



Processus d'induction d'émotions dans les environnements virtuels et le jeu vidéo

Erik Geslin

► To cite this version:

Erik Geslin. Processus d'induction d'émotions dans les environnements virtuels et le jeu vidéo. Autre. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers - ENSAM, 2013. Français. NNT : 2013ENAM0021 . pastel-00996925

HAL Id: pastel-00996925

<https://pastel.hal.science/pastel-00996925>

Submitted on 27 May 2014

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.

École doctorale n° 432 : ED SMI

Doctorat ParisTech

T H È S E

pour obtenir le grade de docteur délivré par

L'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Spécialité

“ Génie Industriel ”

présentée et soutenue publiquement par

Erik Geslin

le 25 juin 2013

**Processus d'induction d'émotions
dans les environnements virtuels et le jeu vidéo**

Directeur de thèse : **Simon RICHIR**

Co-encadrement de la thèse : **Olivier CHRISTMANN**

Jury

M. Stéphane BOUCHARD, Professeur, Université du Québec en Outaouais Canada
M. Stéphane NATKIN, Professeur, Directeur de l'ENJMIN CNAM
M. Philippe FUCHS, Professeur, Ecole des Mines, Paris
M. Stéphane ZINETTI, Coordinateur en Direction artistique Ubisoft, Paris
M. Simon RICHIR, Professeur, Arts et Métiers ParisTech, LAMPA
M. Olivier CHRISTMANN, Maître de conférences, Arts et Métiers ParisTech, LAMPA

Rapporteur
Rapporteur
Président
Examineur
Examineur
Examineur

**T
H
È
S
E**

*A ceux qui activent le plus mon cerveau émotionnel,
Noémie,
Nolwenn & Sven,
ma famille, mes amis
à Papy...*

Le savoir que l'on ne complète pas chaque jour diminue ...

Remerciements

Je souhaite remercier Monsieur Simon Richir, professeur à l'ENSAM d'Angers, pour m'avoir accordé sa confiance tout au long de ma thèse, de m'avoir laissé une grande autonomie et pour avoir mis en œuvre les moyens nécessaires à la réalisation de mes travaux.

Je tiens également à remercier Monsieur Stéphane Natkin Professeur titulaire de la chaire Systèmes Multimédia au CNAM Paris. Membre du conseil d'administration du CNAM. Et Directeur de l'ENJMIN, ainsi que Monsieur Stéphane Bouchard Professeur titulaire de la chaire de recherche du Canada en cyberpsychologie clinique à Québec en Outaouais, pour avoir accepté d'être rapporteurs de ma thèse. Ce fut pour moi un grand honneur.

Merci également aux examinateurs du jury de thèse : Monsieur Philippe Fuchs Professeur titulaire de la chaire « Robotique et Réalité Virtuelle » à l'école des Mines ParisTech, responsable de l'équipe de recherche « RV&RA », qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury, ainsi que Monsieur Stéphane Zinetti Coordinateur en Direction artistique pour le « Casual gaming » chez Ubisoft, pour l'intérêt qu'ils ont porté à mes travaux et pour avoir accepté de partager leur expertise en matière de réalité virtuelle et de jeux vidéo.

Je tiens ensuite à remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'analyse et la valorisation des résultats de mes travaux, en particulier Jayesh Pillai, pour avoir partagé avec moi ses concepts sur la présence évoquée, et son temps pour la réalisation de nos travaux communs, ainsi que Irvin Thomas et Wendy Soreau pour leur investissement et leur travail lors de ma première expérimentation.

Je souhaite aussi tout particulièrement remercier Monsieur Eric Dufour, dont le soutien s'est révélé bien plus précieux qu'il ne l'imagine probablement !

Merci également à mes collègues et amis de l'ESCIN, et particulièrement à Monsieur Michel Perrinel et Laurent Gosselin pour leur soutien et leurs conseils avisés, ainsi qu'à Philip Jackson Professeur agrégé en psychologie à l'Université de Laval Québec pour son accueil pendant ma thèse.

Je pense particulièrement à mes parents, qui m'ont soutenu dans mon parcours parfois chaotique, mon petit frère Franck, mon soutien indéfectible, mes deux enfants adorés,

Nolwenn et Sven, et à Noémie pour son soutien au quotidien au travers des épreuves que nous avons traversé.

