamètre pupillaire moyen** de l'ordre de 15% pour l'ensemble des personnes y ayant été exposées.

4.2.3 Les blinks

Compte tenu de la grande diversité des parcours tant en durée qu'en cheminements, il n'était pas non plus envisageable de comparer les données des uns et des autres sur cet indicateur. Comme nous l'avons présenté dans l'état de l'art, rappelons que le clignement, ou eye blink, est la couverture momentanée de l'œil par la paupière et que l'augmentation de sa fréquence est un signe de fatigue ou de tâche immersive ou d'un haut niveau cognitif.

Nos enregistrements montrent que le nombre moyen de blinks effectués durant le parcours varie avec l'âge, les sujets les plus jeunes (moins de 30 ans) étant sur une moyenne située entre 13 et 20 blinks par minutes, les personnes de moins de 60 ans entre 20 et 40 blinks/mn, et la plupart des personnes plus âgées étant au-delà des 40 b/mn. Ceci est conforme à l'état de l'art.

La durée moyenne des blinks est par contre assez uniforme puisqu'elle est, en moyenne tous sujets confondus, de 0,169 secondes avec un écart type relativement faible (0,05 s). Là encore ces résultats sont conformes à ce qui était attendu et conforte donc la qualité de nos mesures.

Pour tous les sujets dont les données ont été exploitables, sauf un (porteur de lunettes filtrantes), nous avons pu observer une **augmentation des blinks au moment des choix des produits**. Notons également que cette **augmentation était plus flagrante en début de parcours**. Nous interprétons cela comme le résultat d'un apprentissage de la simulation, les choix et les déplacements faits en début de parcours mobilisant davantage de ressources cognitives.

4.3 Influence mesurée des facteurs d'atmosphère

Nous avons utilisé plus finement ces résultats quantitatifs afin d'analyser, un à un, l'influence de la variation des facteurs d'atmosphère.

4.3.1 Influence éclairage additionnel

Rappelons que certaines colonnes de produits étaient plus éclairées que d'autres dans deux des magasins. Contrairement au déclaratif, nous avons constaté que, **dans plus de 80% des cas** (82% exactement), **les premiers regards face à un rayon se portaient sur les colonnes des produits éclairés** et que le choix (mise en panier) se faisait sur cette colonne de produits.

Second résultat, lorsque cette attention est portée sur une colonne éclairée on constate, dans plus de 90% des cas, un accroissement de la dilatation pupillaire. Toutefois nous pondérons notre conclusion par le fait que cette dilatation pourrait provenir en partie du flux de lumière légèrement plus important généré par cet éclairage supplémentaire, même si il est relativement dilué comme nous pouvons le voir dans l'exemple ci-dessous.

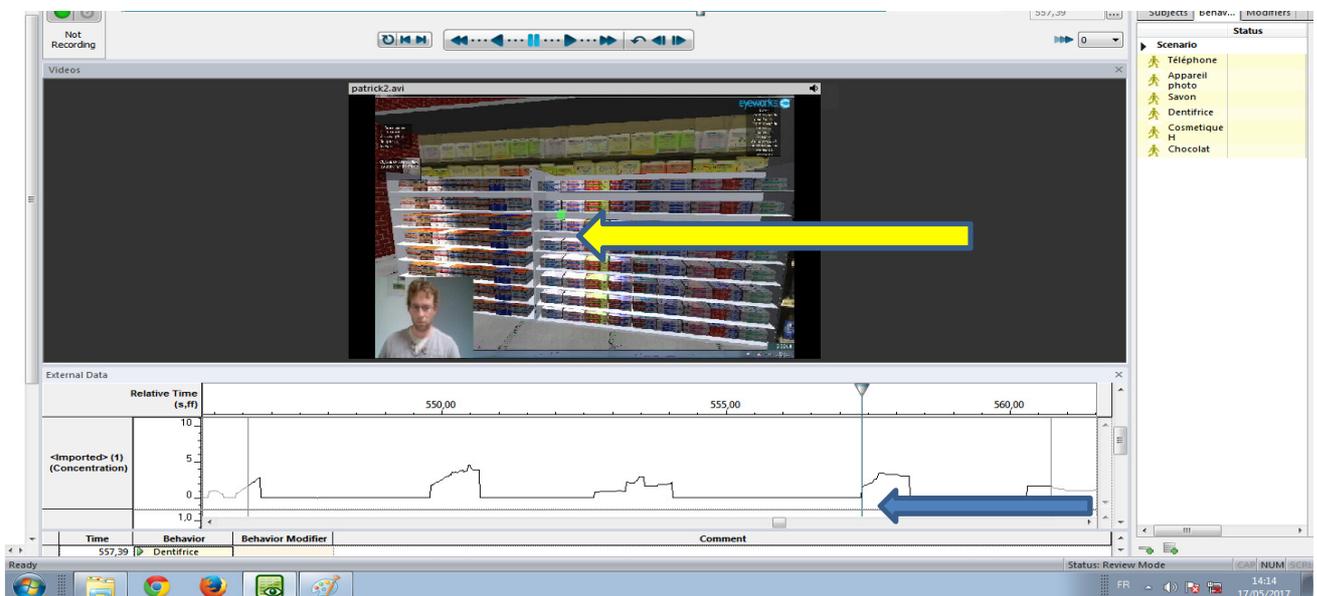


Figure 145 : Attention portée sur la colonne éclairée (testeur 22).

Pour ce testeur nous constatons, d'une part, cette attention portée à la colonne de produits éclairés (flèche du haut = rond jaune = point de fixation) et d'autre part que cette attention se traduit immédiatement par une dilatation pupillaire (flèche du bas), dilatation qui se poursuivra jusqu'à la mise en panier du produit.

4.3.2 Attention portée à la signalétique

L'analyse quantitative des vidéos nous ayant donné le nombre moyen de regards portés sur la signalétique, nous avons relevé si ces fixations se traduisaient par une augmentation ou non de la

dilatation pupillaire, reflet d'une concentration plus importante des sujets. Sur 213 regards portés au total par l'ensemble des testeurs sur les trois magasins, 87% (185) se traduisent par une variation positive de plus de 10% du diamètre pupillaire. Nous pouvons donc affirmer que, pour nos testeurs, **l'utilisation de la signalétique s'est traduite par une augmentation de la concentration.**

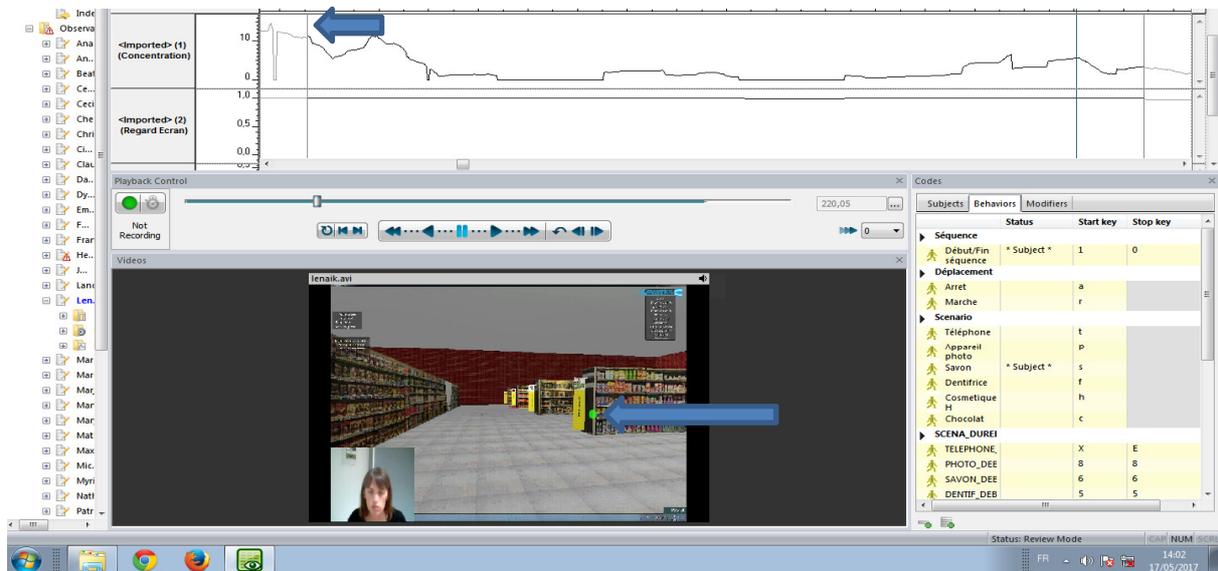


Figure 146 : Augmentation de la dilatation pupillaire (flèche du haut) lors d'une utilisation de la signalétique (flèche du bas) pour le sujet 36.

4.3.3 Position du produit

Notre analyse a été réalisée en séparant les visiteurs en deux groupes, ceux, majoritaires, qui ont sélectionné un produit en partie haute et milieu du rayon et ceux qui ont sélectionné un produit en zone basse. L'objectif étant, en utilisant les résultats obtenus sur la hauteur du choix, de voir si les deux groupes ainsi constitués avaient des réactions pupillaires différentes.

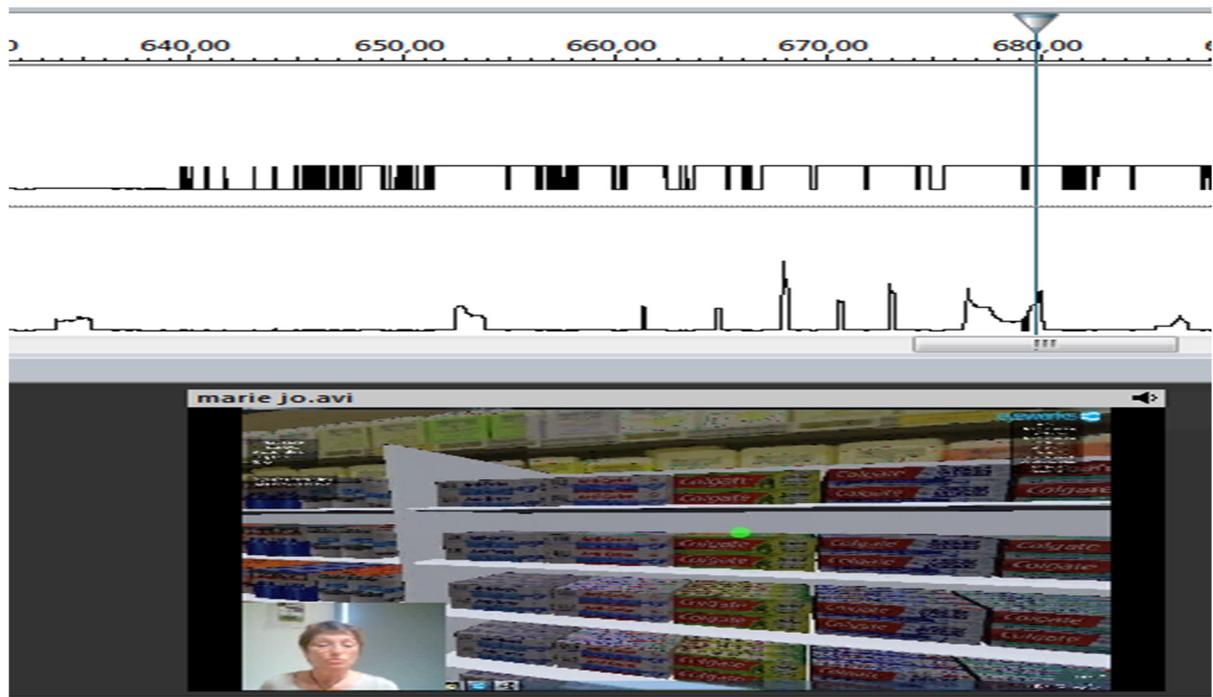


Figure 147 : Augmentation de la dilatation pupillaire lors de la sélection d'un produit situé en haut de rayonnage

Comme nous l'avons vu précédemment, pour l'ensemble de nos testeurs les moments de choix se traduisent dans 88% des cas par une augmentation du diamètre pupillaire, reflet d'un accroissement de la concentration. Nos mesures montrent que, tant pour la durée que pour la valeur moyenne, les différences de réactions pupillaires entre le groupe des personnes ayant fait le choix « bas » *versus* les autres (choix « haut » et « milieu ») ne sont pas suffisamment significatives entre les deux groupes. Nous en concluons que **les choix « haut » et « milieu » ne se font donc pas avec un niveau de concentration supplémentaire par rapport aux choix « bas » mais probablement tout à fait naturellement.**

4.4 Conclusions

L'analyse quantitative des réactions pupillaires apporte deux dimensions à notre étude, d'une part elle conforte certains résultats antérieurs et d'autre part elle apporte de nouvelles conclusions sur la réalité des parcours.

Confortation des résultats antérieurs

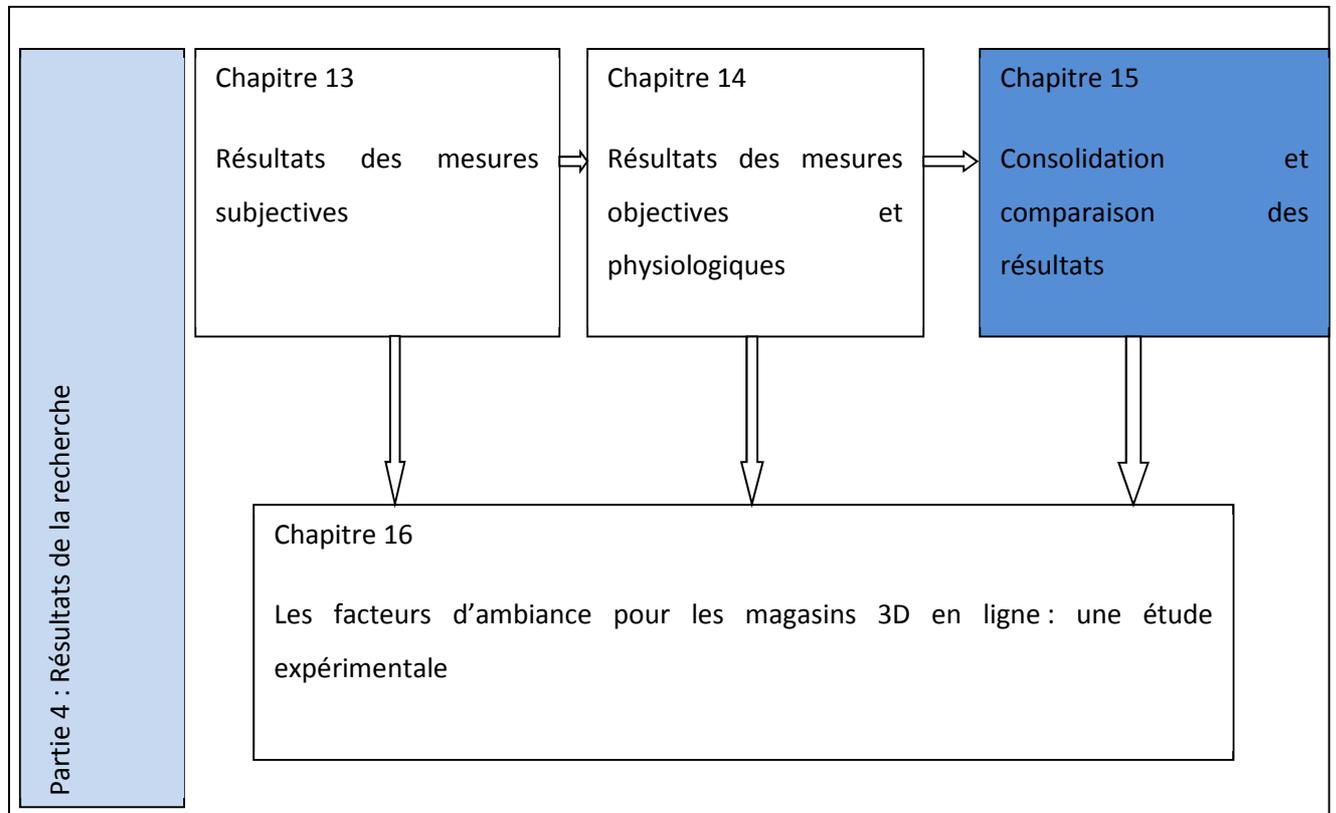
- Pour la majorité des visiteurs, l'utilisation de la signalétique se traduit par un supplément de concentration, supplément mesuré par une dilatation pupillaire.

- Lorsqu'un éclairage supplémentaire est présent, le choix des produits se fait en priorité sur les colonnes de produits éclairés et ce choix se traduit par une dilatation pupillaire signe d'une plus grande concentration. Nous en déduisons que ce choix est probablement volontaire.

Nouvelles conclusions

- Lorsque le regard se porte sur les parties de rayons qui sont virtuellement à la hauteur des yeux du visiteur ou vers le haut il n'y a pas de traitement cognitif supplémentaire notable. **Notre interprétation est que ce choix de direction de regard se fait naturellement de façon réflexe.**
- La concentration moyenne, mesurée par la dilatation pupillaire, est en légère croissance tout au long de la visite pour la quasi-totalité des sujets. Nous l'interprétons comme le **signe d'une attention portée au concept de magasin 3D et à l'accomplissement du but demandé.**
- l'effort cognitif ponctuel nécessaire pour accomplir le choix des produits semble s'atténuer au fur et à mesure du temps passé dans la simulation. Nous l'avons interprété comme étant le **signe d'un possible effet d'apprentissage** généré par le choix des premiers produits.

Chapitre 15 CONSOLIDATION ET COMPARAISON DES RÉSULTATS



Nous avons choisi dans ce chapitre de **synthétiser l'ensemble des résultats obtenus via nos différents outils**. En effet, nous avons pu constater, au fur et à mesure de l'avancement de nos recherches, que certaines réponses à nos hypothèses pouvaient varier selon le type de mesure qui avait été utilisé. La position des produits, par exemple (sous hypothèse H6.2), est déclarée comme sans importance dans les entretiens et les questionnaires, alors que nos mesures objectives de l'eye tracker démontrent clairement que les comportements observés divergent de ces déclaratifs.

Si, nos expérimentations (via notre magasin 3D) se sont basées sur un modèle restreint mobilisant un nombre limité de 3Dsphériques, il n'en reste pas moins vrai que la richesse de l'ensemble de nos résultats, apporte un éclairage sur l'ensemble des 3Dspherics recensés dans l'état de l'art.

C'est pourquoi, afin de présenter une synthèse la plus globale possible sur les 3Dsphériques, nous sommes basés sur le tableau 5, que nous avons élaboré à l'issue de notre état de l'art marketing, tableau qui synthétise les éléments constitutifs des facteurs d'atmosphère dans les sites web 3D *versus*

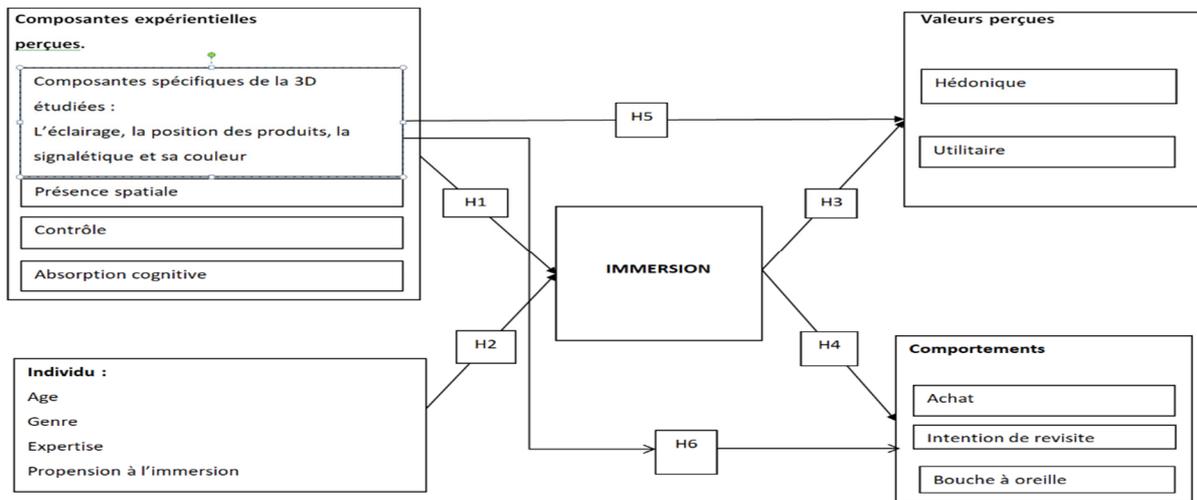
2D. À partir de ce tableau, **et en utilisant l'ensemble de nos mesures, y compris celles réalisées dans le cadre de nos études exploratoires**, nous proposons de **répondre dans un premier temps aux questionnements posés par notre modèle de recherche**, puis dans un second temps **d'élargir aux autres 3Dsphériques** pour lesquels nous avons obtenu des résultats significatifs.