Enfin je souhaitais réserver mes derniers remerciements à Monsieur Olivier Christmann, Maître de Conférences et Coordinateur pédagogique du Master Ingénierie du Virtuel et Innovation à l'ENSAM Laval, pour m'avoir encadré pendant ces dernières années de thèse. Merci pour ton investissement avec moi. Merci pour m'avoir guidé et motivé. Merci pour ta disponibilité, j'ai vécu ton arrivée dans ma thèse comme une véritable bouffée d'oxygène, travailler avec toi fut un réel plaisir.

Table des matières

Introduction	1
Positionnement et objectifs	3
Chapitre 1 Les émotions	1
1.1 Du refus de la passion aux émotions	1
1.2 Une approche philosophique	2
1.2.1 Premières définitions des émotions	6
1.3 Proposition de catégorisation	12
1.3.1 Classification catégorielle	12
1.3.2 Classification dimensionnelle	16
1.4 Les différentes théories des émotions	17
1.4.1 La théorie physiologiste périphérique & réflexive	17
1.4.2 La théorie comportementale, behavioriste & culturaliste	22
1.4.3 La théorie physiologiste centrale	23
1.4.4 Les sciences cognitives	25
1.5 Une approche physiologique	31
1.5.1 Neurosciences et psychologie physiologiste.	31
1.5.2 Deux circuits cérébraux émotionnels	46
1.5.3 Emotions, mémorisation et spatialisation	50
1.5.4 Intelligence émotionnelle, éducation des émotions	53
1.5.5 Conclusion	56
Chapitre 2 La Réalité virtuelle, la Présence et le Flow	60
2.1 Définitions de la réalité virtuelle	60
2.2.1 Des objectifs immersifs et d'induction d'émotions très anciens	63
2.2.2 Cinétique visuelle et approche cognitive combinatoire	65
2.2.3 Informatique et réalité virtuelle	66
2.2.4 L'interaction	68
2.2.5 L'immersion	71

2.2.6 Réalité virtuelle et triangle sémiotique	72
2.2.7 Définitions de la présence	74
2.2.8 Présence et émotions	79
2.2.9 Facteur de présence et émotions	79
2.2.10 Présence et Flow Zone	81
2.2.11 Présence et Allocation volontaire et involontaire d'attention	90
2.2.12 Mesures physiologiques de la présence	93
2.2.13 Questionnaires de présence	99
2.2.14 Mesures de l'attention	103
2.2.15 Conclusion	104
Chapitre 3 Méthodes d'induction d'émotion.	106
3.1 La surprise, vecteur émotionnel	107
3.2 Induire la peur	109
3.3 Induire la colère	115
3.4 Induire le dégoût	116
3.5 Induire la joie	117
3.6 Induire la tristesse	118
3.7 Susciter l'empathie et la compassion	119
Chapitre 4 Modèle circomplexe d'induction d'émotion pour les jeux vidéo et les environnements virtuels	122
Chapitre 5 Analyse du contexte et formulations d'axes de recherche	129
5.1 Hypothèses :	130
Chapitre 6 Expérimentations	132
6.1 Protocole expérimental	132
6.2 Expérimentation 1 : « Fear Theory », pour un meilleur contrôle de l'expérience des joueurs de jeu vidéo	133
6.2.1 Introduction	133
6.2.2 Contexte	134
6.2.3 Méthode et dispositif	135
6.2.4 Equipment & Environnement virtuel	136
6.2.5 Procédure	138
6.2.6 Résultats	140

6.2.7 Discussion	141
6.2.8 Conclusion	147
6.3 Expérimentation 2 : Amnésie, les liens entre attention, émotions et présence dans les environnements virtuels.	147
6.3.1 Contexte et objectifs	148
6.3.2 Dispositif expérimental	151
6.3.3 Procédure	153
6.3.4 Résultats	156
6.3.5 Discussion	162
6.3.6 Conclusion	165
Chapitre 7 Apports de la thèse.	168
7.1 Perspectives	171
Table des illustrations	177
Bibliographie	180
Annexes	201

Introduction

Après quarante années d'activité, le Jeu vidéo est aujourd'hui considéré par le grand public comme un média mature (Squire 2003, Lehman-Wilzig and Cohen-Avigdor 2004). Cependant, des chercheurs comme Stéphane Natkin note son caractère spécifiquement immature (Natkin and Genvo 2006). En effet, même si les coûts de productions d'un jeu vidéo AAA¹ sont souvent supérieurs à 50 millions de dollars, et dépassent ceux du cinéma. Dans une étude de 2011, Blake Snow affirmait que 90% des acheteurs ne finissent jamais les jeux qu'ils achètent. Jon Lee, vice-président du marketing Raptr², affirme lui que si les taux d'achèvements de jeux vidéo sont en augmentation, ceux-ci ne sont terminés qu'à seulement 40 ou 50% (Slate 2011). Beaucoup d'énergie, et de temps sont perdus dans des développements qu'aucun joueur ne verra jamais. Une partie de l'argent investit n'atteints pas ses buts de cristallisation de l'attention par le biais des émotions. En effet si l'intérêt des joueurs pour le produits des jeux vidéo est si volatile, c'est que l'attachement émotionnel aux personnages des jeux et beaucoup plus faible que celui qui se crée avec d'autres médias, comme ceux d'une série télévisée par exemple.

Depuis la création de ce médium, la plupart des jeux vidéo ont investi le champ des émotions. Dans la majorité des cas les émotions convoquées sont des émotions fondamentales de base, puisqu'il s'agit de peur, d'angoisse ou d'excitation. Celles-ci sont générées dans le but de maintenir les joueurs dans un état proche des plaisirs de l'addiction. Si ces émotions sont efficaces dans les domaines addictifs, elles le sont assez peu dans le domaine de la mémorisation affective, nécessaire à la création d'un affect susceptible de provoquer l'achat de nouveaux produits de la même marque.

L'utilisation d'émotions dites complexes telles que l'empathie, la compassion, l'amour ou la honte, pourrait être une solution d'avenir, pour générer cet attachement affectif - mais, dans ce domaine émotionnel l'industrie du jeu vidéo doit encore progresser. En effet le jeu vidéo emprunte de nombreuses techniques d'induction d'émotion au médium cinématographique, comme celui-ci a longtemps emprunté au théâtre avant de formaliser les règles langagières d'un nouveau paradigme. Hors le médium du jeu vidéo, au même titre que celui de la réalité virtuelle est spécifié par sa dimension interactive (Fuchs and Arnaldi 2006), qui donne à l'utilisateur le choix du libre arbitre... Cette dimension ne nous semble pas assez

¹ AAA, prononcé triple AAA, est généralement un jeu développé par un grand studio, avec des budgets massifs.

² Raptr.com, est un réseau social sur internet, d'une communauté de plus de 16 millions de joueurs de jeux vidéo.

prise en considération dans l'approche actuelle d'induction d'émotions complexes.

Parallèlement au développement du médium du jeu vidéo et souvent avec le concours de transfuges de ce médium, comme ce fut le cas pour Jaron Lanier, les sciences de la réalité virtuelle connurent elles aussi un développement spectaculaire. Après plusieurs décennies d'activité, depuis le premier casque immersif d'Ivan Sutherland jusqu'aux systèmes cave à six faces les plus récents, la réalité virtuelle ne fait plus peur, mais elle laisse toujours rêveur. Au travers de fictions cinématographiques, ou de travaux d'artistes contemporains, elle nous questionne encore aujourd'hui sur la rationalité de notre univers ; et, comme les humains emprisonnés dans la caverne de Platon, nous nous demandons si au-delà du signifié, il n'existe pas une autre réalité. Sommes-nous bien dans la réalité qui s'offre à nos sens ? Cette question reste en suspens, et les technologies actuelles ne nous permettent pas encore de nous fournir une immersion suffisante nous permettant d'oublier que nous évoluons dans une virtualité. Si cela était le cas, nous pourrions dire que le « graal » de la réalité virtuelle, la notion de présence absolue dans un environnement virtuel, est atteint... Les mécanismes qui mènent à la notion de présence sont nombreux. La présence est un enjeu majeur de la réalité virtuelle. Son augmentation permet d'améliorer l'immersion et ainsi la qualité de tous les médias utilisant la réalité virtuelle, comme la simulation, les apprentissages, la cyber thérapie, mais aussi le jeu.

Si de nombreux travaux s'intéressent à la définition et à la mesure de la présence en réalité virtuelle, peu sont ceux qui questionnent les liens intrinsèques qui se dissimulent entre présence et émotions. Pourtant à la lecture des seuls articles traitant de la mesure physiologique de la présence, un constat s'impose : ils ne font que mesurer l'expression physiologique des émotions des sujets.