Composantes atmosphériques d'un site web	Éléments constitutifs des composantes atmosphériques d'un site web 2D	Éléments constitutifs des composantes atmosphériques d'un site web 3D : les 3Dsphériques
Les facteurs d'ambiance	<ul style="list-style-type: none"> Les couleurs Les images/illustrations Les caractéristiques de la typographie Les facteurs sonores 	<ul style="list-style-type: none"> Variables de réalisme (proximité plus ou moins grande de l'univers avec la réalité) Variables internes générales (murs, plancher, moquette, éclairage, son, meubles et appareils) Variables de décoration (présentation des produits, présentoirs, posters, signalisation, cartes et décorations murales) Variables techniques de la simulation (qualité d'image, latence, taille de l'univers)
Les facteurs design	<ul style="list-style-type: none"> La navigabilité du site L'accessibilité de l'offre 	<ul style="list-style-type: none"> Variables d'agencement et de design (nombre de références proposées, allocation de l'espace, groupement des produits, circuit du trafic, emplacement des rayons et allocations au sein des rayons) Variables ergonomiques de la simulation (visualisation, modalités de déplacement, possibilités de manipuler des éléments en 3D)
Les facteurs sociaux	<ul style="list-style-type: none"> Les agents virtuels Les forums de discussion Les FAQ (Frequently Asked Questions) 	<ul style="list-style-type: none"> Variables humaines virtuelles (nombre et caractéristiques des autres avatars, caractéristiques des vendeurs et/ou des chatbot)

Tableau 34 : Proposition de comparaison des composantes atmosphériques des sites 2D/3D issue de notre état de l'art.

1 Les résultats en lien direct avec notre modèle

Rappelons tout d'abord le schéma global de notre modèle de recherche



1.1 L'influence des composantes expérientielles perçues sur l'immersion (H1)

1.1.1 Les 3Dsphériques étudiés

Nos résultats statistiques ont démontré que les trois composantes de l'atmosphère étudiées (éclairage, signalétique et position des produits) prises ensemble ont une influence sur l'immersion, mais seule la signalétique a une influence prise isolément. Les verbatim confortent ces résultats notamment dans l'analyse quantitative qui en a été faite. En effet, la signalétique apparaissait comme fortement liée au mot « immersion ». **Nous validons donc l'importance de la signalétique comme élément prégnant dans la construction du sentiment d'immersion dans notre modèle.**

1.1.2 La présence spatiale

Ce sentiment « d'être dedans » a été souligné par de nombreux verbatim. Rappelons que, en partant du questionnaire « SUS » de Slater *et al.* (1994)³¹⁹, nous avons évalué cette présence spatiale via trois items, le sentiment d'être là (i.e. dans l'environnement virtuel), le fait que l'environnement virtuel devient la réalité de l'utilisateur et enfin que l'expérience dans l'environnement virtuel soit remémorée

³¹⁹ Slater M., Usoh M. et Steed A. (1994), Depth of presence in virtual environments, *Presence-Teleoperators and Virtual Environments* 3.2, 130-144.

comme étant un lieu que l'utilisateur a visité et non simplement vu. L'analyse de verbatim valide également cette sous-hypothèse. **La présence spatiale a donc contribué également à l'immersion de nos testeurs.**

1.1.3 Le contrôle de navigation

Nous avons vu que ce critère n'était pas statistiquement exploitable. L'explication vient vraisemblablement de la difficulté qu'ont éprouvé nombre de testeurs à se déplacer dans l'environnement virtuel, difficultés soulignées dans les verbatim « *on aimerait pouvoir se déplacer plus rapidement* », « *les déplacements avec la souris ne sont pas faciles* ». **La mesure des dilatations pupillaires conforte le fait que ces difficultés de navigation augmentent le stress des individus.** L'ensemble de ces résultats nous amène donc à conclure que, bien que cette hypothèse n'ait pas pu être statistiquement prouvée, **le contrôle de navigation est crucial dans la construction du sentiment d'immersion.**

1.1.4 L'absorption cognitive

Nous avons mesuré l'absorption cognitive en utilisant les trois premières parties de l'échelle d'Agarwal et Karahanna (2000)³²⁰ correspondant à la dissociation temporelle, l'immersion ciblée et la curiosité. Via les questions afférentes l'hypothèse a été statistiquement validée. Les mesures objectives comparées au déclaratif (Ch13, 3.1.4) ont largement confirmé une dissociation temporelle de plus de 30% (perçu *versus* réel) pour une très grande majorité de testeurs. Les verbatim confortent également cette absorption et ses conséquences, exemple « *je savais que mon corps était ici devant mais mon esprit faisait du shopping* » (testeur 18). **L'absorption cognitive influence donc positivement le sentiment d'immersion.**

Nous concluons que notre première hypothèse est entièrement validée, toutes les composantes expérientielles perçues sélectionnées dans notre modèle ont une influence positive sur l'immersion des visiteurs d'un magasin 3D.

³²⁰ Agarwal R. et Karahanna E. (2000), Time Flies When You're Having Fun: Cognitive Absorption and Beliefs About Information Technology Usage, *MIS Quarterly*, (24: 4).

1.2 L'influence des caractéristiques des individus sur l'immersion (H2)

S'agissant de l'âge, du genre, de l'expertise informatique et de la propension à l'immersion nos résultats statistiques ne permettent qu'une semi-validation de cette hypothèse. Il serait pertinent de re-tester cette hypothèse sur un échantillon plus large afin que le nombre d'individus dans chaque sous-population soit plus conséquent.

Une analyse fine des verbatim permet toutefois de détecter que l'étonnement face à cette simulation 3D a été plus fort chez les personnes plus âgées et celles qui se sont déclarées moins expertes en informatique (les deux caractéristiques pouvant se cumuler). Leurs commentaires expriment donc un sentiment d'immersion plus fort « *c'était comme si on était dans un vrai rayon* » déclare H., 64 ans, qui ne possède pas d'ordinateur et qui se projette vraiment dans la simulation « *on n'a pas besoin de se baisser, on peut directement aller chercher les produits sans plier les genoux* ». Si les personnes plus habituées aux nouvelles technologies portent un œil plus critique aux lacunes de la simulation, elles capitalisent néanmoins sur leurs connaissances « *pour moi qui ai l'habitude de jouer à tout ce qui est jeux en 3D, c'était assez facile de se déplacer* » (testeur 31, 17 ans), ce qui les immerge tout autant « *C'était une bonne expérience, ça change* » (testeur 31 également).

Enfin, l'apport des mesures physiologiques, qui nous a permis de constater que le nombre moyen de blinks effectués durant le parcours varie avec l'âge, n'apporte aucun élément de réponse complémentaire. Il s'agit d'un fait lié au vieillissement de la pupille comme nous l'avions indiqué dans notre état de l'art physiologique.

En additionnant toutes nos données nous ne pouvons donc que constater que cette seconde hypothèse reste semi-validée. Tout au plus pouvons-nous conclure qu'il serait envisageable que certaines caractéristiques individuelles influencent partiellement l'immersion des sujets dans un magasin 3D.

1.3 L'influence de l'immersion sur les valeurs perçues (H3)

Les valeurs perçues sont de deux ordres, hédonique et utilitaire. **Les résultats du questionnaire valident l'influence de l'immersion sur la valeur hédonique mais pas sur la valeur utilitaire.**

1.3.1 S'agissant de la valeur utilitaire

Un complément d'analyse est à effectuer en utilisant les *verbatim*, dans lesquels, quelque soient les causes de rupture du sentiment d'immersion (manque de signalisation, perte de repères, difficultés de déplacements...), on assiste à une perte de la valeur utilitaire perçue. Un exemple sur le manque de signalisation verbalisé par le testeur 3 « *Il n'y avait pas assez d'indications de produits pour certains comme les soins de visage par exemples* », un second sur les difficultés de déplacement « *l'ergonomie de déplacement n'était pas au point. J'étais parfois aussi perdu que dans un magasin normal, sauf qu'à la différence d'un vrai magasin, je n'ai pas toutes mes capacités pour me retrouver, je suis contraint par la technique* » (testeur 42). Notons que dans la partie de notre étude exploratoire menée sur Second Life, nous avons trouvé des réactions similaires de nos testeurs qui soulignaient le fait que les faiblesses de la simulation avaient entraîné une baisse de leur immersion et par voie de conséquence un manque de crédibilité dans l'efficacité de la simulation pour des achats (valeur utilitaire). **Nous pouvons conclure que la perte du sentiment d'immersion amène directement à la perte de la valeur utilitaire perçue.**

1.3.2 S'agissant de la valeur hédonique

En sus de la validation statistique de la valeur hédonique les *verbatim* se concentrent sur deux composantes hédoniques.

D'une part, l'usage d'un magasin 3D est évoqué pour le butinage « *dans un magasin vestimentaire de ce type je pourrais flâner* » (testeur 8) mais le lien avec l'immersion n'est pas clairement fait. L'explication vient probablement du fait que **l'exercice demandé à nos testeurs était purement utilitaire** (achat de produits). Dès lors, la seule confirmation que nous pouvons avoir par ailleurs vient uniquement des résultats de nos études exploratoires (cf. conclusions du Chapitre 6) dans lesquelles les navigations hédoniques (butinage) étaient évoquées comme usage potentiel d'un univers immersif du type Second Life.

D'autre part, de très nombreux *verbatim* évoquent la découverte du magasin comme un plaisir ludique « *c'est un peu comme dans un jeu et on se prend au jeu très vite et c'est plaisant* » (testeur 29), « *oui j'étais globalement dedans on va dire que c'est comme dans les jeux* » (testeur 32).

Enfin, une troisième source de confirmation, notre analyse sémantique quantitative (cf. cartographie fine niveau 3, figure 126), lie directement le mot « jeu » au mot « impression », lui-même relié à un des mots principaux « penser ». Cette proximité sémantique conforte notre hypothèse.

L'ensemble de ces éléments convergents nous permet d'affirmer que le sentiment d'immersion influence positivement la valeur hédonique.

Globalement nous considérons notre hypothèse comme validée, le sentiment d'immersion influence les valeurs perçues, de façon plus prégnante sur la valeur hédonique.

1.4 L'influence de l'immersion sur les comportements (H4)

Pour nos testeurs l'immersion a, statistiquement parlant, **favorablement influencé l'intention de visite et le bouche à oreilles mais pas l'intention d'achat.**

Tout comme pour les valeurs perçues, le lien entre immersion et comportement est difficilement mesurable en dehors des échelles de mesures mises en place dans le questionnaire post-expérience. Aucune donnée physiologique n'est exploitable directement pour cette hypothèse. Seul le déclaratif peut être utilisé. Très peu d'entre eux lient explicitement immersion et intention d'achat. Toutefois, dans l'analyse quantitative de ces déclaratifs, la cartographie fine (figure 126) lie les mots « expérience », « concentration » et « pensée ». Nous faisons le choix de considérer ces trois mots comme éléments indicateurs de l'immersion. Ils sont reliés directement (pour le mot « pensée ») ou via le mot « pensée » au mot « courses ». Le message synthétique serait : « je suis immergé, je fais mes courses ». Nous interprétons ceci comme un **élément en faveur d'une influence positive, déclarée lors des entretiens, de l'immersion sur le comportement d'achat.**

Un focus plus spécifique sur le score d'intention de revisite (question 43 : seriez-vous prêts à revivre une seconde expérience de ce magasin virtuel) nous indique, sur une échelle de 1 (tout à fait) à 7 (pas du tout) que 80% des gens répondent « 1 » et « 2 » et 15% la réponse « 3 ». **Nous sommes donc sur des intentions de revisite de l'ordre de 95%.** Même si l'immersion n'est, probablement, pas le seul facteur pouvant influencer ce comportement, force est de constater que son efficacité doit avoir des effets positifs conséquents sur l'intention de revisite.

Nous concluons que l'ensemble de nos mesures apporte un faisceau convergent d'éléments en faveur d'une conclusion positive : pour nos testeurs l'immersion a **favorablement influencé l'intention de visite et le bouche à oreilles et l'intention d'achat.**

1.5 L'influence des composantes expérientielles perçues sur les valeurs perçues (H5)

1.5.1 L'influence des composantes spécifiques de la 3D étudiées

Nos résultats statistiques ont démontré que l'éclairage a eu une influence sur la valeur utilitaire perçue alors que la signalétique a eu une influence sur la valeur hédonique perçue.

Les verbatim confortent cette influence de l'éclairage sur l'utilitaire. L'influence perçue « *je pense que j'ai été plus naturellement attiré par les objets davantage éclairés* » (testeur 29), « *j'ai repéré les articles plus éclairés* » (testeur 3), est aussi considérée comme une aide « *pour moi la lumière c'est aussi un bon moyen pour repérer les produits ou même sans doute les promotions* » (testeur 18). Un seul testeur (N°39) a jugé négativement l'éclairage supplémentaire de certaines colonnes de produits.

À la lecture des verbatim, **nous pensons pouvoir affirmer que la signalétique influence également la valeur utilitaire** car elle permet de se repérer et de trouver plus aisément le produit à acheter « *je me suis dirigé avec les panneaux. Je fais déjà comme ça dans un vrai magasin* ». **Mais surtout son utilisation conséquente a été mesurée** (Voir chapitre 14, 3.3 : en moyenne 6 fois par individu, écart type 3,9, soit un total de 213 fois pour nos 42 testeurs) ; elle a permis à nos testeurs d'effectuer les tâches utilitaires demandées (achat de produits). Ceci nous incite à considérer **que notre proposition est justifiée**.

Enfin, s'agissant de l'influence de la troisième 3Dsphéric analysée, **la position des produits**, sur les valeurs perçues. Cette influence ne ressort aucunement dans les traitements statistiques des questionnaires mais **certains verbatim nous incitent à penser que la valeur utilitaire est réelle car le comportement de nos testeurs face à un rayon dans la simulation est très proche d'un comportement qu'ils auraient pu avoir dans un magasin réel** « *je regardais les produits à hauteur des yeux comme si c'est l'habitude aussi* ». **Nos données oculométriques (direction du regard) confirment ce comportement** (exemple : la durée totale des regards portés par l'ensemble des testeurs en « haut » et « milieu » de rayon dans le magasin 2 est sept fois plus importante que la durée « bas »).

Au global, nous considérons que notre hypothèse est donc validée en intégralité pour la valeur utilitaire. **Les 3Dsphériques utilisés dans notre travail doctoral, éclairage, signalétique et position des produits, ont tous trois une influence significative sur la valeur utilitaire perçue par le visiteur de notre magasin 3D. S'agissant de la valeur hédonique seule la signalétique a eu une influence statistiquement prouvée.**

1.5.2 L'influence de la variable de contrôle

L'échelle de mesure de la variable expérientielle « contrôle » n'ayant pu être validée aucun résultat statistique n'a été exploitable, seuls les verbatim peuvent donc nous éclairer sur l'influence du contrôle sur les valeurs perçues. Rappelons que le contrôle comportemental perçu exprime la perception des individus de leur capacité à réussir dans un comportement donné. **L'analyse de notre corpus nous incite à conclure que le contrôle influence fortement la valeur utilitaire.** Deux dimensions de ce contrôle sont en effet perceptibles comme étant influentes pour atteindre le but utilitaire qui était demandé :

- D'une part, les remarques sur le contrôle des déplacements, ou sa déficience, sont toujours liées à un but « *on aimerait pouvoir accélérer dans un rayon pour être tout de suite au produit qu'on a l'habitude de prendre* » (testeur 22).
- Il en va de même pour le repérage et l'orientation « *un plan à l'entrée du magasin aurait pu améliorer la visite. J'aurais visualisé tout de suite l'endroit où étaient les produits* » (testeur 30), « *si j'avais eu un plan ça aurait été encore plus facile* » (testeur 40).

Le manque de contrôle amène les visiteurs à douter de leur capacité à accomplir la tâche demandée. **Nous validons donc ici l'hypothèse que le contrôle comportemental perçu influence positivement la valeur utilitaire perçue dans notre simulation 3D.**

1.6 L'influence des composantes expérientielles perçues sur les comportements (H6)

1.6.1 Influence des 3Dsphériques

Nos traitements statistiques nous ont amené à conclure que **l'éclairage est le seul des trois facteurs d'atmosphère étudiés à influencer favorablement les trois intentions** (achat, revisite et bouche à oreilles) et que la signalétique prise individuellement influence favorablement le bouche à oreille.

Pour conforter ce résultat, l'analyse des suivis de regards n'apporte que des informations sur l'influence de l'éclairage sur le **choix des produits**. Nous avons constaté que, dans plus de 80% des cas, les regards se portaient d'abord sur les colonnes des produits éclairés et que le choix (mise en panier) se faisait sur cette colonne de produits.

L'utilisation remarquée de la signalétique (nombre de regards portés) a été évoquée ci-dessus (1.5.1), mais peut tout au plus contribuer au processus (orientation) qui permettra le choix final (achat). En conséquence, nous n'utiliserons pas ces données ici mais dans la variable « contrôle ».

En sommant ces résultats, **nous validons donc uniquement l'influence, très conséquente, de la composante « éclairage » dans les trois intentions du visiteur.**

1.6.2 Influence des autres composantes expérientielles

Parmi les trois éléments, présence spatiale, contrôle et absorption cognitive, nous avons pu démontrer **statistiquement que seule la composante « absorption » influe** sur les trois comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.

L'analyse vidéo des différents parcours et des difficultés rencontrées par les uns et les autres ne permet pas de mesurer objectivement ces composantes expérientielles, tout au plus pouvons-nous signaler que les difficultés de déplacement (composante « contrôle ») ralentissent le processus dans son ensemble, les personnes plus à l'aise avec l'interface de déplacement terminent leurs achats dans un temps plus court.

Les *verbatim* lient néanmoins fréquemment la difficulté de déplacement et le choix d'un produit. Nous faisons le choix d'interpréter cela comme **un lien direct entre la composante de contrôle et le comportement d'achat. Il en va de même pour le bouche à oreille ou la revisite** puisque certains le conditionnent à une amélioration des conditions de déplacement dans la simulation.

Les résultats oculométriques confirment, quant à eux, que l'absorption cognitive augmente au moment du choix d'un produit.

La prise en compte de l'ensemble de nos résultats ajoute donc une autre influence à celle détectée statistiquement ; **l'absorption et le contrôle ont tous deux des effets perceptibles sur les trois comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche-à-oreilles.**

2 Synthèse des résultats globaux pour notre modèle

La synthèse de nos résultats est présentée dans le tableau ci-après. Nous pouvons constater que, **grâce aux éléments complémentaires que nous venons d'analyser une grande majorité de nos hypothèses sont validées.**

Hypothèses	Sous-hypothèses	Résultats
H1 : Les composantes expérientielles perçues lors de la visite du magasin 3D influencent positivement l'immersion de l'utilisateur.	H1.1 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.	Validé
	H1.2 : La présence spatiale dans un magasin 3D a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.	Validé
	H1.3 : Le contrôle de la navigation dans le magasin 3D a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.	Validé
	H1.4 : L'absorption cognitive a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.	Validé
H2 : Certaines caractéristiques de l'utilisateur ont une influence positive sur son niveau d'immersion dans un environnement marchand en 3D.	H2.1 : Plus l'âge de l'utilisateur augmente, plus il est immergé dans un magasin 3D.	Semi-validé
	H2.2 : Le genre influe sur l'immersion dans un magasin 3D.	Semi-validé
	H2.3 : L'expertise informatique a une influence positive sur son niveau d'immersion.	Semi-validé
	H2.4 : la propension à l'immersion a une influence positive sur l'immersion de l'utilisateur.	Semi-validé
H3 : Le niveau d'immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les valeurs perçues de l'utilisateur	H3.1 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur la valeur hédonique.	Validé
	H3.2 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur la valeur utilitaire.	Validé
H4 : Le niveau d'immersion dans un environnement marchand 3D a une influence positive sur les comportements du consommateur.	H4.1 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur l'intention d'achat.	Validé
	H4.2 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur l'intention de revisite.	Validé
	H4.3 : Le niveau d'immersion a une influence positive sur le bouche à oreilles.	Validé

Hypothèses	Sous-hypothèses	Résultats
H5 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits et couleur de signalétique) ont une influence positive sur les valeurs perçues de l'utilisateur.	H5.1 : Les composantes de l'environnement 3D étudiées ont un impact positif sur la valeur utilitaire.	Validé
	H5.2 : Les composantes de l'environnement 3D étudiées ont un impact positif sur la valeur hédonique.	Validé pour la signalétique
H6 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées (éclairage, position des produits et couleur de signalétique) ont une influence positive sur les comportements de l'utilisateur.	H6.1 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur l'intention d'achat.	Validé pour l'éclairage
	H6.2 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur l'intention de revisite.	Validé pour l'éclairage
	H6.3 : Les composantes expérientielles 3D spécifiques étudiées ont une influence positive sur le bouche à oreilles.	Validé pour l'éclairage
	H6.4 : La présence spatiale a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.	Non-validé
	H6.5 : Le contrôle a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.	Validé
	H6.6 : l'absorption cognitive a une influence sur les comportements d'achat, d'intention de revisite et de bouche à oreilles.	Validé

3 Elargissement des résultats de nos expérimentations à d'autres 3Dsphériques

Dès lors que dans notre magasin expérimental nous n'avons fait varier que trois 3Dsphériques, les résultats que nous présentons dans cette seconde partie ne sont pas issus du traitement des résultats du questionnaire post-expérience. Ils proviennent des trois autres outils également mobilisés, d'une part le traitement de la matière issue de nos entretiens post-expérience, d'autre part l'analyse des comportements observés par le truchement de l'eye tracker et enfin l'exploitation des données issues de nos différentes études exploratoires (Partie 2). Afin que cet élargissement soit le plus exhaustif possible, nous utilisons l'intégralité des items de la classification que nous avons proposée en fin d'état de l'art marketing (cf. tableau 35).

3.1 Les autres variables d'ambiance

3.1.1 Variables de réalisme

Il s'agit de répertorier comment nos testeurs ont évalué la proximité plus ou moins grande de l'univers avec la réalité. Beaucoup de verbatim expriment l'impression de réalisme dégagée par la simulation « *j'ai eu l'impression d'un vrai magasin* ». **Ce réalisme rassure** « *Ça m'a semblé plus logique d'avoir un magasin avec des rayons et des murs dans lequel on ne pouvait pas rentrer comme dans la réalité* », il **contribue à la valeur utilitaire** « *alors ça reproduit la réalité d'un magasin, ça c'est bien, ça permet d'être efficace* », et enfin il permet de se différencier **face à un site web classique** « *je pense qu'un outil comme cela permettrait d'aller plus vite plutôt que d'aller se faire chier dans des menus pour trouver les articles que je voulais* ». Le réalisme des photographies des produits et des emballages a été également souligné positivement.

Dans notre questionnaire post-expérience, nous avons formulé une question (Q44) sur la proximité souhaitée ou non avec un magasin réel, en utilisant une échelle différentielle sémantique d'Osgood (1957)³²¹ de « concret » à « abstrait ».

³²¹ Osgood C. E., Suci C. J. et Tannenbaum G. H. (1957), *The Measurement of Meaning*, Urbana, University of Illinois Press.

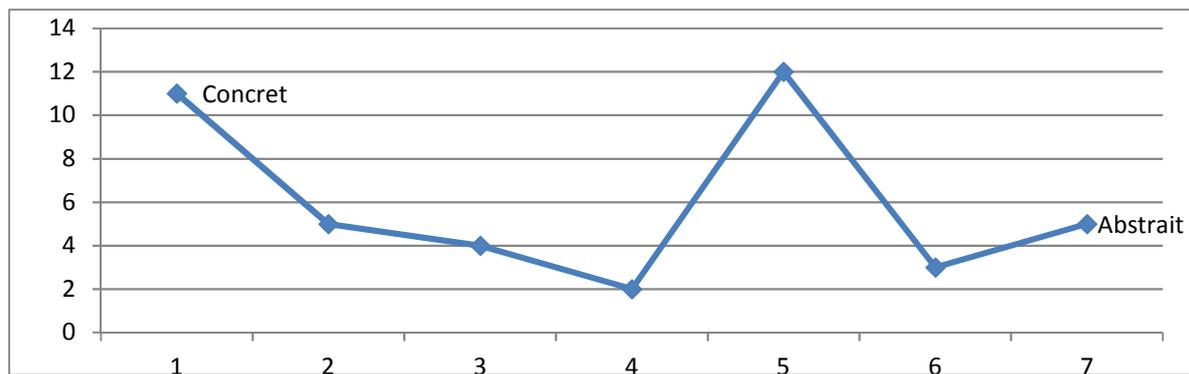


Figure 148 : Opinions des testeurs sur la proximité souhaitée avec la réalité.

Même si le nombre de réponses est parfaitement équilibré (20) de chaque côté de la valeur neutre, la préférence moyenne porte plutôt vers le réalisme. Les verbatim sur l'abstrait évoquent plutôt les modalités de déplacement (possibilité de pouvoir survoler le magasin), voire des fonctionnalités supplémentaires non envisageables dans le monde réel « *l'avantage de l'environnement virtuel qui permet de s'envoler, de regarder, de taper la fonction recherche, finalement une espèce de réalité augmentée* » (testeur 39).

Rappelons enfin que, dans nos premières interviews et focus group, le souhait de retrouver des repères réels dans un monde virtuel était également fortement exprimé.

Au final, nous considérons donc que **nos résultats penchent pour une plus forte appétence des visiteurs pour une proximité d'un univers virtuel marchand avec le réel, tout en utilisant des possibilités technologiques de la 3D pour rendre les parcours plus performants lorsque la navigation est liée à un but** (exemple en proposant des possibilités de survol). **Le réalisme contribuerait donc à la valeur utilitaire.**

3.1.2 Variables internes générales (sons, murs, plancher, moquette, éclairage, meubles et appareils)

Éléments sonores

Nous avons fait le choix de ne pas étudier ce facteur d'ambiance, en conséquence la simulation était parfaitement silencieuse. Les remarques portent donc sur l'absence de musique et l'absence de bruit de foule.

Le manque de musique a été relevé par certains comme étant dérangeant « *une petite musique, un fond sonore ça aurait fait du bien, ça rappellerait le petit côté magasin* » (testeur 32), « *Il m'a manqué de la musique parce que là c'était silencieux il n'y a rien* » (testeur 6).

A contrario d'autres testeurs **soulignent l'avantage de la solitude, la sensation de calme** : « *il n'y a pas le bruit de la foule... j'ai aimé le côté calme et posé* » (testeur 8). Il semblerait aussi que pour quelques testeurs, **dans le cadre de cette navigation orientée vers un but, le silence permette une meilleure concentration** pour atteindre l'objectif : « *sans bruit, on était tranquille pour se focaliser sur ce qu'il fallait faire* ».

Nous pouvons conclure que ce facteur a probablement une influence sur la valeur médiatrice « immersion ». Il serait pertinent, à l'instar de ce qui a été fait sur les sites web et dans les magasins physiques, d'analyser plus spécifiquement les conséquences des modifications des éléments sonores dans les environnements 3D.

Autres variables internes générales

Les principales remarques faites à notre simulation portent sur :

- le manque de plafond « *là il n'y avait pas de plafond donc j'avais l'impression que ça me rappelait toujours que je ne suis pas dans un magasin* » (testeur 32) ou sa couleur « *oui il y avait un plafond il était gris, ça m'a gêné* » (testeur 38)
- le choix du matériau constitutif des murs (briques rouges) qui a été parfois critiqué « *les briques rouges, j'ai trouvé que ça faisait vieux* » (testeur 21, 35 ans).

Aucune remarque n'a été formulée ni sur le sol ni sur les meubles, remarquons que, pour ces deux items, nous avons fait le choix d'utiliser des matériaux absolument identiques à ceux du magasin physique qui nous a servi de modèle. **La proximité avec le réel a donc gommé toute remarque sur ces variables.** Il serait intéressant d'en mesurer l'impact sur l'immersion.

3.1.3 Variables de décoration (présentation des produits, présentoirs, posters, signalisation, cartes et décorations murales)

Le manque de décoration a été relevé « *Il faudrait mettre de la décoration sur les murs* » (testeur 14), « *Il n'y avait pas d'autre décoration que les affiches de citron et de salade*³²² » (testeur 2).

L'objectif de cette décoration semble être d'augmenter la valeur hédonique perçue : « *il faudrait avoir des jeux de couleurs, une décoration, des pots de fleurs en bout de travée. Créer une ambiance ce*

³²² Nota : Il n'y avait effectivement que deux posters situés dans l'entrée du magasin.

serait sympa » (testeur 17). Le manque de décoration et les couleurs d'ensemble pourrait aller jusqu'à provoquer un sentiment de mal-être pour le visiteur : « *j'ai eu l'impression d'être dans une prison avec ces murs de briques rouges sans décoration* ».

Nos visiteurs se sont donc bien projetés dans cet espace virtuel et les éléments de décoration, manquants, auraient probablement apporté plus de lien avec le réel. La couleur des murs serait probablement un facteur à tester également.

3.1.4 Variables techniques de la simulation (qualité d'image, latence, taille de l'univers).

Qualité graphique

Rappelons ici que, toujours pour des contraintes techniques, l'ensemble des produits présentés n'étaient pas tous au même niveau de qualité photographique. L'accent qualitatif a été mis sur les produits interactifs, la plupart des autres produits et des rayons pouvaient présenter certaines des imperfections liées à la définition des photographies ou les défauts de raccordement des photographies de rayons. **Dès lors que la qualité des images s'éloigne du monde réel, les visiteurs se sentent moins immergés** : « *Ce serait encore plus immersif si les graphismes étaient meilleurs* », « *il faudrait aller sur de la 3D vraiment très photographique.* », « *si les images étaient de meilleure qualité, on passerait plus de temps à regarder les produits* ».

3.2 Les facteurs de design

3.2.1 Variables d'agencement et de design

La variété des produits proposés a été relevée et appréciée : « *je pense que c'est intéressant d'avoir plusieurs marques sur l'écran en même temps* », « *je suis dans ce magasin j'ai en face de moi une quantité incroyable de produits alors que sur une liste je suis limité par la taille de l'écran* ». La possibilité d'un nombre de références illimitées a été évoquée à plusieurs reprises.

L'offre est également appréciée pour son **accessibilité** : « *ça ressemble à un vrai magasin mais sans les inconvénients, les rayons sont pleins et les allées sont vides* », **à toute heure** : « *ce magasin est ouvert 24 heures sur 24, on peut l'utiliser depuis chez soi tranquillement sans avoir des bouchons ou des heures de transport en commun* ».

Le COS, pour lequel nous avons fait le choix de reproduire autant que possible la réalité, a été apprécié « *les rayons étaient larges c'étaient plus faciles à se déplacer* ».

La manipulation des produits est un atout souvent souligné dans les verbatim « *sur les sites Internet d'aujourd'hui il y a juste une image alors que, ici, tu peux manipuler, tu peux zoomer tout ça est très intéressant* ». Par ailleurs, l'analyse des vidéos de l'ensemble des 42 testeurs sur la somme de tous leurs choix (6 produits chacun donc 252 choix effectifs) montre que **96% des produits sélectionnés ont été manipulés en 3D avant de les mettre dans le caddie virtuel** ou de les remettre en rayon.

La majorité des testeurs ont apprécié de retrouver leurs repères habituels en termes d'emplacement des rayons et des produits.

Par contre le manque de plan, voire une interaction possible avec ce plan, ont été soulignés à de nombreuses reprises « *si je pouvais suggérer d'avoir un plan d'ensemble quelque part en bas de l'écran, un truc interactif* » (testeur 40). Rappelons qu'il en allait de même dans nos études exploratoires.

3.2.2 Variables ergonomiques de la situation

Deux éléments ergonomiques, souvent cités par nos testeurs, sont liés à l'interface homme-machine. En effet **le déplacement** à l'intérieur de la simulation **et les manipulations des produits** sont l'objet de nombreux commentaires positifs ou négatifs.

S'agissant des déplacements

Rappelons que notre simulation propose une interface de visualisation « première personne », c'est-à-dire que le visiteur évolue et visualise l'univers marchand en 3D comme à travers ses propres yeux. En conséquence, et contrairement à la réalité où l'on va utiliser ses jambes, les déplacements s'effectuent en manipulant un objet (souris ou clavier), ce qui est de prime abord déroutant. Notons à ce sujet que l'expérience informatique que pouvaient avoir certains de nos testeurs (comme par exemple les joueurs et les utilisateurs d'Internet) semble avoir un rôle important dans l'aisance de déplacement, exprimée à l'intérieur de la simulation, alors que nos questionnaires n'avaient que semi-validé cette hypothèse (Hypothèse 2.3).

Deux types de critiques ont été formulées la principale venant des **difficultés de déplacement** entre les rayons et de placement devant ces rayons « *On n'arrive pas à se placer devant les objets pour les regarder du coup c'était trop long de choisir* » (testeur 26).

La seconde critique vient de **la manipulation** des produits 3D sélectionnés, qui obligeait le testeur à utiliser quatre touches du clavier.

Nous avons détecté **deux types de réaction** face aux modalités de déplacement que nous proposons : 1) d'une part, les **testeurs qui ont apprécié le côté ludique de la chose et accepté en conséquence les modalités de déplacement** ; et 2) d'autre part, **ceux qui se sont focalisés sur les tâches à accomplir ou se sont projetés dans une logique utilitaire** et qui, en conséquence, auraient préféré une navigation permettant d'atteindre très rapidement le but. Nous retrouvons ici les deux comportements observés sur Internet, la navigation dirigée vers un but (les utilitaires) et la navigation hédonique (les expérientiels). D'après Dandouau (2001)³²³, ces deux comportements sont observables lors d'une navigation sur Internet.

Les « utilitaires » proposent un plan du magasin, soit à l'entrée : *« le plan du magasin à l'entrée aurait pu améliorer la visite, j'aurais visualisé tout de suite l'endroit où étaient les produits »*, soit en surimpression sur l'écran (à l'image de ce qui se fait sur Second Life ou sur Google maps). Ils réclament des modalités de déplacement plus rapides : *« c'est un peu parfois une perte de temps pour naviguer dans le magasin, on aimerait pouvoir accélérer dans un rayon »*, un nombre important d'entre eux souhaitent des déplacements plus efficaces *« il faudrait pouvoir se déplacer latéralement »*, *« avoir une vue aérienne pour pouvoir sauter à l'endroit du bon rayon »*.

Ils apprécient de se déplacer dans la reproduction d'un magasin ou d'un plan de magasin qu'ils connaissent déjà *« cela pourrait m'intéresser si c'était la copie conforme de mon magasin dans lequel je vais toutes les semaines »*. Ils ont apprécié le réalisme de la simulation : *« j'ai trouvé que c'était comme dans un magasin normal. La chronologie était respectée et logique »*, qui parfois leur permettait d'être plus efficace.

Ils pointent du doigt certaines faiblesses de l'ergonomie liées aux modalités de déplacement : *« on aimerait pouvoir accélérer dans un rayon pour être tout de suite au produit qu'on a l'habitude de prendre »*

A l'issue de leur expérience, certains proposent des solutions novatrices visant à améliorer l'efficacité de leur visite : *« ce serait bien d'avoir un magasin où tu rentres ta liste de courses et l'ordinateur te dirige devant le rayon »*, *« on pourrait comme dans un logiciel organiser le magasin à sa convenance et non pas comme le vendeur l'a décidé »*. Et enfin les plus imaginatifs **proposent des modalités de déplacement impossibles dans la vie réelle** : *« pourquoi ne pourrait-on pas traverser les rayons »* *« ça*

³²³ Dandouau J.-C. (2001), Recherche d'information sur Internet et expériences de consultation, *Recherche et Applications en Marketing*, 16,3, 9-23.

aurait été pratique de pouvoir courir surtout qu'on ne se fatigue pas » (testeur 13). A noter que parmi ces « utilitaires », seules deux personnes ont remis en cause le concept en lui-même, tous les autres proposant des améliorations en vue d'optimiser leur navigation : « *par exemple je tape savon et j'arrive en face du rayon savon et je fais mon choix* », « *je préférerais même que l'on puisse parler à la machine* ».

Et enfin pour conclure sur les attentes ergonomiques des utilitaires, ceux-ci souhaitent connaître en permanence le montant des dépenses engagées.

Les « expérientiels »

Ce sont les individus qui ont mis en avant le sentiment ludique et ont associé leurs déplacements au plaisir « *mon premier sentiment c'est vraiment d'être dans un jeu vidéo, l'impression finale c'est que ça été très simple*. La majorité de ces « expérientiels » ont vu les possibilités de déplacement dans le magasin 3D comme un moyen supplémentaire de pouvoir faire ses courses, « *très intéressant je m'imaginer bien faisant mes courses avec ça* » et un prolongement, ou un complément, d'un magasin réel.

Les limites de cette navigation expérientielle sont liées au type de produit : « *dans un magasin vestimentaire de ce type je pourrais flâner* » ou au type d'expérience qu'ils souhaitent avoir « *je verrais bien ce type de magasin pour essayer, tester des produits* ». Certains visiteurs ont inclus cette **navigation dans le cadre d'un processus d'achat multicanal** « *on peut imaginer que l'on découvre une liste de produits, on fait une présélection et on va ensuite essayer dans un vrai magasin* ».

Les « expérientiels » sont moins critiques sur l'IHM et les difficultés de déplacements, se laissant absorber par le plaisir ressenti à découvrir le magasin : « *je trouvais ça drôle moi de faire ça, c'est plus sympa que de faire tes courses dans un magasin* », « *c'était agréable, je me suis même surpris à sourire* ».

S'agissant de la manipulation 3D des produits

Globalement tous les objets manipulables ont été appréciés (rappel : pour des raisons techniques seuls les produits qui étaient dans la liste de courses imposées pouvaient être manipulés en 3D et dans le magasin de « mise en jambe » seuls les DVD pouvaient être sélectionnés et également manipulés). À noter que deux éléments sont mis en avant positivement de façon récurrente :

- **Premier élément, la manipulation en elle-même apporte une valeur ajoutée** : « *je pouvais tourner les produits comme si je faisais mes courses en vrai* ». Il en va de même pour la

visualisation « *ce qui est bien c'est ce côté 3D qui permet de voir tout un panel d'objets et de les attraper* » avec les avantages que cela peut comporter tels **l'acquisition d'informations supplémentaires** sur la composition ou l'origine : « *le chocolat je ne regarde jamais la composition et là je l'ai regardée grâce à la 3D* ». Pour les **utilisateurs de sites de l'e-commerce, la comparaison est faite souvent à l'avantage du magasin 3D grâce à la visualisation et la manipulation**, « *c'est plus plaisant que ce que j'utilise actuellement, on voit les produits, on peut les manipuler* ». Certains évoquent même le plaisir supplémentaire apporté : « *j'aimerais bien que les magasins du futur soient ainsi, on arriverait à avoir le plaisir magasin et en même temps l'avantage des magasins d'aujourd'hui sur Internet* » d'autres le côté ludique : « *j'ai trouvé ça très bien, c'est plus ludique que lorsque que on a une liste de produits de courses sur Internet* ».

- **Second élément, la manipulation d'un produit en 3D apporte une sécurité sur ce qui est acheté** : « *la valeur ajoutée du site en 3D c'est que tu es sûr de ce que tu vas avoir, c'est une garantie de qualité et de faire le bon choix* », « *faire tourner le produit dans tous les sens histoire de voir quelle est la qualité de ce que j'achète* ». Et, alors même que l'achat n'était pas effectif, certains ont consulté les emballages très en détails : « *j'ai lu les compositions de certains produits* » avant de faire un choix.

3.3 Les facteurs sociaux : les variables humaines virtuelles

3.3.1 S'agissant du personnel du magasin

Un minimum de présence est requis, soit pour une aide au repérage « *pour améliorer la visite un petit bonhomme qui te dit dirigez-vous vers la gauche ou vers la droite comme s'il y avait un vendeur dans le rayon* » soit pour des conseils (navigation utilitaire) « *il manquait peut-être un vendeur ou petit endroit où l'on pourrait se renseigner en cas de difficultés* ». Plusieurs testeurs, au moment de finaliser les achats, souhaitent retrouver leurs repères traditionnels « *à la caisse j'aurais aimé avoir une caissière, ça aurait rendu la visite plus humaine* ». Soulignons que, dans tous les cas, c'est **un assistant humanoïde qui est évoqué**.

3.3.2 S'agissant des autres visiteurs virtuels du magasin

L'absence de foule est en majorité perçue comme un atout dans la visite pour trois raisons :

1. **Le sentiment d'exclusivité** : « l'avantage de n'avoir personne dans le magasin c'est que on se dit qu'on est tout seul en train de choisir que le magasin n'est que pour nous. Être seul donne donc un sentiment d'exclusivité, de vente privée » .
2. **La praticité** : « j'étais tranquille, j'ai anticipé le fait que je n'aurais pas la queue à faire pour ressortir » « si il y avait du monde ça risquerait de gêner la visibilité ». Certains évoquent même les avantages perçus avec humour : « on n'a pas les petits retraités devant le rayon savon qui papotent pendant une demi-heure » !
3. **Et le calme** : « Il n'y a pas de cohue, on se sent seul, on ne se sent pas oppressé par la foule ou stressé ».

Un seul testeur a évoqué l'idée d'avoir des contacts avec d'autres visiteurs « pouvoir entendre les réactions des gens sur ce qu'ils font, ce qu'ils aiment et ce qu'ils achètent ». Il serait intéressant d'approfondir ce sujet et d'analyser si le type de produits, ici principalement les produits du quotidien, a une influence sur ce facteur. Par exemple, dans un magasin virtuel de vêtements ou d'électroménager, le visiteur pourrait avoir envie de connaître l'avis d'autres visiteurs sur tel ou tel produit.

4 Conclusions sur l'agrégation des résultats provenant des différents outils de mesure

Grâce à l'apport des données complémentaires issues des mesures objectives (regard) et subjectives (entretiens), nous avons consolidé les résultats de notre modèle et validé d'autres.

Nous sommes donc en mesure de conclure que la majorité des hypothèses de notre modèle sont acceptées. Ainsi nous démontrons que les 3Dsphériques éclairage, position des produits et signalétique influent dans le comportement des visiteurs d'un site marchand 3D.

En réalisant une analyse complémentaire, nous avons pu voir que, **parmi les autres 3Dsphériques non mobilisés dans notre modèle, certains peuvent jouer un rôle dans le sentiment d'immersion, les valeurs perçues et les comportements de ces visiteurs.**

Chapitre 16 LES FACTEURS D'AMBIANCE POUR LES MAGASINS 3D EN LIGNE : UNE ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Nos travaux de thèse se proposaient de déterminer si les facteurs atmosphériques avaient une influence dans le comportement et les réponses des consommateurs dans un univers marchand en trois dimensions.

Afin de répondre à ces questions, les états de l'art, proposés dans les chapitres 1 et 2 nous ont permis de dresser un cadre conceptuel. À l'issue de notre étude empirique, objet de la seconde partie de nos travaux, il nous a été possible de proposer un modèle de recherche qui prend en compte les spécificités des possibilités offertes par les univers 3D. Notre étude expérimentale, présentée dans la troisième partie, nous aura permis de valider ou non les hypothèses de notre modèle.