Les humains sont définis par leur caractère émotionnel, et si la plupart des animaux et sans doute même certains insectes sont doués d'émotions, aucun ne semble atteindre notre degré d'empathie et de compassion. Ce sont ces émotions qui caractérisent notre espèce.

Quels sont les liens entre notre système émotionnel, notre système nerveux et notre système de formalisation de l'espace, celui qui nous permet de définir ce qui nous entoure, fait bien partie du réel ? En quoi ce vase qui est proche de moi, est réel ? Est-ce parce que je peux le voir ? Le toucher ? Est-ce parce qu'il a une histoire à la dimension de ma

temporalité ? Que je sais d'où il vient, et qui sont les humains qui l'on possédé dans le passé ? Ou est-ce parce que je peux le casser, le faire disparaître de mon espace-temps, en un mot : le finir ? Ces notions semblent dépasser le cadre des expérimentations émotionnelles, pourtant ce sont peut-être bien des flots d'informations émotionnels qui nous permettent de formaliser un espace plus que de simples flux sensoriels.

Nous étudierons ces différentes notions, afin de schématiser un modèle de la présence que nous utiliserons pour définir de nouvelles méthodes d'induction d'émotions dans le jeu vidéo et dans la réalité virtuelle.

Positionnement et objectifs

L'orientation initiale de cette thèse avait pour objectif de définir des méthodologies inductrices d'émotions dans les jeux vidéo et les environnements virtuels, ces travaux étant basés sur les concepts catégoriel et dimensionnel des émotions proposés par Paul Ekman et James Russel. Toutefois à la lumière de trois années de recherches, de rencontres, et d'expérimentations, les travaux initialement essentiellement appliqués sont devenus aussi plus fondamentaux.

La présence est un élément essentiel des problématiques scientifiques de réalité virtuelle, que celle-ci soit de cyber thérapie ou de simulations pédagogiques. Il en est de même pour l'industrie du jeu vidéo et de ses problématiques, de génération d'intérêt ou d'addiction et d'affects aux produits réalisés.

Afin de conserver une orientation appliquée à notre recherche nous avons testé de nouvelles méthodes d'augmentation du sentiment de présence et de l'attention par l'induction d'émotions. Nous avons également cherché à déterminer si la connaissance et l'habitude de l'utilisation de système de média proche de ceux utilisés dans les environnements virtuels, comme ceux du jeu vidéo altéraient le niveau émotionnel ressenti par les utilisateurs.

Ainsi nos expérimentations cherchent à formaliser et à proposer, des méthodologies applicables aux domaines de la réalité virtuelle, de la cyber thérapie, et du jeu vidéo. L'étude de la présence dans les environnements virtuels propose de nombreuses alternatives, tant sur les aspects proprioceptifs que sur de nombreux points en lien avec la cognition. Mais il semble que l'aspect le plus significatif de notre humanité est peu étudié dans son rapport à la

présence et dans son rôle de catalyseur de notre attention : notre capacité à vivre et à évoluer émotionnellement. C'est notre caractère singulièrement émotionnel, notre capacité à l'empathie, et à la compassion qui définissent notre espèce. C'est pourquoi nous pensons que les liens entre la présence l'attention et les émotions complexes ou sociales nécessitent une étude approfondie.

De nombreuses recherches sur le sentiment de présence dans les environnements virtuels proposent des paradigmes essentiellement basés sur les aspects cognitifs de l'humain. Selon les premiers philosophes mais aussi de nombreux chercheurs, nos esprits rationnels, mais aussi notre culture, nous poussent à séparer cognition et émotions. Hors nous verrons que les travaux les plus récents montrent au contraire une véritable symbiose entre ces deux domaines. Ces recherches justifient notre questionnement sur les interactions supposées, ou non, entre le sentiment de présence et nos émotions.

Ainsi nous ferons dans un premier temps un point sur les différentes avancées, tant sur les aspects philosophiques, psychologiques que physiologiques des émotions qui nous caractérisent. Longtemps les émotions ont été opposées à la raison, et les psychologues cognitivistes ont prolongé ce point de vue. Hors la notion de présence, la sensation de se sentir présent dans un environnement virtuel ou le flow zone dans le jeu vidéo (notions que nous étudierons plus en détails dans ce mémoire), ne peuvent s'obtenir à la lumière d'un raisonnement rationnel, qui nous conduirait à considérer l'environnement virtuel, comme ce qu'il est : une projection numérique devant nos yeux, un univers qui cherche à tromper nos sens.