Dans ce dernier chapitre, nous allons, dans un premier temps, mettre en exergue les résultats de nos recherches, et grâce à un parallèle avec certains travaux antérieurs, mettre en lumière quelques problématiques théoriques. Dans un second temps, nous évoquerons les limites de nos travaux et enfin dans une troisième partie nous concluons sur les contributions de cette étude.

1 Discussion des résultats

La problématique générale de notre thèse étant de cerner l'influence des 3Dsphériques dans des magasins virtuels, deux grandes familles de questions se posaient à l'origine.

- la première touchait à l'influence de ces 3Dsphériques dans un magasin virtuel en 3D ;
- la seconde sur les différences d'impact des composantes atmosphériques entre magasin réel *versus* magasin 3D et magasin 2D *versus* 3D. Autrement formulé, les réactions des visiteurs, face aux facteurs d'atmosphère, sont-elles identiques ou différentes en fonction du canal de distribution.

1.1.1 Magasins 3D : Quels 3Dsphériques et pour quelle influence ?

Comme nous l'avons indiqué dans notre revue de littérature initiale, du fait de la relative nouveauté du concept, très peu de recherches se sont focalisées sur les composantes atmosphériques d'environnements virtuels marchands. Si Waterlander *et al.* (2011)³²⁴ ont développé, au même moment, un concept similaire au nôtre³²⁵, leur outil n'a été utilisé que pour étudier l'impact du prix des produits sur les comportements d'achat et les effets de l'étiquetage sur les choix des produits. L'impact des facteurs atmosphériques, assez peu modulables d'ailleurs dans leur simulation, n'a pas été étudié.

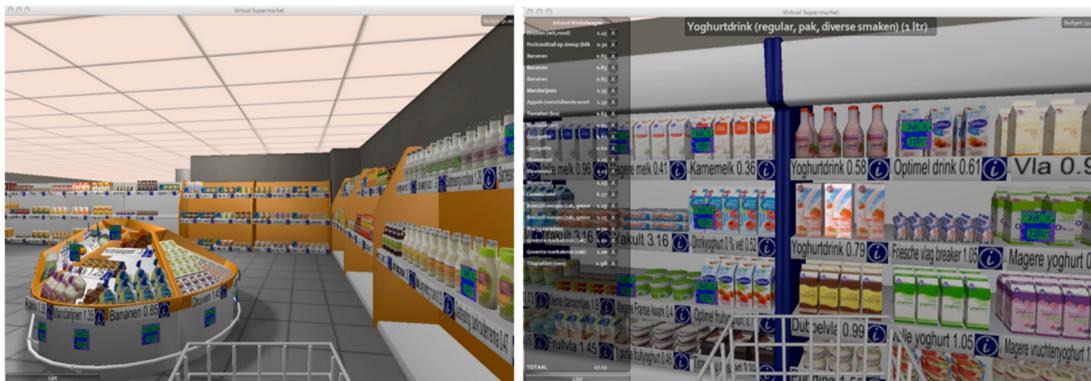


Figure 149 : Captures d'écrans du magasin virtuel de Waterlander *et al.* (2011).

³²⁴ Waterlander W. E., Scarpa M., Lentz D. et Steenhuis I. (2011), The virtual supermarket: An innovative research tool to study consumer food purchasing behaviour, *BMC Public Health*, 11, 859.

³²⁵ Voir leur site de ressources <http://www.bioinformatics.org/supermarket/screenshot.html>

La récente revue de littérature de Bleize et Antheunis (2016)³²⁶ sur les facteurs influençant l'achat dans les mondes virtuels nous conforte dans l'idée que, **à l'exception de quelques focus sur un élément particulier, aucune étude ne s'est penchée à ce jour sur les facteurs d'atmosphère dans leur intégralité comme nous l'avons fait.**

Nous nous proposons de comparer ci-dessous ces différentes études ponctuelles aux résultats de nos travaux.

- Guo et Barnes (2009)³²⁷, via quatre focus group, ont relevé que l'intention d'achat est influencée par la qualité du monde virtuel, **ce qui est confirmé par notre étude.**
- Domina *et al.* (2012)³²⁸, en utilisant Second Life, ont démontré que « *la perception du plaisir, du contrôle et de la facilité de déplacement des consommateurs a influencé positivement leurs intentions d'achat* », **rejoignant en ce sens nos conclusions sur la nécessité d'optimiser l'ergonomie des déplacements** à l'intérieur de notre magasin 3D.
- Mäntymäki et Salo (2001³²⁹ puis 2013³³⁰) ont également confirmé que les trois éléments perçus, **facilité d'utilisation, plaisir et utilité, influençaient favorablement l'intention d'achat** chez les adolescents utilisateurs de Habbo Hôtel³³¹, un quatrième facteur étant la disponibilité du monde virtuel (disponibilité liée à la qualité de la connexion), facteur que nous pouvons relier à la latence de nos variables techniques. Là encore nous retrouvons **des résultats similaires aux nôtres.** Toutefois, la limite principale de leurs études, face à nos conclusions, est que les achats ici mesurés ne sont que des produits virtuels destinés à rester dans la simulation (mobilier, coupe de cheveux,

³²⁶ Bleize D. et Antheunis M. (2016), Factors influencing purchase intent in virtual worlds: a review of the literature, *Journal of Marketing Communication*, 1-18. Disponible en ligne à : <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13527266.2016.1278028>

³²⁷ Guo Y. et Barnes S. (2009), Virtual Item Purchase Behavior in Virtual Worlds: An Exploratory Investigation, *Electronic Commerce Research*, 9 (1-2), 77-96.

³²⁸ Domina T., Lee S.E et MacGillivray M. (2012), Understanding Factors Affecting Consumer Intention to Shop in a Virtual World. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 19 (6), 613-620.

³²⁹ Mäntymäki M. et Salo J. (2011), Teenagers in Social Virtual Worlds: Continuous Use and Purchasing Behavior in Habbo Hotel, *Computers in Human Behavior*, 27, 6, 2088-2097.

³³⁰ Mäntymäki M. et Salo J. (2013), Purchasing Behavior in Social Virtual Worlds: An Examination of Habbo Hotel, *International Journal of Information Management*, 33, 2, 282-290.

³³¹ Monde virtuel social, originaire de Finlande, très en vogue chez les adolescents jusqu'en 2012, ayant compté un pic de plus de 273 millions de comptes cette année-là avant qu'un problème de sécurité ne nuise à sa réputation.

bijoux...) et pas des produits ou services réels qui seront consommés hors du monde 3D. Il est donc probable que la valeur utilitaire mesurée dans ces travaux ne soit pas du même ordre que celle que nous avons pu mesurer dans les nôtres.

- Enfin Ho et Wu (2012)³³² ainsi que Hamari (2015)³³³ n'ont travaillé que sur l'achat de produits virtuels dans des univers virtuels, mais ils ont montré que l'esthétique d'un jeu 3D en ligne accroissait son attractivité à l'achat. Nous pouvons probablement faire ici le parallèle avec une partie **des éléments de design d'un site 3D, éléments dont l'importance a également été soulignée par nos résultats.**
- Rappelons enfin qu'Animesh *et al.* (2011)³³⁴, en s'inspirant du modèle S-O-R, avaient démontré que l'interactivité (interaction avec les objets) a un impact positif sur la téléprésence et le flow et incitent l'internaute à acheter dans un site web 3D. **Nous retrouvons ici des éléments de nos hypothèses qui ont été validés, le contrôle et l'absorption cognitive influencent favorablement l'immersion et les comportements** (incluant celui d'achat). Toutefois, s'agissant des facteurs sociaux, ces auteurs concluent que la densité (nombre d'avatars visibles dans une surface donnée) et la stabilité (présence répétée) des avatars ont également un effet positif sur l'intention d'achat. **Nos conclusions divergent quelque peu** puisque nous avons détecté deux types de comportement face à cette variable sociale, **d'une part une grande majorité de nos testeurs souhaitant un magasin pour eux seuls avec les avantages associés** (calme, pas de foule, choix facilités), et d'autre part, ceux pour qui le manque de compagnons virtuels de magasinage a pesé. L'explication vient probablement d'une partie des résultats d'Animesh *et al.* (2011) qui soulignaient le double effet de la densité qui, en même temps, diminuait l'état de flow. Nos testeurs, **focalisés sur un but à atteindre, ont privilégié la solitude virtuelle.**

³³² Ho C. H. et Wu T. Y. (2012), Factors Affecting Intent to Purchase Virtual Goods in Online Games, *International Journal of Electronic Business Management*, 10 (3), 204–212.

³³³ Hamari J. (2015), Why Do People Buy Virtual Goods? Attitude Towards Virtual Good Purchases versus Game Enjoyment, *International Journal of Information Management*, 35 (3), 299–308.

³³⁴ Animesh A., Pinsonneault A., Yang S. et Oh W. (2011), An odyssey into virtual worlds: exploring the impacts of technological and spatial environments on intention to purchase virtual products, *MIS Quarterly*, 35, 3,789-810.

En résumé, la grande majorité de ces résultats, récents, confortent donc nos conclusions, conclusions que nous résumons ci-dessous en trois volets : 1) l'influence des 3Dsphériques ; 2) le rôle pivot de l'immersion et 3) l'importance de l'IHM.

1. L'influence directe des 3Dsphériques

- Dans un magasin virtuel en 3D, **les 3Dsphériques** que nous avons étudiés (éclairage, position des produits et signalétique) **ont un effet direct sur l'immersion et sur les valeurs perçues** (hédonique et utilitaire). Toutefois seule la signalétique influence la valeur hédonique. Nous pouvons probablement expliquer l'importance de la signalétique par le fait qu'elle permet un repérage dans le magasin. En conséquence, si le visiteur a l'impression de maîtriser sa navigation (composante « contrôle »), son absorption cognitive et sa présence spatiale sont positives. Ces trois composantes additionnées favorisant l'immersion, le visiteur perçoit alors une valeur utilitaire plus grande à ses actions.
- L'éclairage est le seul des 3 facteurs pris en compte à influencer les trois comportements, achat, intention de revisite et bouche à oreille. Notre interprétation est que l'éclairage, accompagnant le visiteur tout au long de son parcours de magasinage puis au moment du choix final, est un facteur essentiel de « bien-être » dans une simulation 3D.
- La position des produits semble un facteur important dans le choix. Nous avons en effet constaté que, comme dans un magasin physique, le regard des visiteurs se pose plus naturellement sur les éléments qui sont au niveau horizontal face à un linéaire.

Dans une navigation, au sein d'un magasin 3D, orientée vers un but, **éclairage, signalétique et position des produits ont donc un rôle essentiel dans l'immersion et le rapprochement du client vers son objectif**. Plus précisément, nous avons démontré que la position des produits, tout comme l'éclairage additionnel, ont une influence au moment final, c'est-à-dire lorsque le consommateur prend sa décision face à une offre de différents produits. En cela ces deux éléments impactent, là aussi, la valeur utilitaire.

2. Le rôle pivot de l'immersion

- L'immersion **n'est pas liée aux caractéristiques des individus, elle se construit essentiellement à l'aide des 3Dsphériques et des trois autres composantes expérientielles perçues** (présence spatiale, contrôle et absorption cognitive).
- Cette immersion **impacte directement toutes les valeurs et tous les comportements**.

Un des aspects intéressants de nos résultats est cette neutralité de l'immersion face aux caractéristiques des individus. Autrement dit, l'impact de la troisième dimension ajoutée dans notre simulation a été le même pour tous. Cette immersion s'est construite grâce aux caractéristiques du magasin.

3. L'importance de l'IHM

Vu le rôle pivot de l'immersion, tout ce qui contribue à la renforcer est bénéfique et à l'inverse chaque difficulté rencontrée par le visiteur va la réduire. Nos travaux ont mis en exergue **la nécessité d'une interface fluide et efficace permettant notamment aux visiteurs de se déplacer aisément dans la simulation voire d'accélérer ces déplacements** (plan interactif, survol). De nouvelles pistes d'interactions ont été évoquées comme par exemple des rayons interactifs ou des magasins personnalisables. **La manipulation des produits 3D, considérée comme une valeur ajoutée essentielle, permet aux utilisateurs d'optimiser leur expérience et rajoute à la valeur utilitaire du concept.**

1.1.2 3D versus réel et 3D versus 2D

S'agissant des conclusions que nous tirons concernant les différences et similitudes entre magasins 2D et magasins 3D.

La similitude principale que nous avons relevé entre les deux configurations est que les modalités de visite (butinage ou liées à un but) sont toutes aussi prégnantes en 3D que sur un site 2D classique. La différence essentielle réside dans l'expérience utilisateur totalement nouvelle qui est proposée. En effet, grâce aux composantes atmosphériques créées par la simulation (univers marchand, rayons, lumière, signalétique...), des dimensions nouvelles apparaissent, dès lors l'expérience de consommation est plus immersive. Qui plus est, cette simulation « augmentée » permet aux visiteurs de se projeter dans deux types de navigation possibles, le butinage ou l'utilitaire, chose beaucoup moins aisée dans le cas d'un site 2D.

S'agissant des conclusions que nous tirons concernant les différences et similitudes entre magasins 3D et magasins physiques.

Dès 2011, Animesh *et al.* (2011)³³⁵ évoquent le fait que « *la représentation 3D de l'espace dans les mondes virtuels les distingue des autres communautés virtuelles 2D et les rapproche du monde physique* ». Nos conclusions vont en ce sens puisque notre analyse des 3Dsphériques nous a permis de démontrer quatre points qui confirment cette affirmation.

- D'une part, il est possible de classer les composantes atmosphériques d'un magasin 3D en trois grandes familles (ambiance design, sociaux), classification similaire à celle proposée par Kotler (1973)³³⁶ dans son article séminal sur les *atmosphériques* des magasins réels.
- D'autre part, parmi les facteurs d'ambiance, la position des produits en rayon, l'éclairage, la signalétique et le COS ont un effet dans un magasin virtuel. Les nombreuses études présentées dans notre état de l'art sur les magasins réels nous ont permis de constater que c'est un second parallèle que nous pouvons faire entre réel et 3D.
- De par la ressemblance, choisie, entre notre simulation et le monde réel nous avons constaté que cette similarité apporte les mêmes contraintes que dans un magasin réel s'agissant de la configuration des facteurs de design. Tout comme dans un monde réel, ces facteurs influent sur l'immersion d'un visiteur.
- Les visiteurs sont sensibles aux facteurs sociaux et plus particulièrement à la présence, ou non, du personnel du magasin.

Nous avons obtenu des pistes de réponses sur d'autres éléments d'un magasin virtuel présents dans le réel (présence ou non de foule, musique, décoration, couleurs) et nous pouvons supposer qu'elles ont également un effet mesurable sur les comportements. Il serait pertinent de le vérifier via d'autres études.

³³⁵ Animesh A., Pinsonneault A., Yang S. et Oh W. (2011), An odyssey into virtual worlds: exploring the impacts of technological and spatial environments on intention to purchase virtual products, *MIS Quarterly*, 35, 3,789-810.

³³⁶ Kotler P. (1973), Atmospherics as Marketing Tool, *Journal of Retailing*, 49, 4, 48-64.

En résumé, le parallèle entre magasin réel et magasin 3D nous semble très important quand on étudie l'impact des *atmosphériques*, et, surtout si on en compare leurs effets dans les magasins 2D, leur influence semble très similaire.

2 Limites du travail de recherche

S'agissant d'un sujet d'étude qui s'est focalisé sur les relations entre des individus et une technologie, nous trouvons donc deux grandes familles de limites à notre recherche, la première est d'ordre technologique, la seconde méthodologique.

2.1 Les limites technologiques

2.1.1 Une technologie en constante évolution

Lorsque nous avons débuté nos travaux en 2010, le concept de l'internet 3D était en plein essor. L'envolée de Second Life, dans lequel le cabinet Gartner³³⁷ prévoyait que 80% des internautes auraient un avatar, était portée par nombre d'entreprises (Coca Cola, Renault, IBM, Apple...) qui y voyaient un nouveau mode de communication pour leur marque et de commercialisation pour leurs produits. Les sites que nous avons analysés dans notre étude expérimentale sont de ceux-là. Toutefois la complexité de ce monde virtuel et les freins technologiques (plug-ins nécessaires, limitation des animations liées aux faibles débits internet) ont brisé un élargissement de ces applications vers le grand public.

Durant l'avancement de nos travaux, nous avons vu la technologie évoluer avec, tout d'abord, la montée en puissance d'un web3D permettant aux internautes de s'affranchir progressivement de plug-ins spécifiques à telle ou telle application, puis la montée en puissance des infrastructures « haut débit » permettant une plus grande fluidité des animations chez l'utilisateur final. Plus récemment (à partir de 2014), de grands acteurs technologiques (Google, Sony, Facebook) ont investi dans la réalité virtuelle et ses casques, ouvrant la voie à un complet bouleversement des possibilités d'immersion. Cette évolution permanente signifie qu'à peine terminés nos travaux devraient être réactualisés afin de prendre en compte ces nouvelles interfaces et l'élargissement des possibilités (ergonomie, modalités de visualisation, qualité des images...) qu'elles proposent. Les toutes premières études,

³³⁷ <http://www.gartner.com/newsroom/id/503861> consulté le 13.08.2017

utilisant comme nous des capteurs physiologiques, commencent à être publiées début 2017³³⁸ et montrent clairement que la réalité virtuelle augmente l'intensité de l'excitation physiologique mais, selon Allen *et al.* (2016)³³⁹ peut provoquer de l'inconfort, voire même la cinétose (en anglais « motion sickness ») selon Mason (2017)³⁴⁰.

2.1.2 Les sites utilisés pour notre étude exploratoire

Là encore, le recul temporel nous montre que la richesse, la fluidité et la qualité des sites qui ont été utilisés au début de notre étude exploratoire, étaient bien en retrait de ce qui est possible aujourd'hui. Nombre d'entre eux ont d'ailleurs évolué, voire disparu, traduction concrète de la rapidité des évolutions technologiques évoquée ci-dessus. Soulignons toutefois que, malgré cette relative pauvreté qualitative des sites utilisés, nos résultats ne sont pas totalement obsolètes car ils reflètent parfaitement les besoins basiques des utilisateurs face à des environnements 3D. C'est, en partie, en prenant en compte cette limite que nous avons décidé de créer notre propre simulation.

2.1.3 Les manques de notre simulation de magasin 3D

Comme nous l'avons indiqué dans notre chapitre 11, avant de lancer nos premiers tests nous avons dû revoir à la baisse l'ampleur de notre simulation de magasin 3D. En effet le matériel informatique (ordinateurs de visualisation, cartes graphiques), dont nous disposions à ce moment-là, manquait de puissance de calcul pour pouvoir afficher l'ensemble de la simulation. La qualité des visuels que nous avons réalisés (issus des photographies prises dans un magasin réel) employait en effet une grande quantité de mémoire vive ralentissant considérablement les performances de la simulation en termes de réactivité et donc d'ergonomie. La conséquence de cette décision a donc été que notre ambition initiale de reproduire un magasin réel à l'identique n'a pas été atteinte. Il est donc envisageable que cette diminution de la surface du magasin et du nombre de rayons disponibles ait pu avoir une influence sur le ressenti de nos testeurs.

³³⁸ Farnsworth B. (2017), Measuring the power of virtual reality immersion, <https://imotions.com/blog/measuring-virtual-reality-immersion-case-study/> consulté le 07.09.2017

³³⁹ Allen B., Hanley T., Rokers B. et Green C. S. (2016), Visual 3D motion acuity predicts discomfort in 3D stereoscopic environments. *Entertainment Computing*. Published online January 14, 2016. doi: 10.1016/j.entcom.2016.01.001.

³⁴⁰ Mason B. (2017), Real sick: The immersive experience of the virtual world is not for everyone, *Science News*, March 18.

Une seconde lacune de notre simulation est liée à la qualité inégale des images des produits proposés. En effet, même si toutes nos photographies ont été prises en haute définition, le rendu était inégal entre les produits manipulables (conçus un à un mais superposés informatiquement) et les produits non manipulables issus des photographies des rayons. Cette différence, soulignée par près d'un tiers de nos testeurs, a également pu influencer négativement leur immersion.

2.2 Les limites méthodologiques

2.2.1 Les types de produits proposés

Pour des raisons de mise en œuvre (construction de notre univers plus simple), nous avons opté pour la reproduction d'un magasin existant, magasin centré principalement sur des produits alimentaires. Or, comme nous l'avons perçu dans notre questionnaire en ligne (Chapitre 8), et comme le constatent les statistiques des ventes en ligne (exemple de la FEVAD), la majorité des ventes de produits (par opposition aux services) n'est pas dans le domaine alimentaire. Il aurait donc été **intéressant d'élargir notre simulation à d'autres types de produits** (vêtements, automobiles...), **voire à des services** (banque, voyages, immobilier) et de proposer des fonctionnalités adéquates telles que « l'essayage » de vêtements sur un avatar à ses mensurations, des visites virtuelles très poussées de véhicules ou d'appartements non encore construits. Dans ces autres domaines, d'autres résultats auraient pu apparaître. Il faut donc être prudent sur la généralisation de nos conclusions à tout type de produit.

2.2.2 Les scénarii

Relativement peu de combinaisons ont été testées, en effet nous avons fait le choix de **nous limiter à trois facteurs d'ambiance**, d'une part pour limiter le nombre de combinaisons possibles et, d'autre part, pour éviter des développements informatiques supplémentaires. Bien nous en a pris pour la partie « conception informatique », puisque celle-ci, sur ces seuls trois facteurs, s'est avérée particulièrement chronophage. Enfin notons que l'idée initiale de faire varier la couleur de la signalétique au cours de chaque expérimentation, afin d'en mesurer une éventuelle différence d'utilisation, a été abandonnée car il ne nous a pas été techniquement possible d'intervenir à distance sur le scénario qui ne se jouait que sur un seul poste (et pas en réseau).

Techniquement parlant, la mise en ligne de notre concept de magasin 3D est possible. Elle permettrait **de faire varier les configurations des magasins, de tester une grande majorité des 3Dsphériques et de recueillir les données afférentes**, le Graal étant de proposer une individualisation du scénario la plus

totale. La difficulté serait alors d'analyser le volume considérable de données ainsi collectées et de mesurer l'impact de chaque facteur.

2.2.3 La carence des mesures électrodermales

L'ambition de cette mesure était de pouvoir proposer une analyse des réactions physiologiques basée sur deux capteurs afin d'en augmenter la qualité et la finesse. La défaillance technologique de notre outil de mesure n'a pas rendu cela possible. D'autres expérimentations, menées ultérieurement avec succès sur des sujets connexes (Pandraud, Laurent et Gourvenec, 2015)³⁴¹, nous ont permis de valider le bien-fondé de cette idée.

2.2.4 L'échantillon de nos testeurs

Même si notre échantillon est équilibré et représentatif de la population française en termes de genre d'âge et de comportements vis-à-vis d'internet, il est en revanche assez biaisé en termes de PCS puisque les cadres et les étudiants sont surreprésentés avec les conséquences que nous avons évoquées sur la perception du niveau de vie. Là aussi il faudra tenir compte de ces caractéristiques avant d'extrapoler nos résultats à une plus grande échelle.

³⁴¹ Pandraud R., Laurent G. et Gourvenec B. (2015), When memory and emotions interact as mediators of "nostalgic" assessments: A study using psychophysiological measures. *45th European Marketing Academy Conference*, May 2015, Leuven, Belgium. Proceedings EMAC 2015.

3 Conclusion générale

3.1 Principaux résultats de recherche

Le résultat majeur de notre recherche est **qu'un parallèle a été démontré entre les réactions des visiteurs d'un magasin réel et ceux d'un magasin virtuel en 3D, face aux stimuli créés par les facteurs d'atmosphère**. Dans les deux cas les facteurs d'ambiance, de design et sociaux, ont le même type d'impact sur l'immersion et les comportements des visiteurs. S'agissant des magasins en ligne uniquement, l'ajout de la troisième dimension à un site web marchand traditionnel en 2D permet de rendre l'expérience utilisateur plus riche et plus complète.

3.2 Contributions de notre étude

Cette recherche apporte trois niveaux de contributions, un niveau académique, un niveau méthodologique et un niveau managérial

3.2.1 Les apports théoriques de notre recherche

Notons tout d'abord que nos travaux utilisent des technologies très récentes et qu'ils mobilisent des connaissances à la croisée de différents domaines, marketing, psychologie, informatique et ergonomie. Dès lors nos apports théoriques, certes novateurs, sont modestes puisqu'ils ne concernent qu'une application spécifique, application amenée, qui plus est, à évoluer dans les années à venir avec la probable démocratisation de la réalité virtuelle.

Le concept d'achat électronique sur internet n'est pas nouveau. Nos premiers apports sont donc des contributions à une nouvelle modalité de ces achats. Ils s'inscrivent dans le paradigme produit/situation/individu et enrichissent l'étude des interactions entre ces trois éléments dans un contexte technologique spécifique. Nos seconds apports sont dans le rapprochement, que nous avons tenté d'argumenter, qu'il semble possible de faire entre magasinage dans des environnements traditionnels et magasinage dans des environnements virtuels en 3D. Les prémices de ce rapprochement ont été posées.

3.2.2 Les apports méthodologiques

La mobilisation de différents types de modalité de recueil d'informations dans le cadre d'une analyse d'un site 3D est novatrice. Certes, nous avons évoqué les difficultés rencontrées (synchronisation des capteurs, analyses vidéo détaillées) mais, prise dans son ensemble, notre méthodologie a démontré que des résultats de données subjectives (car issues de questionnaires post-expériences) pouvaient être complétés par des résultats de données objectives (analyse des parcours, des chemins oculaires et de l'activité de l'œil).

S'agissant du traitement des parcours, notre solution de catégoriser les comportements en fonction des 3Dsphériques à mesurer est originale et performante. Elle a toutefois pour inconvénient d'être très chronophage puisqu'elle nécessite le codage individuel du parcours de chaque individu. A l'instar de ce qui se fait dans l'analyse des parcours client dans des magasins réels, qui utilisent un eye tracker mobile et taguent certains rayons avec des balises, il serait intéressant de pouvoir automatiser cette analyse en élaborant, par exemple, un protocole de visite du site 3D qui inclurait des zones de regard obligatoires et standardisées.

3.2.3 Les apports managériaux

Les contributions managériales de cette thèse sont de deux ordres, primo elle permet d'apporter des éléments de réponse aux managers qui s'interrogent sur l'opportunité ou non de faire évoluer, tout ou partie, de leur site web2D vers de la 3D ; secundo, dans l'hypothèse où cette transition est choisie, nos travaux précisent les facteurs clés permettant d'assurer l'efficacité des moyens déployés.

Faut-il proposer un site web 3d

Les travaux de Heitz-Spahn et Filser (2014)³⁴² mettent en avant le fait que les consommateurs d'aujourd'hui vont utiliser plusieurs canaux d'information dans les différentes phases de leur processus de décision. Le site web fait donc désormais partie intégrante du levier « distribution » dans le marketing-mix d'une entreprise. Cependant, les sites 2D classiques proposent une expérience consommateur minimale. Cette limite est soulignée par nos testeurs : des listes et menus déroulants peu pratiques, des photographies de produits en 2D peu attrayantes. Faire évoluer, tout ou partie, d'un site 2D vers de la 3D nous semble donc incontournable pour proposer aux visiteurs d'élargir et

³⁴² Heitz-Spahn S. et Filser M. (2014), La place de l'enseigne dans les trajectoires d'achat des clients en contexte multicanal, *Décisions Marketing*, 74, 21-36.

renforcer leur expérience de consommation telle que définie par Michaud-Trévignal et Stenger (2014)³⁴³.

Pour le distributeur, il bénéficie là d'un point de vente, potentiellement exhaustif, de ses références à un coût minime, à l'instar d'un site 2D (pas de frais de stockage, logistique optimisée...), tout en ayant la possibilité de **présenter son offre de façon beaucoup plus attractive**. Un magasin 3D peut également couvrir les deux types de navigations classiquement recensées l'utilitaire et le butinage.

Quels éléments constitutifs pour assurer l'efficacité d'un site web3d.

Comme nous l'avons présenté dans l'état de l'art, selon les théories de l'expérience utilisateur ou UX (Thuring et Mahlke (2007)³⁴⁴, Hassenzahl (2003)³⁴⁵), la conception d'une interface web doit prendre en compte les attentes et les besoins de l'internaute et son ressenti émotionnel pour optimiser son expérience. Dès lors nos travaux apportent des éléments décisionnels aux managers dans les deux directions :

- En amont pour éclairer les concepteurs d'univers 3D sur **l'influence des 3Dsphériques et de l'ergonomie (IHM) dans l'efficacité des résultats de leur production**.
- En aval (*a posteriori*) pour évaluer les impacts de leurs choix sur **l'expérience utilisateur**.

Concrètement, nous pouvons proposer quelques pistes de conception d'un magasin 3D performant en termes d'UX.

Composantes atmosphériques d'un site web	Éléments constitutifs des composantes atmosphériques d'un site web 3D : les 3Dsphériques	Recommandations managériales
--	--	------------------------------

³⁴³ Michaud-Trevinal A, Stenger T (2014) Toward a conceptualization of the Online Shopping Experience. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 21: 314–326.

³⁴⁴ Thuring M. et Mahlke S. (2007), Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction. *International Journal of Psychology*, 42, 253-264.

³⁴⁵ Hassenzahl M. (2003), The thing and I: Understanding the relationship between user and product, dans Blythe M., Overbeeke C., Monk A. F. et Wright P.C., *Funology: From usability to enjoyment*, 31-42. Dordrecht: Kluwer.

Les facteurs d'ambiance	<p>Variables de réalisme (proximité plus ou moins grande de l'univers avec la réalité)</p> <p>Variables internes générales (murs, plancher, moquette, éclairage, son, meubles et appareils)</p> <p>Variables de décoration (présentation des produits, présentoirs, posters, signalisation, cartes et décorations murales)</p> <p>Variables techniques de la simulation (qualité d'image, latence, taille de l'univers)</p>	<p>Réalisme parfait afin de maximiser l'immersion.</p> <p>Musique optionnelle et personnalisable.</p> <p>Éclairage global du magasin de type « jour » et possibilité de sur-éclairage sur des produits spécifiques (promotions). Couleurs neutres pour les murs et sols. Présence d'un plafond. Mobilier habituel de magasin réel.</p> <p>COS important dans l'entrée du magasin, ordinaire (cf. réel) pour les rayons. Plan (vue de dessus) interactif. Décorations murales.</p> <p>Images haute définition, latence minimale, univers de taille raisonnable (2500 à 5000m²)</p>
Les facteurs design	<p>Variables d'agencement et de design (nombre de références proposées, allocation de l'espace, groupement des produits, circuit du trafic, emplacement des rayons et allocations au sein des rayons)</p> <p>Variables ergonomiques de la simulation (visualisation, modalités de déplacement, possibilités de manipuler des éléments en 3D)</p>	<p>Assortiment supérieur à un hypermarché (mini 100 000 référence), possible grâce à des rayons modulables et personnalisables. Groupements des produits identiques à ceux des magasins réels mais possibilité de rayons interactifs sélectionnables par famille de produits.</p> <p>Visualisation FPS. Ensemble du magasin et produits proposés en 3D. Manipulation 3D et fonction de zoom avec définition parfaite des caractéristiques des produits. Modalités de déplacement classique ET survol possible. Utilisation souris/clavier mais adaptabilité possible à d'autres outils (joystick, futurs contrôleurs type « Santa Cruz »).</p>
Les facteurs sociaux	<p>Variables humaines virtuelles (nombre et caractéristiques des autres avatars, caractéristiques des vendeurs et/ou des chatbot)</p>	<p>Personnalisation possible sur la présence ou non d'autres visiteurs.</p> <p>Avatars d'employés du magasin pour informer et finaliser le processus d'achat.</p>

Tableau 35 : Propositions de recommandations managériales dans la conception de site web 3D marchands.

S'agissant des choix technologiques, Unity 3D semble aujourd'hui le moteur multiplateforme incontournable, confortant ainsi l'option que nous avons prise lors de la conception de notre magasin

3D. Deux atouts supplémentaires, d'une part l'existence d'un Forum utilisateur³⁴⁶ très riche, et d'autre part la possibilité de migrer assez aisément un site existant vers de la RV.

3.3 Voies de recherche

Ce travail doctoral permet l'ouverture vers de nouvelles voies de recherches théoriques et managériales.

- La prise en compte des autres 3Dsphériques que nous n'avons pas abordés. Les plus prégnants, tels que soulignés par nos résultats, seraient probablement les facteurs sociaux ainsi que la musique. La question de représentation de soi à travers l'avatar dans un monde virtuel, très analysée dans des mondes de type Second Life, nous semble moins prioritaire.
- La réplication de la présente recherche serait envisageable en mettant en scène d'autres types de produits voire même des services (cf. 2.1.1).
- Les mesures de l'immersion de la cognition, voire des émotions, pourraient être affinées en utilisant des capteurs physiologiques plus performants et plus nombreux (ajout d'un capteur cardiaque) pour affiner la mesure de l'immersion, voire élargir à d'autres variables médiatrices (émotions, humeur). L'utilisation que nous avons faite, dans notre étude préliminaire, d'analyse vidéo des expressions faciale est une autre piste de travail, les logiciels ayant fortement progressé depuis nos premières expérimentations³⁴⁷.

3.4 Vers la réalité virtuelle ?

Comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises dans nos travaux l'évolution « naturelle » de la 3D est fortement liée à l'évolution des technologies disponibles. **Le futur est donc la fluidification de l'interface homme-machine notamment en utilisant les possibilités offertes par la réalité virtuelle et par la réalité augmentée.** Les ambitions affichées par certains acteurs du web (Google, Microsoft et

³⁴⁶ <http://forum.unity3d.com> consulté le 19.09.2017.

³⁴⁷ Voir notamment notre collaboration avec GfK <http://www.gfk-verein.org/en/research/research-spectrum/capturing-emotions/gfk-emo-scan>

Facebook) sont conséquentes. Mr Zuckerberg, PDG de Facebook, a présenté la sienne le 11 octobre 2017³⁴⁸ « nous nous fixons un objectif : nous voulons attirer un milliard de personnes vers la réalité virtuelle », l'imaginant comme futur moyen d'interaction entre les membres de son réseau social. En ce sens l'annonce de casques de RV autonomes à un prix inférieur à 200 € et l'ouverture de la nouvelle plateforme de développement de l'oculus le 17.10.2017 sont des éléments qui vont pouvoir contribuer à cette ambition. Ajoutons que les acteurs issus de l'électronique (Sony, Acer, Dell, Samsung) ne sont pas en reste et proposent également des matériels compatibles avec les différents standards. Les applications sont potentiellement multiples du e-commerce à l'e-santé en passant par les loisirs et la culture. Les problématiques liées à l'immersion et à la qualité de l'expérience utilisateur qui sera proposée se poseront systématiquement.

Tout ceci nous incite à imaginer que nos travaux sur les 3Dsphérics pourront être amenés à contribuer à la mise en œuvre de certaines applications utilisant la réalité virtuelle dans les prochaines années.

« The future is built by the people who believe it could be better »

M. Zuckerberg, 11.10.2017. Présentation du nouveau casque de réalité virtuelle "Oculus GO".

³⁴⁸ Conférence Oculus Connect du 11.10.2017, San José, Californie.

Bibliographie

A

Adam D. A., Nelson R. R. et Todd P. A. (1992), Perceived usefulness, ease of use, and usage of information technology: A replication. *MIS Quarterly*, 16, 227-247.

Agarwal R. et Karahanna E. (2000), Time Flies When You're Having Fun: Cognitive Absorption and Beliefs About Information Technology Usage, *MIS Quarterly*, 24: 4.

Ajzen I. (1991), The theory of planned behaviour. *Organizational behaviour and human decision processes* 50: 179-211.

Allen B., Hanley T., Rokers B. et Green C. S. (2016), Visual 3D motion acuity predicts discomfort in 3D stereoscopic environments. *Entertainment Computing*. Published online doi: 10.1016/j.entcom.2016.01.001.

Andreassi J. L. (1995), *Psychophysiology: Human behavior and physiological responses* (3rd edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Animesh A., Pinsonneault A., Yang S. et Oh W. (2011), An odyssey into virtual worlds: exploring the impacts of technological and spatial environments on intention to purchase virtual products, *MIS Quarterly*, 35, 3, 789-810.

Antébliau B., Filser M. et Roederer C. (2013), L'expérience du consommateur dans le commerce de détail. Une revue de littérature, *Recherche et Applications en Marketing*, 28, 3, 84 – 113.

Areni C. et Kim D. (1993), The Influence of background music on shopping behavior: classical versus top-forty music in a wine store, *Advances in Consumer Research*, Volume 20, eds. Leigh McAlister and Michael L. Rothschild, Provo, UT : Association for Consumer Research, 336-340.

Areni C. et Kim D. (1994), The influence of in-store lighting on consumers' examination of merchandise in a wine store, *International Journal of Research in Marketing*, 11, 2, 117-125.

Arnold E. (1972), *Ink on paper*. New York: Harper and Row Publishers.

Arnold M.J. et Reynolds K.E. (2003), Hedonic shopping motivations, *Journal of Retailing*, 79, 1, 77-95.

Asimov I. (1986), *Foundation and earth*, New York, Doubleday.

B

- Babin B. J., Darden W. R. et Griffin M. (1994), Work and/or fun: Measuring hedonic and utilitarian shopping value, *Journal of Consumer Research*, 20, 644-656
- Babin B.J., Hardesty D.M. et Suter T.A. (2003), Color And Shopping Intentions: The Intervening Effect Of Price Fairness And Perceived Affect, *Journal of Business Research*, 56, 541-551.
- Babour R. et Kitzinger J. (1999), *Developing focus group research : Politics, theory and practice*. Londres: Sage.
- Baccino T. et Colombi T. (2000), L'analyse des mouvements des yeux sur le Web, *Revue d'Intelligence Artificielle*, 14(1-2), 127-148
- Bach C. et Scapin D.L. (2005), *Critères Ergonomiques pour les Interactions Homme - Environnements Virtuels : définitions, justifications et exemples*. [Research Report] RR-5531.
- Badot O. et Lemoine J.-F. (sept. 2013), Du paradigme dichotomique de l'expérience d'achat au paradigme ubiquitaire., *Recherche et Applications en Marketing*, 28, 3, 3-13.
- Bahill A. T. et Stark L. (1975), Overlapping saccades and glissades are produced by fatigue in the saccadic eye movement system. *Experimental neurology*. 48. 95-106.
- Baker J., Levy M. et Grewal D. (1992), An experimental approach to making retail store environmental decisions, *Journal of Retailing*, 68, 4, 445-460.
- Baker, J. (1986), The Role of the Environment in Marketing Services : The Consumer Perspective, in *The Services Challenge : Integrating for Competitive Advantage*, The American Marketing Association, eds. J.A.
- Baker, J. (1986), *The Role of the Environment in Marketing Services: The Consumer Perspective*, in *The Services Challenge: Integrating for Competitive Advantage*, The American Marketing Association, eds. J.A.
- Bakini D., Fatma E., Hajer Ben Lallouna H. et Zghal M. (2008), L'Impact d'un Eclairage Additionnel dans un Point de Vente sur les Réactions Comportementales des Consommateurs, *La Revue des Sciences de Gestion*, Direction et Gestion, 229, 41-9.

Barlow A., Noreen Q. et Mannion M. (2004), "Development in Information and Communication Technologies for Retail Marketing Channels, *International Journal of Retail and Distribution Management*, 32, 157–63.

Barnard P. (1987), *Interfacing Thought, Cognitive aspects of Human Computer Interaction*, chapter Cognitive Resources and the Learning of Computer Dialogs, 112–158. MIT Press Publ.

Bastien J.M.C. et Scapin D.L. (1993), *Critères Ergonomiques pour l'Évaluation d'Interfaces Utilisateurs* (version 2.1). Technical report, 156, May 1993. INRIA. Programme 3: Artificial intelligence, cognitive systems, and man-machine interaction.

Bastien J.M. et Scapin D. (1993), *Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer interfaces*, Institut National de recherche en informatique et en automatique, France.

Bechara A., Damasio H., Damasio A. R. et Lee G. P. (1999), Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience*, 19(13), 5473-5481.

Becker W. et Fuchs A. F. (1969), Further properties of the human saccadic system: eye movements and correction saccades with and without visual fixation points. *Vision Res.* 9, 1247-1258.

Belaid Fehri D., et Temessek Behi A., (2005), Une comparaison de trois échelles de mesure de la fidélité au service, *Actes du 19ème Congrès de l'Association française de Marketing*, Nancy.

Bell M. W. (2008), Toward a Definition of Virtual Worlds, *Journal for Virtual Worlds Research*, 1, 1, 1–5.

Bellizi J., Crowley A. et Hasty R. (1983), The Effects of Color in Store Design, *Journal of Retailing*, 59 (Spring): 21-45.

Bellizi J.A. et Hite R. (1992), Environmental Color, Consumer Feelings and Purchase Likelihood, *Psychology and Marketing*, 9, 347-363.

Benavent C. et Evrard Y. (2002), Extension du domaine de l'expérience, *Décisions Marketing*, 28, 7-11.

Benghozi P.J. et Licoppe C. (2003), Technological national learning : from Minitel to Internet, in Bruce KOGUT, *The Global Internet Economy*, MIT Press, 153-190.

Berelson B. (1952), *Content analysis in communication research*, Glencoe, The Free Press.