C'est bien parce que nos émotions sont en parties conscientes et inconscientes (LeDoux 1999) que notre esprit peut être trompé, au point d'accepter un univers comme réel, alors qu'il ne l'est pas.

Après avoir défini les différents concepts de réalité virtuelle et ceux associés de l'immersion et de la présence et du flow zone, nous montrerons combien les concepts de présence en réalité virtuelle et de Flow Zone en jeu vidéo mais aussi de fluidité en intelligence émotionnelle sont proches, et font références aux mêmes états psychologiques et physiologiques (Niklas, Mikko et al. 2004). Nous dégagerons également les liens entre émotions et présence, notamment ceux définies par Mel Slater dans les notions de présence de

Pi et de Psi (Place Illusion et Plausability Illusion)(Slater 2009). Un des concepts clé de ce mémoire réside dans l'utilisation des notions scientifiques de la présence en réalité virtuelle, appliqués au paradigme du jeu vidéo. D'un côté, la littérature scientifique de la réalité virtuelle abonde d'articles discutant des méthodes de mesure de l'attention et de la présence dans un environnement virtuel. Du côté de l'industrie du jeu vidéo, le Flow Zone, proche des notions de la présence est très peu référencé et les méthodes de mesure de cette activité peu discutés. Enfin, comme en ce qui concerne la présence, les liens entre Flow Zone et émotions sont peu traités, pas plus que les liens entre émotions et mémorisation affective des expériences virtuelles de jeu vidéo.

L'homme est un être de plus en plus cérébral, dans l'histoire de l'évolution le physique a d'abord dominé l'esprit pendant des millions d'années. Dans un premier temps les émotions régissant la rapidité et les réactions physiques permirent de survivre dans un environnement hostile (Jouvent 2009), l'homme ayant par la suite dominé et reconfiguré son environnement, sa survie devint plus sociale, plus cérébrale. « *La suprématie physique cède le pas à l'intelligence* » (Jouvent 2009). A l'heure des réseaux numériques (clones des super-systèmes neurobiologiques humains), et de l'avènement du symbolique et du virtuel, la perception et la gestion de ses émotions au sein d'environnement simulés représentent de nouveaux défis. Si des milliers d'années d'évolution ont conduit les êtres humains au développement des émotions qui nous caractérisent aujourd'hui, quels rôles ces émotions quasi primaires, joueront dans les mondes virtuels de demain. L'utilisation prolongée de ces mêmes environnements virtuels produira t'elle la naissance de nouvelles formes d'émotions jusqu'alors inconnues ?

Plus prosaïquement, nous déterminerons quelles méthodes d'induction d'émotions fondamentales de base, mais aussi sociales et cognitivement complexes, comme l'empathie et la compassion, nous pouvons aujourd'hui développer pour les médias spécifiquement interactifs que sont le jeu vidéo et la réalité virtuelle ? La génération de ces méthodes inductives aura pour but de créer les conditions d'une plus forte attention des utilisateurs, menant dans le premier cas à une plus augmentation de la mémorisation affective des produits, et dans le second aux conditions d'une plus grande efficacité.

Organisation du document

Le travail présenté dans ce mémoire porte ainsi sur la conception de processus d'induction d'émotions dans les jeux vidéo et les mondes virtuels.

Le premier et le second chapitres sont consacrés à la bibliographie, avec dans un premier temps une étude de la littérature philosophiques, psychologique et physiologique des émotions. Nous montrons comment les grandes théories de catégorisation des émotions ainsi que les différents courants de pensées psychologiques ont évoluées pour finalement converger au regard des neurosciences actuelles. Nous définissons également en quoi ces éclairages psychologiques et neuroscientifiques nous sont utile pour définir plus précisément le cadre de nos expérimentations. Dans un second temps l'étude et la définition des notions de réalité virtuelle, de présence de Flow et de Flow Zone dans le domaine du jeu vidéo, nous permettent de préciser la place importante des émotions dans ces médias.

Le troisième chapitre liste différentes méthodes d'inductions d'émotions et propose un modèle schématique d'induction d'émotions applicable à la conception de jeu vidéo ou d'environnements de réalité virtuelle. Nous relatons pour la plupart des émotions fondamentales de base définies par P.Ekman, les différents moyens d'inductions d'émotion présents dans la littérature scientifique mais aussi dans les médias modernes. Nous mettons en place un schéma circomplexe d'induction d'émotion pour les concepteurs de jeu vidéo et d'environnements virtuels, ce modèle étant développé sur la base des travaux de catégorisation des émotions de Russell.