- Bettaieb G. et Poncin I. (2013), Les facteurs d'atmosphère dans un site en 3D: des facteurs classiques à la mobilisation des 5 sens dans l'expérience de shopping en ligne. *29ème Congrès International de l'Association Française du Marketing*. La Rochelle, mai.
- Bharathi K. et Venkatramaiah S.R. (1974), Effects of Anxiety on Closure Effect Disappearance Threshold, *Indian Journal of Clinical Psychology*, 1, 114-120
- Birren F. (1973), Colour reference as a clue to personality, *Arts Psychotherapy*, 1, 1, 31-34 in R. Divard.
- Bitner M.J. (1992), Servicescapes: the impact of physical surrounding on customers and employees, *Journal of Marketing*, 56, 2, 57-71.
- BixL., Lockhart H., Cardoso F. et Selke, S. (2003), The effect of color contrasts on message legibility, *Journal of Design Communication*, Spring 2003, 5.
- Bleize D. et Antheunis M. (2016), Factors influencing purchase intent in virtual worlds: a review of the literature, *Journal of Marketing Communication*, 1-18. Disponible en ligne à: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13527266.2016.1278028>
- Bohghen D., Trost B., Daroff R., Dell'Osso L. et Birkett J. (1974), Velocity characteristics of normal human saccades, *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 13(8), 619-623.
- Bonnin G. (1999), L'acte de magasinage : description et interprétation des pratiques spatiales des individus en rayon, *Actes du 15ème Congrès International de L'AFM*, Strasbourg, 1, 117-136.
- Bouchard S., Robillard G. et Renaud P. (2002), Validation canadienne-française de deux mesures importantes en réalité virtuelle: L'Immersive Tendencies Questionnaire et le Presence Questionnaire. *Poster ITQ 2002*.
- Boucsein W. (1992), *Electrodermal activity*. New York: Plenum Press.
- Bowman D., Kruijff E., Laviola J. et Poupyrev I. (2004) : *3D User Interfaces : Theory and Practice*. Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., Redwood City, CA, USA, 2004. ISBN 0201758679.
- Bradley B., Singleton M. et Li Wan Po A. (1994), Readability of patient information leaflets on over-the-counter (OTC) medicines. *Journal of Clinical Pharmacy*, 19, 7-15.
- Brengman M. (2002), *The Impact Of Colour In The Store Environment: An Environmental Psychology Approach*, Ph.D. Thesis, Faculty of Economics and Business Administration, University of Gent.

Brøekemier G.M. (1993), *Retail store image formation and retrieval: a content analysis including effects of music and mood*, Thèse de doctorat, Université du Nebraska, Lincoln.

C

Cail F. et Salsi S. (1992), *La fatigue visuelle. Notes de l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles*. INRS éditions, Paris (France).

Card S., Moran T. et Newell A. (1983), *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum, New Jersey.

Caru A., Cova B. (2003), Revisiting Consumption Experience : A more humble but complete view of the concept, *Acoustics, Speech, and Signal Processing Newsletter*, IEEE, 3, 2, 267-286

Chaillou C., Degrande S. et Plénacoste P. (2006), *Environnements collaboratifs 3D*, INRIA, www.lifl.fr/~chaillou consulté le 10.06.2015

Charfi A. (2012), *L'expérience d'immersion en ligne dans les environnements marchands de réalité virtuelle*. Thèse de doctorat ès Sciences de Gestion : Université Paris Dauphine, juin.

Charfi A. et Volle P. (2010), L'Immersion dans les Environnements Expérientiels en Ligne : Rôle des dispositifs de la Réalité Virtuelle, *Actes de la 26ème Conférence de l'Association Française du Marketing*, Le Mans.

Charfi A. et Volle P. (2011), Valeur perçue et comportements en ligne en état d'immersion : Le rôle modérateur de l'implication et l'expertise, *Actes du 27ème Congrès international de l'Association Française du Marketing*, Bruxelles, 18-20 Mai.

Childers M., Terry L., Carr C. L., Peck J. et Carson S. (2001), Hedonic and Utilitarian Motivations for Online Retail Shopping Behavior, *Journal of Retailing*, 77 (Winter), 511–35.

Churchill E. F. et Snowdon D. (1998), *Collaboratif Virtual Environnement*, SIGGROUP Bulletin, 19, 2.

Churchill G.A. (1979), A paradigm for developing better measures of marketing constructs, *Journal of Marketing Research*, 16, 64-73.

Collet C., Roure R., Rada H., Dittmar A. et Vernet-Maury E. (1996), Relationships between performance and skin resistance evolution involving various motor skills. *Physiology and behavior*, 59(4), 953-963

Cottet P. et Vibert F. (1999), La valorisation hédonique et/ou utilitaire du shopping dans le magasin d'usine, *Actes du 15ème Congrès de l'Association Française du Marketing*, Strasbourg, 93-116

Couper M. (2001), The Promises and Perils of Web Surveys, ASC Conference. The Challenge of the Internet, Latimer, Grande-Bretagne

Cox A., Cairns P., Berthouze N. et Jennett C. (2006), *The use of eyetracking for measuring immersion. in: What Have Eye Movements Told us So Far?*, Cognitive Science . Vancouver.

Cox D.F. (1969), The sorting rule model of the consumer product evaluation process, Risk Taking and Information Handling , *Consumer Behavior*, Boston, MA, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 324-369.

Critchley H. (2002), Electrodermal responses : What happens in the brain ?, *The neuroscientist*, 8, 132.

Cronbach L.J. (1951), Coefficients alpha and the internal structure of tests, *Psychometrika*, 16, 297-334.

Crowley A. E. (1993), The two-dimensional impact of color on shopping, *Marketing Letters*, 4.1, 59–69.

Csikszentmihalyi M. (1990), *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, New York: Harper & Row.

D

Dagiuklas T. (2012), 3D Media over Future Internet: Current Status and Future Research Direction, *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, 9, 1, 2.

Dailey L.C. (2000), *Navigational Atmospherics On The Web: Consumers' Responses To Restrictive Navigation Cues*, Ph.D. dissertation, The Graduate School, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

Dandouau J.-C. (2001), Recherche d'information sur Internet et expériences de consultation, *Recherche et Applications en Marketing*, 16,3, 9-23.

Daucé B. et Rieunier S. (2002), Le marketing sensoriel du point de vente, *Recherche et applications en marketing*, 17.4, 45–65.

Daugherty T., Li H. et Biocca F. (2005), Experiential ecommerce: A summary of research investigating the impact of virtual experience on consumer learning, *Online Consumer Psychology: Understanding and Influencing Consumer Behavior in the Virtual World*, 428-459, Lawrence Erlbaum Associates.

Davies D. R. et Parasuraman R. (1982), *The psychology of vigilance*. London, R.-U. : Academic Press.

Davis F. D. (1989), Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13, 318-340.

Delgado C., Garcia R., Navarro J.I. et Hinojo E. (2012), Functional analysis of challenging behaviours in people with severe intellectual disabilities using The Observer XT 10.0 software. *Proceedings of Measuring Behavior 2012*, Utrecht, The Netherland, 365-367.

Desmet P. et Renaudin V. (1998), Estimation of Product Category Sales Responsiveness to Allocated Shelf Space, *International Journal of Research in Marketing*, Elsevier, 1998, 15 (1), 443-457.

Dinges D. F., Mallis M., Maislin G. et Powell I. (1998), *Evaluation of techniques for ocular measurement as an index of fatigue and the basis for alertness management*, Rapport No. HS-808 762. U.S. Dept. Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.

Dion-Le-Mée D., *La foule dans un contexte commercial : Concept, mesure, effets sur les comportements*, Thèse de Sciences de Gestion, 1999, IGR, Université de Rennes I.

Divard R. et Urien B. (2001), Le consommateur vit dans un monde en couleurs, *Recherche et Applications en Marketing*, 16, 1, 2001, 3-24.

Domina T., Lee S.E et MacGillivray M. (2012), Understanding Factors Affecting Consumer Intention to Shop in a Virtual World. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 19 (6), 613–620.

Donnat O. (1998), *Les Pratiques culturelles des Français. Enquête 1997*, Paris, Ministère de la Culture et de la Communication, DEPS/La Documentation française, mai.

Donovan R. J. et Rossiter J. R. (1982), Store atmosphere: An environmental psychology approach. *Journal of Retailing*, 1982. 58(1), 34.

Downs A. (1961), A Theory of Efficiency, *Journal of Retailing*, 37, Dpring, 6-12.

Drachen A., Nacke L. E., Yannakakis G. et Pedersen A. L. (2010), Correlation between heart rate, electrodermal activity and player experience in first-person shooter games. *Proceedings of the 5th Symposium on Video Games*, ACM SIGGRAPH. New York: ACM. 49-54.

Driss F. E., Bellelouna H. et Zghal M. (2006), L'impact de l'éclairage additionnel du point de vente sur les réponses comportementales et émotionnelles du consommateur, *9^e Colloque international Etienne Thil*, La Rochelle.

Dubois P.L. et Vernet E. (2001), Contributions et pistes pour la recherche en 'e-marketing', *Recherche et applications en marketing*, 16, 3, 1-8.

E

Ekman P. et Friesen W. V. (1978), *Facial Action Coding System (FACS): Manual*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, California.

Erdogan Y. (2008), Legibility of websites which are designed for instructional purposes. *World Applied Sciences Journal*, 3(1), 73-78.

Eroglu S. et Harrell GD (1986), Retail Crowding: Theoretical and Strategic Implications, *Journal of Retailing*, 346-63.

Eroglu S.A. et Machleit K.A. (1993), Atmospheric in the retail environment : sights, sounds and smells, *Advances in Consumer Research*, Vol. 20, P. 34.

Eroglu S.A., Machleit K.A. et Davis L.M. (2003), Empirical Testing of a Model of Online Store Atmospherics and Shopper Responses, *Psychology and Marketing*, 20, 2, 2003, 139-150.

Eroglu S. A., Machleit K. A. et Davis L. M. (2001), Atmospheric Qualities of Online Retailing: A Conceptual Model and Implications, *Journal of Business Research*, 54, 2, 177-84.

Ettis S. (2008), *L'atmosphère des sites web marchands et les réactions des consommateurs en ligne : impact de la couleur dominante, de la musique d'ambiance et des animations*. Thèse de doctorat.

F

Fady A. et Seret M. (2000), *Le merchandising : techniques modernes du commerce de détail*, 5^e édition, Vuibert.

Farnsworth B. (2017), Measuring the power of virtual reality immersion, <https://imotions.com/blog/measuring-virtual-reality-immersion-case-study/> consulté le 07.09.2017

Féré C. (1888), Note sur les modifications de la résistance électrique sous l'influence des excitations sensorielles et des émotions. *Comptes rendus des séances de la société biologique*, 5, 217-219.

Filser M. (2002), Le Marketing de la production d'expérience: Statut théorique et implications managériales, *Décisions Marketing*, 28, 13-23.

Filser M. et Plichon V. (2004), La valeur du comportement de magasinage: Statut théorique et apports au positionnement de l'enseigne. *Revue française de gestion*, no 158,(1), 29-43. doi:10.3166/rfg.148.29-43.

Florès L., Muller B., Agrebi M. et Chandon J.L. (2008).Impact des sites de marque: effets de la visite et apports des outils relationnels, *Revue Française du Marketing*,. 4/5(204), 57-69.

Fondanèche D. (2012), *La littérature d'imagination scientifique*, Ed Rodopi P 263

Fornerino M., Helme-Guizon A. et Gotteland D. (2008), Expériences cinématographiques en état d'immersion : effets sur la satisfaction, *Recherche et Applications en Marketing*, 23, 3, 93-111.

Fournier J., Gaudreau P., Demontrond-Behr P., Visioli J., Forrest J. et Jackson S.A. (2007) : French translation of the Flow State Scale-2: Factor structure, cross-cultural invariance, and associations with goal attainment, *Psychology of Sport and Exercise*

Freeman WJ. (1999), *How brains make up their minds*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Fuchs P., Arnaldi B. et Tisseau J. (2003), *La réalité virtuelle et ses applications*, Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris.

Fukuda K., Stern J., Brown T., Russo M. (2005), *Cognition, blinks, eye-movements, and pupillary movements during performance of a running memory task*, *Aviat Space Environ Med* ; 76(7, Suppl.): C75– 85.

G

- Galan J.P. et Gonzales C. (2001), Webscape: a theoretical framework of website design impact on consumer responses, *European Advances in consumer research*, Association for consumer Research, 270-275.
- Galan J.P. et Vernet E. (2000) Vers une quatrième génération : les études de marché « on-line » *Décisions Marketing*, 19, 39-52
- Gallopel K. (1998), *Influence de la musique sur les réponses des consommateurs à la publicité: prise en compte des dimensions affective et symbolique inhérentes au stimulus musical*, thèse de doctorat Rennes 1.
- Gerbert P., Kaas P. et Schneider D. (2000), *Les nouveaux marchands du net, les clés du commerce électronique*, Paris, Editions Générales First.
- Gharbi J.E, Ettis S. et Ben Mimoun M.S. (2002), Impact de l'atmosphère perçue des sites commerciaux sur leurs performances, *Actes de la 1ère Journée Nantaise de Recherche sur le E- marketing*, Nantes.
- Giannelloni J.-L. et Vernet E. (2001), *Etudes de marché*, Vuibert, 2^e Edition.
- Gibson W. (1984), *Neuromancer*, New York, Ace Books
- Gifford R. (1988), Light, decor, arousal, comfort and communication, *Journal of Environmental Psychology*, 8,177-189
- Gorn G., Chattopadhyay A., Sengupta J. et Tripathis S. (2004), Waiting for the Web: How Screen Color Affects Time Perception, *Journal of Marketing Research*, 41, 215-225.
- Grenier S., Forget H. Bouchard S., Isère S., Belleville S., Potvin O., Rioux M.-È. et Talbot M. (2015), Using virtual reality to improve the efficacy of Cognitive-Behavioral therapy (CBT) in the treatment of late-life anxiety: preliminary recommendations for future research. *International Psychogeriatrics*, 27(7), 1217-1225.
- Grimshaw M. (2008), *The Acoustic Ecology of the First-Person Shooter: The Player, Sound and Immersion in the First-Person Shooter Computer Game*, Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Mueller e.K. ISBN: 3639024087.
- Grimshaw M., Charlton J. P. et Jagger R. (2011), First-Person Shooters: Immersion and Attention. *Eludamos. Journal for Computer Game Culture*, 5 (1),29-44.

Guéguen N., Jacob C. et Legohérel P. (2002), L'effet d'une musique d'ambiance sur le comportement du consommateur : une illustration en extérieur, *Décisions Marketing*, 25, 53-59.

Guo Y. et Barnes S. (2009), Virtual Item Purchase Behavior in Virtual Worlds: An Exploratory Investigation, *Electronic Commerce Research*, 9 (1-2), 77-96.

Guyton A. (1986), *Textbook of medical physiology*, 7th ed., Philadelphia : Saunders Company, 1st ed., 1956.

H

Haenlein M. et Kaplan M. (2009), Les magasins de marques phares dans les mondes virtuels : l'impact de l'exposition au magasin virtuel sur l'attitude envers la marque et l'intention d'achat dans la vie réelle, *Recherche et Applications En Marketing*, 24.3, 57-80.

Hagni K., Eng K., Hepp-Reymond M., Holper L., Keisker B., Siekierka E. et Kiper D. C. (2007). The effect of task and ownership on time estimation in virtual environments. *Presence*, 145-150.

Hall R.H. et Hanna P. (2003), The Impact of Web Page TextBackground Color Combinations on Readability, Retention, Aesthetics and Behavioral Intention, *Behavior and Information Technology*, 23, 3, 183-195.

Hamari J. (2015), Why Do People Buy Virtual Goods? Attitude Towards Virtual Good Purchases versus Game Enjoyment, *International Journal of Information Management*, 35 (3), 299-308.

Hassenzahl M. (2003), The thing and I: Understanding the relationship between user and product, dans Blythe M., Overbeeke C., Monk A. F. et Wright P.C., *Funology: From usability to enjoyment*, 31-42. Dordrecht: Kluwer.

Heeter C. (1992), Being There: The Subjective Experience of Presence, *Presence: Teleoperators and virtual environments*.

Heitz-Spahn S. et Filser M. (2014), La place de l'enseigne dans les trajectoires d'achat des clients en contexte multicanal, *Décisions Marketing*, 74, 21-36.

Helme-Guizon A. (2001), Le comportement du consommateur sur un site marchand est-il fondamentalement différent de son comportement en magasin : Proposition d'un cadre d'appréhension de ses spécificités, *Recherche et Applications en Marketing*, 16, 3, 25-38.

Hemp P. (2006), Avatar-Based marketing, *Havard Business Review*, 84, 6.

Hess E. H. et Polt J. H. (1964), Pupil Size in Relation to Mental Activity During Simple Problem Solving, *Science*, 143, 1190-1192.

Ho C. H. et Wu T. Y. (2012), Factors Affecting Intent to Purchase Virtual Goods in Online Games, *International Journal of Electronic Business Management*, 10 (3), 204–212.

Hoffman D.L. et Novak T. P. (1996), Marketing in Hypermedia Computer-Mediated Environments: Conceptual Foundations, *Journal of Marketing*, 60 July, 50-68.

Holbrook M. et Hirschman E. (1982), The experiential aspects of consumption. *Journal of Consumer Research*, 9, 132-140.

Hong S. et Kim J. (2004), Architectural criteria for website evaluation – conceptual framework and empirical validation, *Behaviour & Information Technology*, 23, 5.

Hui M. K. et Bateson J. E. G. (1991), Perceived Control and the Effects of Crowding and Consumer Choice on the Service Experience, *Journal of Consumer Research*, 18.2, 174.

Humar I., Gradisar M. et Turk T. (2008), The impact of color combinations on the legibility of a web page. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(11-12), 885–899.

Hurley K., Marshall J., Hogan K. et Wells R. (2012), A comparison of productivity and physical demands during parcel delivery using a standard and prototype electric courier truck. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42, 384-391.

I

IJsselsteijn W.A. (2005), Towards a neuropsychological basis of presence. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 3, 25-30.

Insko B. E. (2003), Measuring Presence: Subjective, Behavioral, and Physiological Methods, , in G. Riva, F. Davide, W.A IJsselsteijn(eds), Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments, Ios Press, Amsterdam, 109–119.

J

Jackson I. et Sirois S. (2009). Infant cognition: going full factorial with pupil dilation, *Developmental Science*, 12(4), 670–679.

Jackson S.A. et Marsh H.W. (1995), Development and validation of a scale to measure optimal experience: The Flow State Scale, *Journal of Sport and Exercise Psychology*

Jacob C. et Guéguen N. (2002), Variations du volume d'une musique de fond et effets sur le comportement de consommation : une évaluation de terrain, *Recherche et Applications en Marketing*, 17, 4,35-43.

Jennett C., Cox A.L., Cairns P., Dhoparee S., Epps A., Tijs T., et Walton A. (2008), Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human Computer Studies*.

Johnson, L. C. et Lubin, A. (1966), Spontaneous electrodermal activity during walking and sleeping. *Psychophysiology*, 3: 8–17. doi:10.1111/j.1469-8986.1966.tb02673.x

Just M. A. et Carpenter P. A. (1993), The intensity of thought: pupillometric indices of sentence processing, *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 47, 310–339.

K

Kaplan M. et Haenlein M.(2009), Utilisation et potentiel commercial des hyperréalités : une analyse qualitative de Second Life, *Revue Française Du Marketing*, 69.

Kaplan A. M. et Haenlein M. (2009), Consumer Use and Business Potential of Virtual Worlds: The Case of 'Second Life, *International Journal on Media Management*, 11, 3–4, 93–101.

Kawaf F. et Tagg S. (2017), The construction of online shopping experience: A repertory grid approach, *Computers in Human Behavior*, 72.

Kekeff M. et Webster C. (2006). Perceived Risk and Attitudes towards Purchasing Music Online. In *Australian and New Zealand Marketing Academy Conference* (pp. 1-7). Australia: ANZMAC

Kitzinger J. (1994), The methodology of focus groups : the importance of interactions between research participants, *Sociology of health and illness*, 16, 1, 103-121.

Kitzinger J., Markova I. et Kalampalikis N. (2004), Qu'est-ce que les focus groups. *Bulletin de psychologie*, 471(3), 237-243.

Kotler P. (1973), Atmospheric as Marketing Tool, *Journal of Retailing*, 49, 4, 48-64.

Kramer A. F. (1991), Physiological metrics of mental workload: A review of recent progress. Dans L. Damos (dir.), *Multiple-task performance* (p. 279-328). London, R.-U. : Taylor & Francis.

L

Lader M.H. et Wing L. (1964), Habituation of the psycho-galvanic reflex in patients with anxiety states and in normal subjects. *Journal of Neurol Neurosurg Psychiatry*. 27:210–218.

Lahlou S. (2011), How can we capture the subject's perspective? An evidence-based approach for the social scientist. *Social science information*, 50 (4), 607-655. ISSN 0539-0184.

Lajante M., Droulers O., Dondaine T. et Amarantini D. (2012), *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, Vol 5(4), 238-249.

Lang P. J., Greenwald M. K., Bradley M. M. et Hamm A. O. (1993), Looking at pictures: evaluative, facial, visceral, and behavioral responses. *Psychophysiology*, 35-39.

Lemoine J.-F. (2002), Perception de l'atmosphère du point de vente et réactions comportementales et émotionnelles du consommateur, *Actes du 5e Colloque Etienne Thil*, La Rochelle.

Lemoine J.F. (2003), Vers une approche globale de l'atmosphère du point de vente, *Revue française du marketing*, 194, 83-101.

Lemoine J.F. (2008), Atmosphère des sites web marchands et réactions des internautes, *Revue française du marketing*, 217,45-61.

Lemoine J.F. (2012), Pour une présentation du concept d'atmosphère des sites web et de ses effets sur le comportement des internautes, *Marché et organisations* 1 (N° 15), 169-180.

Lendrevie J et Julien L. (1964) Lévy, *Mercator: Tout Le Marketing à L'ère Numérique*, 11^e édition (Paris: Dunod, 2014).

Lessiter J., Freeman J., Keogh E., et Davidoff J. (2001), A Cross-Media Presence Questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory, *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*

Lewis P. (1994), Attention Shoppers: Internet Is Open, 12.08.1994; Archives du New York Times consulté le 19.09.2015 : <http://www.nytimes.com/1994/08/12/business/attention-shoppers-internet-is-open.html>

Liang T-P. et Lai H-J. (2002), Effect of store design on consumer purchases : van empirical study of on-line bookstores, *Information & Management*, 39, 431-444

Lombard M. et Ditton T. (1997), At The Heart of It All: The Concept of Presence, *Journal of Computer-Mediated Communication*.

Lozar Manfreda K., Vehovar V., Batagelj Z. (2001), Web versus Mail Questionnaire for an Institutional Survey, ASC Conference, The Challenge of the Internet, Latimer, Grande-Bretagne.

Lui T. W., Piccoli G. et Ives B. (2007), Marketing Strategies in Virtual Worlds, *ACM SIGMIS*, 38, 4, 77–80.

M

Maille V. (2001), L'influence des stimuli olfactifs sur le comportement du consommateur: un état des recherches, *Recherche et Applications En Marketing*, 16.2, 51–75.

Mandryk R. L., Inkpen K. M. et Calvert T. W. (2006), Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. *Behaviour et information technology*, 25(2), 141-158.

Mäntymäki M. et Salo J. (2011), Teenagers in Social Virtual Worlds: Continuous Use and Purchasing Behavior in Habbo Hotel, *Computers in Human Behavior*, 27, 6, 2088–2097.

Mäntymäki M. et Salo J. (2013), Purchasing Behavior in Social Virtual Worlds: An Examination of Habbo Hotel, *International Journal of Information Management*, 33, 2, 282–290.

Markin R. J. et Mintz N.L. (1976), Social psychological significance of store space, *Journal of Retailing*, 52, 1, 43-54.

Marsha L. Richins et Root-Shaffer T. (1988), The Role of Evolvement and Opinion Leadership in Consumer Word-Of-Mouth: an Implicit Model Made Explicit, *Advances in Consumer Research* Volume 15, eds. Micheal J. Houston, Provo, UT : Association for Consumer Research, Pages: 32-36.

Mason B. (2017), Real sick: The immersive experience of the virtual world is not for everyone, *Science News*, March 18.

McCole P., Ramsey E. et Williams, J. (2010), Trust consideration on attitudes towards online purchasing : The moderating effect on privacy and security concerns, *Journal of Business Research*, 63(9-10), 1018-1024

McKinney L. (2004), Creating a satisfying Internet shopping experience via atmospheric variables, *International Journal of Consumer Studies*, 28, 3, 268-283.

Meehan M., Insko B., Whitton M. et Brooks Jr. F. P. (2002), Physiological measures of presence in stressful virtual environments. *ACM Transactions on Graphics*, 21(3), 645-652.

Mehrabian A. (1976), *Public places and private spaces*, New York, 1976, Basic books.

Mehrabian A. et Russel J.A. (1974), The Basic Emotional Impact of Environment, *Perceptual & Motor Skills*, Vol. 38, p 283-301.

Mehrabian A. et Russell J. A. (1974), *An Approach to Environmental Psychology*, Cambridge, Mass, MIT Press.

Merton R.K., Fiske M. et Kendall P.L. (1956), *The focused interview: a manual of problems and procedures* (2e éd.). New York/London: The Free Press/Collier Manmillan Publishers.

Michaud-Trevinal A. et Stenger T. (2014), Toward a conceptualization of the Online Shopping Experience. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 21, 314–326.

Milliman R.E. (1982), Using Background Music to Affect Behavior of Supermarket Shoppers, *Journal of Marketing*, 46 (Summer), 86-91.

Mimura R. (2003), Color and POP: The Effective Use of Colors for Point of Purchase Displays, *Journal of Undergraduate Research*, 6, 1-15.

Mizdrak A., Waterlander W.E., Rayner M. et Scarborough P. (2017), Using a UK Virtual Supermarket to Examine Purchasing Behavior Across Different Income Groups in the United Kingdom: Development and Feasibility Study, *Journal of Medical Internet Research*, 19(10), 343.

Moore G.E. (1965), Cramming more components onto integrated circuits, *Electronics*, vol. 38, n° 8, Avril, p114.

Morningstar C. et Randall Farmer F. (1991), *Le Projet Habitat, les leçons d'un séjour dans l'espace cybernétique*, éd. MIT Press.

Moss G., Gunn R. et Heller J. (2006), Some Men Like it Black, Some Women Like it Pink: Consumer Implications of Differences in Male and Female Website Design, *Journal of Consumer Behaviour*, 5, 4, p. 328-342

N

Nacke L. et Lindley C. A. (2008), Flow and immersion in first-person shooters: Measuring the player's gameplay experience. *Proceedings of FuturePlay* (pp. 81-88), Toronto, Ontario, Canada.

Narayana C. L. et Markin J. (1976), Consumer behavior and product performance: an alternative conceptualization, *Journal of Marketing*, 39, 4, 1-6.

Nelder J.A. et Wedderburn R. W. M. (1972), Generalized Linear Models, *Journal of the Royal Statistical Society*, 135, 3, 370-384.

Norman D. A. et Draper S. (1986), *User Centered System Design : New Perspectives on Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum Associates.

North A. C. et Hargreaves D. J. (1997), *The Social Psychology of Music*, P 268-289, Oxford Univ. Press.

O

Osgood C. E., Suci C. J. et Tannenbaum G. H. (1957), *The Measurement of Meaning*, Urbana, University of Illinois Press.

P

Pandraud R., Laurent G. et Gourvenec B. (2015), When memory and emotions interact as mediators of "nostalgic" assessments: A study using psychophysiological measures. *45th European Marketing Academy Conference*, May 2015, Leuven, Belgium. Proceedings EMAC 2015.

Pelet J.E., (2008), *Effets de la couleur des sites web marchands sur la mémorisation des informations commerciales et sur l'intention d'achat du consommateur*, Thèse de doctorat.

Peterson R. (1995), Une méta-analyse du coefficient alpha de Cronbach, *Recherche et Applications en Marketing*, 10, 2, 75-88

Pinson C. (1986), An implicit product theory approach to consumers inferential judgments about products, *International Journal of Research in Marketing*, 3, 19-38.

Poncin I. et Garnier M. (2010), L'expérience sur un site de vente 3D. Le vrai, le faux et le virtuel: à la croisée des chemins', *Management & Avenir*, 32, 2, 173 .

Poncin I. et Garnier M. (2012), Immersion in a New Commercial Virtual Environment: the Role of the Avatar in the Appropriation Process, *Advances in Consumer Research*, 40, 475-782.

Powney J. (1988), Structured Eavesdropping, *Journal of the British educational research foundation*, 28, 3-4.

Privette G. et Bundrick C. (1987), Measurement of Experience: Construct and Content Validity of the Experience Questionnaire, *Perceptual and Motor Skills*, 65, 315-332.

Putrevu S. et Lord K. R. (1994), Comparative and Noncomparative Advertising: Attitudinal Effects under Cognitive and Affective Involvement Conditions, *Journal of Advertising*, 23 (2), 77-90

R

Rabardel P. (1995), *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin, 1995.

Redmond W. (2001), The Potential Impact of Artificial Shopping Agents in E-Commerce Markets, *Journal of Interactive Marketing*, 16 (December), 56–66.

Reinert M. (1983), Une méthode de classification descendante hiérarchique : Application à l'analyse lexicale par contexte, *Cahiers de l'Analyse des Données*, 3,187-198.

Reinert M. (1986), Un logiciel d'analyse lexicale [ALCESTE], *Cahiers de l'Analyse des Données*, 4, 471-484.

Reynolds K. E. Ganesh J. et Luckett M. (2002), Traditional mall vs. factory outlets : comparing shopper typologies and implications for retail strategy, *Journal of Business Research*, 55, 687-696.

Rheinberg F., Vollmeyer R. et Engeser S. (2003), Die Erfassung des Flow-Erlebens (fr : “Capture de l’expérience de flow”) , in Stiensmeier-Pelster J., Rheinberg F. (Eds.), Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept (Tests und Trends N.F. Bd. 2), Göttingen, Hogrefe, 261-279

Richins M. L. et Root-Shaffer T. (1988), The Role of Evolvement and Opinion Leadership in Consumer Word-Of-Mouth: an Implicit Model Made Explicit, *Advances in Consumer Research* Volume 15, eds. Micheal J. Houston, Provo, UT : Association for Consumer Research,32-36.

Rieunier S. (1998), L'influence de la musique d'ambiance sur le comportement du client : revue de littérature, défis méthodologiques et voies de recherches », *Recherche et Applications en Marketing*, vol. 13, n°3, 57-77.

Rieunier S., Dion D., (2013), *Le marketing sensoriel du point de vente- 4é éd. : Créer et gérer les lieux commerciaux*, Dunod.

Robillard G., Bouchard S., Renaud P. et Cournoyer L.-G. (2002), Validation canadienne-française de deux mesures importantes en réalité virtuelle : l’Immersive Tendencies Questionnaire et le Presence Questionnaire, Poster, 25e congrès annuel de la Société Québécoise pour la Recherche en Psychologie (SQRP), Trois Rivières, Novembre.

Roullet B. (2002), La couleur en recherche marketing et ses relations avec l’affect : recension partielle et projets d’expérimentation, *1ere Journée AFM du Marketing Sensoriel*, CERAM-CREREG, SophiaAntipolis (CD-ROM).

Roullet B. (2004), *L’influence de la couleur en marketing : vers une neuropsychologie du consommateur*, Thèse de doctorat, Gestion et management. Université Rennes 1, p 251.

Roullet B. et Droulers O. (2005), Pharmaceutical Packaging Color and Drug Expectancy, *Advances in Consumer Research*, vol. 32, North American Conference, Menon G. et Rao A. (eds.), Portland, Oregon: 7-10 October 2004.

Rousset E. (2016), *Peinture numérique sur modèles 3D en usage récréatif*, Thèse de doctorat, Université de Grenoble.

S

Sabadie W. et Vernet E. (2005), Le management d'une servuction on line : quelles caractéristiques et implications pour le marketing ?, *Gestion 2000, Recherches et Publications en Management A.S.B.L.* 6, 171-193.

Schmidt D., Abel L., DellOsso L. et Daroff R. (1979), Saccadic velocity characteristics Intrinsic variability and fatigue. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 50(4), 393-395.

Senach B. (1990), *Evaluation ergonomique des interfaces homme-machine : une revue de la littérature*. Rapport de recherche, RR-1180, INRIA.

Sensbach P.R. (1998), The Color of Branding, *Packaging World*, October, p 154.

Sequeira H., Hot P., Silvert L. et Delplanque S. (2009), "Electrical autonomic correlates of emotion. *Journal of Psychophysiol* 71(1): 50- 56.

Short J.A., Williams E. et Christie, B. (1976), *The social psychology of telecommunications*. New York: John Wiley & Sons.

Slater M., Usoh M. et Steed A. (1994), Depth of presence in virtual environments, *Presence-Teleoperators and Virtual Environments* 3.2, 130-144.

Sloane D.M., Bradley M.M., Dimoulas E. et Lang P.J. (2002), Looking at Facial Expressions: Dysphoria and Facial EMG, *Biological Psychology*, vol 60, p 79-90.

Stephenson N. (1992), *Snow Crash*, New York, Batam Books.

Stern J. A., Boyer D. et Schroeder D. (1994), Blink rate: a possible measure of fatigue. *Human Factors, The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 36(2), 285-297.

Stern J. A., Boyer D., Schroeder D., Touchstone M. et Stoliarov N. (1994), *Blinks, Saccades, and Fixation Pauses During Vigilance Task Performance*, rapport n° DOT/FAA/AM94/26, Washington, DC: Office of Aviation Medicine.

Steuer J. (1992), Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence, *Journal of Communication*, 42, 4, 73–93.

Suh K. et Lee K. (2005), The Effects of Virtual Reality on Consumer Learning: An Empirical Investigation, *MIS Quarterly*, 29.4 , 673–97.

Summers T.A. et Herbert P.R. (2001), Shedding some light on store atmospherics: Influence of illumination on consumer behavior, *Journal of Business Research*, 54, 2, 145-150.

Summers T. et Hebert P. (2001): Shedding some light on store atmospherics : influence of illumination on consumer behavior, *Journal of Business Research*, 54, 2, 145-150.

Supphellen M. et Nysveen H. (2001). Drivers of intention to revisit the websites of well-known companies, *International Journal of Market Research*, 43 (3), 341-352.

Swami N. (1804), *The Yama Danda* .

T

Tai S.H.C. et FUNG A. (1997), Application of an Environmental Psychology Model to In-Store Buying Behaviour, *International Review of Retail Distribution and Consumer Research*, vol. 7 (4), October 1997, p 311-337.

Tan D., Robertson G. et Czerwinski M. (2001): Exploring 3D navigation : combining speed-coupled flying with orbiting, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 418-425.

Tauber E.M. (1972), Why do people Shop? , *Journal of Marketing*, 36, 46-59.

Tecce J. (1992), Psychology, physiology and experimental. Dans *McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology* (375-377). New York, NY: McGraw-Hill

Terwogt M.M. et Hoeksma J.B., Colors and Emotion: Preferences and Combinations, *Journal of General Psychology*, vol. 122 (1), January 1995, p 5-17.

Thiétart R. A. (1999), *Méthodes de Recherche en Management* ; 2007, 3ème édit., Paris, Dunod.

Thüring M. et Mahlke S. (2007), Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction. *International Journal of Psychology*, 42, 253-264.

Tisseau J. (2001), *Réalité virtuelle – autonomie in virtuo*, Habilitation à Diriger des Recherches, Informatique, Université de Rennes 1.

Tybout A.M. et Sternthal B. (1999), Les 4 D d'un bon positionnement dans *L'essentiel du marketing*, Édition d'Organisation, 39.

U

Ueno A., Tateyama T., Takase M. et Minamitani H. (2002), *Dynamics of saccadic eye movement depending on diurnal variation in human alertness*. *Syst. Comp. Jpn.*, 33: 95–103.

Underwood R.L., KLEIN N.M. et BURKE R. (2001), Packaging Communication: Attentional Effects of Product Imagery, *The Journal of Product and Brand Management*, vol. 10 (7), 403-422.

V

Vandercammen M. (2002), *Marketing l'essentiel pour comprendre, décider, agir* », 413, Editions De Boeck.

Verne J. (1865), *De la terre à la lune*, Paris, Édition Pierre-Jules Hetzel

Viviani P. (1990), *Eye movement in visual search : cognitive, perceptual and motor aspects*, Elsevier Science , Amsterdam.

Volle P. (2000), Du marketing des points de vente à celui des sites marchands : spécificités, opportunités et questions de recherche, *Revue française du marketing*, 177/178, 83- 101.

W

Wacheux F. (1996), *Méthodes Qualitatives Et Recherche En Gestion*, Paris : Editions Economica - Gestion.

Waller A.D., (1919), Concerning emotive phenomena-Part II. Periodic variations of conductance of the palm of the human hand. *Proceedings of the Royal Society*, 91, 17.

Waterlander W. E., Jiang Y., Steenhuis I. et Ni Mhurchu C. (2015), Using a 3D Virtual Supermarket to Measure Food Purchase Behavior: A Validation Study, *Journal of Medical Internet Research*, 17(4), 107.

Waterlander W. E., Scarpa M., Lentz D. et Steenhuis I. (2011), The virtual supermarket: An innovative research tool to study consumer food purchasing behaviour, *BMC Public Health*, 11, 859.

Webster J. et Hackley P. (1997), Teaching Effectiveness in Technology-Mediated Distance Learning, *Academy of Management Journal*, (40:6), 1282-1309

Weiser M. (1991), *The Computer for the 21st Century*, Scientific American, 265, 3, 66-75.

Wellhoff A. et Masson J. E. (1996), *Le Merchandising : objectifs, techniques et pratiques*, Ed Dunod.

Widmaier E-P, Raff H, Strang K-T. Vander (2013), *Physiologie humaine. Les mécanismes du fonctionnement de l'organisme*, Ed Maloine, 6^é édition, Ch 6.

Wiedenbeck S. et Davis S. (1997), The influence of interaction style and experience on user perceptions of softwares packages, *International Journal of Human-Computer Studies*, 46,563-588.

Witmer B. G. et Singer M.J. (1998), Measuring presence in virtual environments : A presence questionnaire, *Presence* 7.3, 225–240.

Wolfenbarger M. et Gilly M.C. (2001), "Shopping online for freedom, control, and fun", *California Management Review*, 43, 2, 34-55.

Y

Yalch R. et Spangenberg E. (1993), Using store music for retail zoning: a field experiment, *Advances in Consumer Research*, 20, éd. L. McAlister et M.L. Rothschild, Provo, UT, Association for Consumer Research, 632-636.

Yoo Y. et Alavi M. (2001), Media and Group Cohesion: Relative Influences on Social Presence, Task Participation, and Group Consensus, *MIS Quarterly*, (25: 3).

Z

Zeithaml V.A., Berry L.L. et Parasuraman A. (1996), The behavioral consequences of service quality, *Journal of Marketing*, 60, 31-46

Zeki S., Localization and Globalization in Conscious Vision, *Annual Review of Neuroscience*, 24, 2001, 57-86.

WEBOGRAPHIE

- *Projet Aris*. Consulté le 20 janvier 2010. Disponible sur : <http://aris-ist.intranet.gr/index.htm>
- «*Flash anime aussi les sites en 3D*». Consulté le 28 novembre 2011. Disponible sur : <http://www.atelier.fr/medias-loisirs/4/25042011/flash-anime-site-3d-36463-.html>
- «*Quand la réalité augmentée s'invite dans les boutiques Lego* ». Consulté le 23 janvier 2010. Disponible sur : <http://www.fredcavazza.net/2010/01/23/quand-la-realite-augmentee-sinvite-dans-les-boutiques-lego>
- «*Computer Graphica, augmented reality development kit* ». Consulté le 22 janvier 2010. Disponible sur : <http://www.computergraphica.com>
- «*Homosemiotikus, Signes, sens et planning stratégique à l'ère du marketing digital, en ligne, Mini expérimente la réalité augmentée en Allemagne* ». Consulté le 17 janvier 2010. Disponible sur : <http://homosemiotikus.wordpress.com/2011/12/11/mini-experimente-la-realite-augmentee-en-allemaque>
- «*Les 3 avantages de la photographie 3D interactive* ». Consulté le 30 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.immergence.com/enjcom.html>
- «*Réalité virtuelle, augmentée, 3D* ». Consulté le 21 décembre 2011. Disponible sur : http://www.industrie.gouv.fr/techno_cles_2010/html/tech_16.html
- *Interview de Laurent Privat et Cyril Thibout, consultants dans le domaine du web 3D*. Consulté le 18 décembre 2011. Disponible sur : http://www.3d-test.com/interviews/privat_1.htm
- *Tutoriel sur Java3D*. Consulté le 28 décembre 2011. Disponible sur : <http://jcosmos.free.fr/indexji.htm>
- «*Les langages 3D pour le net* ». Article extrait du Journal du Net. Consulté le 21 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.journaldunet.com/developpeur/dossiers/061120-langages-web-3d/0.shtml>
- «*L'API Java3D* ». Article extrait du Journal du Net. Consulté le 29 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.journaldunet.com/developpeur/tutoriel/jav/090828-expliquez-moi-java3d.shtml>
- «*X3D : un nouveau langage de description 3D voit le jour* ». Article extrait du Journal du Net. Consulté le 22 décembre 2011. Disponible sur : http://www.journaldunet.com/solutions/0203/020301_x3d.shtml

- « *Le monde numérique, Moniteur Samsung Syncmaster 2233RZ à 120 Hz : le premier du genre en 3D* ». Consulté le 3 mars 2010. Disponible sur : <http://www.lemondenumerique.com/?p=10919>
- « *L'e-commerce en 3D : 3 exemples, 1 seul but* ». Consulté le 5 décembre 2011. En ligne, disponible sur : <http://blog-web-marketing.fr/2011/06/10/e-commerce-shopping-en-3d>
- « *AT&T reaches through 3D web site to grab consumers* ». Consulté le 17 décembre 2011. Disponible sur : http://www.mediapost.com/publications/?fa=Articles_san&s=92058&Nid=48011&p=928679
- « *3D : les grands de l'informatique sèment la zizanie* ». Consulté le 20 décembre 2011. En ligne, disponible sur : <http://www.01net.com/article/288522.html>
- *Site de New3S, entreprise qui propose la création ou l'adaptation de sites 2D en 3D*. Consulté le 2 décembre 2011. Disponible sur : www.new3s.com/e-commerce-3d/farandole/default.asp?MenuActive=3
- « *Les numériques, Samsung SyncMaster 2233rz* ». Consulté le 26 janvier 2010. Disponible sur : <http://www.lesnumeriques.com/article-312-4461-36.html>
- « *L'art de la téléprésence sur internet* ». OLATS l'Observatoire Leonardo des Arts et des techno-sciences, Consulté le 28 février 2010. Disponible sur : <http://www.olats.org/colloque/textes/texte12.shtml>
- *Site marchand Potoroze*. Consulté le 5 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.potoroze.com>
- *Essayage virtuel sur le site de La Redoute*. Consulté le 15 décembre 2011. Disponible sur : <http://mannequin.redoute.fr/>
- *Magasin virtuel en 3D de Renault*. Consulté le 15 novembre 2011. Disponible sur : <http://www.univers.renault.fr/accueil/>
- « *Nouvelles solutions 3D pour le commerce en ligne* ». Consulté le 25 novembre 2011. Disponible sur : <http://www.richcommerce.fr/2011/01/29/vive-le-e-commerce-3d/>
- *Galerie marchande en 3D*. Consulté le 10 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.shoppinglife.fr/galerie.html>
- « *Explication de la 3D en temps réel et de ses domaines d'application* ». Consulté le 8 décembre 2011. Disponible sur : http://www.tdt3d.com/articles_viewer.php?art_id=78/
- « *Choisir une technologie pour la 3D temps réel et le web3d* ». Consulté le 18 décembre 2011. Disponible sur : http://www.tdt3d.be/articles_viewer.php?art_id=23
- *Site web de la boutique en 3D « Victoria Couture »*. Consulté le 22 décembre 2012. Disponible sur : <http://www.victoriacouture.com/boutique3d-e-6-g-3d.html>

- *Tutoriaux de découverte des technologies web 3D*. Consulté le 3 décembre 2013. Disponible sur : <http://www.web3d-fr.com/Liens/autresites.php>
- *Foire aux questions sur X3D*. Consulté le 3 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.web3d-fr.com/X3D/faqx3d.php>
- « *Présentation de X3D* ». Extrait d'une conférence de presse du Web3D Consortium le 7 août 2001, à Orinda, en Californie. Consulté le 3 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.web3d-fr.com/X3D/presentationx3d.php>
- « *Présentation de X3D* ». Consulté le 3 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.web3d-fr.com/articles/X3D.php>
- « *Créer des contenus 3D avec Wirefusion* ». Consulté le 3 décembre 2011. Disponible sur : http://www.web3d-fr.com/article.php?id_article=95
- Gilles Simon, chercheur à l'INRIA Loria, « *La réalité augmentée* ». Consulté le 20 janvier 2010. Disponible sur : <http://webloria.loria.fr/~gsimon/ra/>
- *Article de Wikipédia sur le Web 3D*. Consulté le 23 décembre 2011. Disponible sur : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Web3d>
- *Articles de Wikipédia sur les technologies 3D (Java3D, Virtools, VRML, X3D, Wirefusion)*. Consultés en décembre 2013. Disponibles sur :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Java3D>
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Virtools>
<http://fr.wikipedia.org/wiki/VRML>
<http://fr.wikipedia.org/wiki/WireFusion>
<http://fr.wikipedia.org/wiki/X3D>
- *Article de Wikipédia sur la réalité augmentée*. Consulté le 28 février 2014. Disponible sur : http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9alit%C3%A9_augment%C3%A9e
- « *Wisibility, découvrez la réalité augmentée* ». Consulté le 3 février 2010. Disponible sur : <http://www.wisibility.com/blog/?2007/04/05/360-decouvrez-la-realite-augmentee>
- *Interview d'Hervé Heully, PDG de New3S*. Consulté le 2 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.zescoop.com/news.php?id=2332>
- *L'e-commerce en 3D*. Consulté le 2 décembre 2011. Disponible sur : www.web-actu-blog.com/ecommerce/le-e-commerce-en-3d/

- « *La 3D organise le commerce sur Internet* ». Consulté le 28 novembre 2011. Disponible sur : <http://www.atelier.fr/e-marketing/17/19022011/3d-themall-organise-commerce-internet-36067-.html>
- « *ShoppingLife.fr, l'e-commerce en 3D* ». Consulté le 5 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.ecommercemag.fr/xml/Archives/E-commerce/12/24925/ShoppingLife-fr-l-e-commerce-en-3D/>
- « *Mondes virtuels, 3D, futur du commerce électronique* ». Consulté le 21 décembre 2011. Disponible sur : <http://courssimasterdistribution.blogspot.com/2007/10/session-xxx-mondes-virtuels-3d-futur-du.html>
- « *Dassault Systèmes veut créer le Youtube de la 3D* ». Consulté le 9 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.01net.com/editorial/352704/dassault-systemes-veut-creer-le-youtube-de-la-3d/>
- « *Le Web3D, assure de changer les relations entre les entreprises et les consommateurs*. Consulté le 5 décembre 2011. Disponible sur : <http://demo.com/community/?q=node/163356>
- **blog de Cédric Deniaud, la cabine d'essayage virtuelle. Consulté le 4 décembre 2011.** Disponible sur : <http://cdeniaud.canalblog.com/archives/2011/09/10/10508380.html>
- *Présentation de Yoowalk*. Consulté le 2 décembre 2011. Disponible sur : <http://www.forum-toshop.com/web-et-informatique/web-30-web-3d/>
- « *Les univers virtuels ont de vrais potentiels pour les entreprises* ». Consulté le 10 décembre 2014. Disponible sur : <http://www.01net.com/editorial/382167/selon-gartner-les-univers-virtuels-ont-de-vrais-potentiels-pour-les-entreprises/>
- « *Présentation de la boutique virtuelle en ligne KINSET*. Consulté le 24 novembre 2011. Disponible sur : <http://www.ziserman.com/blog/2007/10/23/e-commerce-3d-immersif-avec-kinset/>
- « *Réalité virtuelle*. Consulté le 2 décembre 2014. Disponible sur : <http://pperes.wordpress.com/category/web-3d/>
- « *Le Web 3D est-il l'avenir d'Internet ?* » Consulté le 28 novembre 2011. Disponible sur : <http://www.sobuzzy.com/blog/le-web-3d-est-il-lavenir-dinternet-suite/>
- « *Where does Web2.0 lead to? It is moving right on over to Web3D* ». Consulté le 5 décembre 2011. Disponible sur : <http://shoplocalblog.com/2011/10/29/where-does-web-20-lead-to-it-is-moving-right-on-over-to-web3d-live-report-forrester-consumer-forum-2011/>
- « *Le début des sites e-commerce 3D*. Consulté le 15 novembre 2011. Disponible sur : <http://blog.skalpel.fr/sites-ecommerce-3d-ils-arrivent/>
- « *Explorer de nouveaux marchés* ». Consulté le 22 novembre 2011. Disponible sur : <http://www.vol-de-nuit.net/solutions-web...web-3D>

- « *Potoroze : de la 3D HD pour deux fois plus de ventes ?* ». Consulté le 2 décembre 2011. Disponible sur : www.wizishop.com/blog/news-ecommerce/potoroze-le-shopping-3d.html
- Farnsworth B. (2017), « *Measuring the power of virtual reality immersion* », <https://imotions.com/blog/measuring-virtual-reality-immersion-case-study/> consulté le 07.09.2017

Table des figures

Figure 1 : copie d'écran de Habitat, © 1986 LucasArts Entertainment Company	31
Figure 2 : Page d'accueil de MOSAIC en 1993 (source TELECOM Bretagne).....	32
Figure 3 : Capture d'écran Super Mario	33
Figure 4 : Ecran d'accueil Ultima	34
Figure 5 : Publicité Sony dans Second Life (2013).....	35
Figure 6: Exemple d'avatar dans Second Life (capture d'écran juin 2012)	36
Figure 7 : Proposition de représentation synthétique des technologies du web 3D.....	42
Figure 8: Figure Loi de Moore (source : société Intel).....	45
Figure 9: Evolution des performances de calcul des GPU et des CPU, source : société Nvidia.	45
Figure 10 : Le modèle de l'expérience utilisateur selon les deux perspectives, l'utilisateur et le concepteur, d'après Hassenzahl (2003). Extrait de Février F. (2001), Thèse de doctorat, Université de Rennes 2.	49
Figure 11: terminal minitel des années 1990 (source : museedesconfluences.fr).....	53
Figure 12: "Vie et mort des services internet", source C.CARIOU, M.GAULON-BRAIN, www.inaglobal.fr, Publié le 29.03.2012	54
Figure 13 : La simplicité de la page d'accueil du moteur de recherche Yahoo en 1995 (source : www.tuxboard.com)	55
Figure 14 : Valeurs du NASDAQ entre 1995 et 2005, Source : https://fr.finance.yahoo.com/echarts , consulté et édité le 22.08.2016.....	56
Figure 15: Progression du panier moyen d'achat sur internet en France entre 2013 et 2015. Source : Journal Du Net, février 2015	58
Figure 16 : Canal d'achat préféré des français par famille de produit fin 2015. Source : CCM/ Université Paris Dauphine.....	60

Figure 17 : Répartition des acheteurs par genre, âge et catégorie sociodémographique (source :FEVAD 2017).....	60
Figure 18 : Le cadre conceptuel de Bitner (1992)	64
Figure 19 : Cadre conceptuel simplifié proposé par Daucé et Rieunier (2002) : l'influence de l'atmosphère sur le comportement du client en magasin	67
Figure 20: Lisibilité décroissante des couleurs (graphisme/fond) d'après BorggraffeK., in Devismes Ph., Packaging, Mode d'Emploi, 2é édition, Dunod, 2005 et Humar, Gradisard et Turk, 2008.	76
Figure 21 : Efficacité de la présence en linéaire, Source A.Wellhoff, J-E Masson.....	79
Figure 22 : Courbe des ventes en fonction de la présence en linéaire selon WellHoff et Masson (1996)	79
Figure 23 : Exemple de logiciel d'agencement de magasin physique de Dassault Systèmes (capture d'écran du 21.08.2015)	80
Figure 24: Exemple de logiciel de merchandising de Dassault Systèmes (capture d'écran du 21.08.2015)	81
Figure 25 : Le modèle S.O.R de Mehrabian et Russel 1974.....	91
Figure 26 : Modèle S O R de la réponse de consommateurs dans l'achat en ligne selon Eroglu <i>et al.</i> 93	
Figure 27 : Facteurs et attentes dans le shopping en ligne selon le type de navigation d'après Wolfinbarger et Gilly (page 6).	96
Figure 28 : Le modèle de Hoffman et Novak 1996.....	100
Figure 29 : Les huit dimensions de l'état de flow selon Csíkszentmihályi.....	102
Figure 30 : Modèle de recherche basé sur le S-O-R proposé par Animesh <i>et al.</i> 2011.....	103
Figure 31 : Critères de Bastien et Scapin (1993)	107
Figure 32 : Modèle d'acceptation technologique de Davis (1989).	110
Figure 33 : Système nerveux autonome, source : Cours de neurosciences, flosforum.fr, consulté le 13.06.2014.....	117

Figure 34 : Les organes impliqués dans le SNA (d'après Widmaier <i>et al.</i>)	118
Figure 35 : Schéma synthétique de nos éléments de recherche	130
Figure 36 : le concept de Potoroze.....	137
Figure 37 : téléchargement du plugin	137
Figure 38 : choix du type d'avatar	138
Figure 39 : personnalisation de l'avatar	138
Figure 40 : enregistrement d'un avatar.....	139
Figure 41 : essayage de vêtements	139
Figure 42 : vision à 360° des produits	140
Figure 43 : représentation des couleurs et des matières.....	140
Figure 44 : concept de Lundia	143
Figure 45 : personnalisation du meuble.....	143
Figure 46 : génération du devis	144
Figure 47 : boutique virtuelle SFR	145
Figure 48 : boutique vue de l'intérieur.....	146
Figure 49 : produits en 3D	146
Figure 50 : conseiller SFR.....	146
Figure 51 : informations sur les produits	147
Figure 52 : place virtuelle	147
Figure 53 : boutique vue de l'intérieur.....	148
Figure 54 : essayage de vêtements	148
Figure 55 : page d'accueil du site Wilemse	149
Figure 56 : jardin Virtuel.....	149

Figure 57 : présentation des plantes ou des arbres	149
Figure 58 : les Champs-Élysées sur Shopping Life	151
Figure 59 : boutique vue de l'extérieur	151
Figure 60 : boutique vue de l'intérieur.....	152
Figure 61 : diaporama des produits	152
Figure 62 : boutique personnalisée.....	152
Figure 63 : bannière publicitaire	152
Figure 64 : concept de Au Shopping.....	153
Figure 65 : boutique vue de l'intérieur.....	154
Figure 66 : quartier communautaire	154
Figure 67 : Aperçu des 4 sites marchands en 3D sélectionnés	158
Figure 68 : Accueil dans la concession Renault en 3D.....	162
Figure 69 : vue d'ensemble de l'univers Prim Hearts Amusement Park.....	184
Figure 70 : vue sur l'entrée du magasin Boulanger.....	184
Figure 71 : vue intérieure du magasin Boulanger	185
Figure 72 : Accueil de Twinity.....	185
Figure 73 : univers Viktor & Rolf (2011)	186
Figure 74 : exemple de résultats obtenus avec le logiciel FaceReader.....	188
Figure 75 : type de résultats attendus de l'Eye Tracker	188
Figure 76 : Exemple 1 de résultats du questionnaire en ligne	189
Figure 77 : Exemple 2 de résultats du questionnaire en ligne	189
Figure 78 : vue de l'île Prim Hearts Amusement Park en contre-plongée	194
Figure 79 : différence de luminosité	195

Figure 80 : positionnement des GPS	195
Figure 81 : positionnement des DVD.....	196
Figure 82 : vue de Londres dans Twinity	197
Figure 83 : vue sur Carnaby Street	197
Figure 84 : univers Victor & Rolf.....	198
Figure 85 : traitement des données issues de FaceReader.....	200
Figure 86 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°1 (Twinity)	202
Figure 87 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°1 (Second Life)	203
Figure 88 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°1 (Viktor & Rolf)	203
Figure 89 : à quel pourcentage pensez-vous avoir exploré l'île de Second Life ?	203
Figure 90 : à quel pourcentage pensez-vous avoir exploré l'univers Twinity ?	203
Figure 91 : à quel pourcentage pensez-vous avoir exploré l'univers Viktor & Rolf ?.....	204
Figure 92 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°2	206
Figure 93 : occurrence d'apparition de chaque univers selon sa place	208
Figure 94 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°4	210
Figure 95 : notez la difficulté que vous avez ressentie de 1 à 5 (1=facile, 5=difficile),	211
Figure 96 : notez la difficulté que vous avez ressentie de 1 à 5 (1=facile, 5=difficile),	211
Figure 97 : résultats de l'Eye Tracker pour l'utilisateur 1.....	214
Figure 98 : résultats de l'Eye Tracker pour l'utilisateur 2.....	214
Figure 99 : résultats de l'Eye Tracker pour l'utilisateur 3.....	214
Figure 100 : notez de 1 à 5 l'aide que vous a apporté le plan.....	215
Figure 101 : vous êtes-vous senti perdu à un moment ou un autre ?	215
Figure 102 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°6 (Second Life)	217

Figure 103 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°6 (Twinity)	217
Figure 104 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°6 (Viktor & Rolf)	217
Figure 105 : notes attribuées par chaque testeur à la facilité de prise en main et aux déplacements	218
Figure 106 : résultats du FaceReader pour l'hypothèse n°7	220
Figure 107 : avez-vous apprécié la possibilité de voler qu'offre Second Life ?	221
Figure 108 : Répartitions des réponses selon les catégories socio-professionnelles	231
Figure 109 : Répartition des âges des répondants de l'enquête en ligne	232
Figure 110 : Ressenti vis à vis de la navigation 3D (en effectifs et en pourcentages).....	234
Figure 111 : Résultats pour sites 2D.....	237
Figure 112 : Résultats pour sites 3D.....	237
Figure 113 : Perception de la visualisation.....	238
Figure 114 : Perception de la navigation.....	238
Figure 113 : Modèle de recherche proposé	245
Figure 114 : Emetteur infrarouge et caméras de l'eyes tracker « Face LAB 5 » du Laboratoire LOUSTIC Brest devant un ordinateur de test.....	254
Figure 115 Eyes tracker mobile SMI du Laboratoire LOUSTIC Brest	254
Figure 116 : exemple de calibration sur un testeur	260
Figure 117 : Répartition des âges au sein de notre échantillon	275
Figure 118 : Répartition des PCS au sein de notre échantillon	275
Figure 119 : Sentiment du niveau de vie au sein de notre échantillon.....	276
Figure 120 : Potentiel immersif déclaré par notre échantillon	278
Figure 123 : Nombre d'heures d'utilisation quotidienne d'internet pour les besoins personnels.....	278

Figure 124 : Nombre d'heures d'utilisation quotidienne d'internet pour les besoins professionnels.	279
Figure 121 : Nombre d'achats annuels moyens effectués par internet au sein de notre échantillon	279
Figure 122 : Accord sur le sentiment d'immersion	284
Figure 123 : Utilité de la signalétique pour notre échantillon	287
Figure 124 : Choix des produits en fonction de leur position verticale ou non	287
Figure 125 : Perception ou non d'un éclairage supplémentaire sur certaines colonnes de produits à choisir	288
Figure 126 : Durée ressentie en minutes (ex : 6 femmes et 7 hommes ont estimé avoir passé 15 minutes dans le magasin 3D.....)	291
Figure 127 : Indice de satisfaction globale de notre échantillon	303
Figure 128: Cartographie brute (niveau 1) du vocabulaire utilisé par les testeurs des magasins	310
Figure 129 : Cartographie IRaMuTeQ niveau 2	311
Figure 130 : Figure 100 : Cartographie fine (niveau 3) du vocabulaire utilisé par les testeurs des magasins.....	312
Figure 131 : Exemple de parcours oculaire : point de fixation sur un appareil photo (1ère tâche demandée)	318
Figure 136 : exemple de tableau de synthèse de données de l'ensemble des comportements de magasinage.....	321
Figure 132 : Exemple de tableau de résultats (magasin 2)	322
Figure 133 Répartition des observations mesurant la hauteur des regards.....	323
Figure 139 : Visualisation des résultats de l'utilisation de la signalétique dans les trois magasins...	326
Figure 134 : Exemple de synthèse obtenue avec le logiciel The Observer (testeur n°39).....	327
Figure 135 : Exemple de résultats globaux, testeur 26	328
Figure 136 : Analyse détaillée sur testeur 2 entre la seconde 90 et la seconde 650	329

Figure 137 : capture de la vidéo du testeur 2 (magasin 1) à la seconde 620, point de fixation du regard (rond jaune) situé sur la signalétique de tête de gondole.	330
Figure 138 : Exemple de dilatation pupillaire croissante (œil gauche sujet 2). Valeur moyenne 5.01mm. En rouge l'évolution de la valeur moyenne durant les phases de l'expérimentation.	331
Figure 139 : Attention portée sur la colonne éclairée (testeur 22).	333
Figure 140 : Augmentation de la dilatation pupillaire (flèche du haut) lors d'une utilisation de la signalétique (flèche du bas) pour le sujet 36.	334
Figure 141 : Augmentation de la dilatation pupillaire lors de la sélection d'un produit situé en haut de rayonnage.....	335
Figure 148 : Opinions des testeurs sur la proximité souhaitée avec la réalité.	351
Figure 142 : Captures d'écrans du magasin virtuel de Waterlander <i>et al.</i> (2011).	360

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des composantes de l'atmosphère, adapté de Daucé - Rieunier 2002.....	66
Tableau 2 : Cadre conceptuel de l'expérience de shopping en ligne (Tiré de Michaud-Trévignal et Stenger, 2014).	85
Tableau 3 : Les composantes atmosphériques d'un site web, LEMOINE, 2008, p.50.....	87
Tableau 4 : Comparaison des dimensions de l'atmosphère entre un magasin et un site web 2D, d'après GHARBI <i>et al.</i> (2002).	88
Tableau 5 : Proposition de comparaison des composantes atmosphériques des sites 2D/3D	98
Tableau 6 : Proposition d'échelle de graduation d'intensité des sites Web en termes d'interactions possibles	135
Tableau 7 : présentation de sites de type galerie 3G.....	136
Tableau 8 : présentation des sites de type configurateurs 3D.....	142
Tableau 9 : présentation des sites de types espaces de vente interactifs	145
Tableau 10 : présentation des sites de types espaces communautaires	150
Tableau 11 : critères mesurés	181
Tableau 12 : univers retenus et critères associés.....	182
Tableau 13 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°1.....	205
Tableau 14 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°2.....	207
Tableau 15 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°3.....	209
Tableau 16 : questions et réponses relatives au magasin Boulanger	212
Tableau 17 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°4.....	212
Tableau 18 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°5.....	216
Tableau 19 : questions et réponses relatives à l'hypothèse n°6.....	218

Tableau 20 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°6.....	219
Tableau 21 : résultats de l'entretien pour l'hypothèse n°7.....	221
Tableau 22 : Synthèse des apports de notre étude exploratoire qualitative.....	227
Tableau 24 : Résultats de la modélisation à trois facteurs combinés	289
Tableau 25 : Synthèse de l'hypothèse 1.....	293
Tableau 26 : Synthèse de l'hypothèse 2.....	295
Tableau 27 : Synthèse de l'hypothèse 3.....	297
Tableau 28 : Synthèse de l'hypothèse 4.....	298
Tableau 29 : Synthèse de l'hypothèse 5.....	298
Tableau 30 : Synthèse de l'hypothèse 6.....	300
Tableau 31 : Synthèse des résultats de nos hypothèses en utilisant uniquement les résultats du questionnaire post-expérimentation	301
Tableau 32 : Score des reconnaissances de la signalétique à l'issue de l'expérience.....	302
Tableau 33 : Liste des <i>behaviors</i> utilisés pour le codage des vidéos.....	320
Tableau 34 : Liste des <i>modifiers</i> utilisés pour détailler certains <i>behaviors</i>	320
Tableau 35 : Proposition de comparaison des composantes atmosphériques des sites 2D/3D issue de notre état de l'art.	338
Tableau 36 : Propositions de recommandations managériales dans la conception de site web 3D marchands.....	373

N°ordre 471