Les quatrième et cinquième chapitres sont consacrés respectivement à l'énoncé de différentes hypothèses de recherches et à la description de deux expérimentations, ainsi que leur analyse. La première de ces expérimentations montre les liens existants entre le niveau de connaissance du médium du jeu vidéo et la sensibilité émotionnelle dans un environnement virtuel inconnu. La seconde expérimentation montre comment la tendance de sensibilité émotionnelle basse observée dans nos premiers travaux, peut être inversée par l'utilisation des concepts de gestion émotionnelle de la narration par le Flow Zone et une scénarisation rythmée de l'induction d'émotion.

Enfin le dernier chapitre conclut ce document de thèse et revient sur les apports des différents travaux de recherches présentés ici ainsi que sur les perspectives des futures collaborations internationales et expérimentations. Nous montrons comment les résultats de nos expérimentations peuvent être interprétés et utilisés par les acteurs du jeu vidéo et les concepteurs d'environnement virtuels. Nous expliquons également quels sont les liens créés

avec les Universités japonaises et Canadiennes dans les domaines des avatars émotionnels, ainsi que les travaux que nous mettons en œuvres dans les domaines de l'affective Gaming avec des acteurs majeurs du jeu vidéo.

Chapitre 1 Les émotions

1.1 Du refus de la passion aux émotions

« J'étais au bord d'un précipice... tout était virtuel, je le savais, j'aurais pu sauter, rien ne me serait arrivé, mais malgré mes efforts, je n'ai pas réussi à m'y résoudre... »

Précédemment à nos travaux de thèse, nous réalisions en 2009 une application immersive aux visées thérapeutiques sur les pathologies liées à l'acrophobie³. Nous avons recueillis auprès d'un utilisateur, la phrase citée ci-dessus. Elle montre combien, bien que nous ayons conscience qu'un environnement ne puisse pas être agressif, et même si tout notre métabolisme cognitif (sensé être rationnel), nous indique qu'il n'y a aucun danger, nos actes et nos choix peuvent être gouvernés par nos émotions, et ceci en dépit de tout bon sens. L'utilisateur précédemment cité, était immergé grâce à un casque immersif HMD⁴ dans un monde virtuel le positionnant instantanément, debout sur un parapet d'une vingtaine de centimètres, au sommet d'un building, surplombant une mégapole virtuelle. Le participant avait pleinement conscience, d'évoluer dans une virtualité car le technicien à ses côtés l'encourageait à faire le pas décisif. Malgré sa conscience du caractère absolument sans danger de cet acte, le participant, comme la plupart des utilisateurs, aérophobes ou non ne put se jeter délibérément dans le vide.

Nous allons étudier dans les paragraphes suivants comment notre perception des émotions souvent opposées à notre cerveau rationnel, a évolué à travers le temps. Les philosophes, comme de nombreux cadres socioculturels poussaient et poussent encore à leur contrôle, voire à leur éradication... Nous verrons combien cette vision est aujourd'hui galvaudée : si nombre de nos émotions ne peuvent être contrôlées, c'est parce que nos actes et nos décisions ne gagneraient sans doute pas à être uniquement le fruit du rationnel issu de nos capacités cognitives. Le chemin émotionnel réflexif des émotions est un chemin qui doit privilégier la vitesse, pour préserver la survie de l'espèce, celle-ci laissant peu de place à la cognition.

³ L'Acrophobie est une peur extrême et irrationnelle des hauteurs appartenant à un type de phobie spécifique.

⁴ HMD Helmet Mounted Display, est un dispositif d'affichage, sur la tête ou dans un casque.

1.2 Une approche philosophique

La perception des émotions humaines et animales évolue aujourd'hui rapidement grâce aux nombreuses études que les médecines physiologistes et psychologiques mènent actuellement. Toutefois encore aujourd'hui la perception de nos émotions est souvent négative. Cette vision est ancrée dans notre culture méditerranéenne et anglo-saxonne depuis les temps les plus reculés de la philosophie, les mêmes concepts existant également depuis la nomenclature féodale asiatique.

Dans l'antiquité grecque, les stoïciens comme Zénon et Platon, qui considéraient les émotions comme une maladie de l'âme (Platon), prônent l'évitement des émotions. En effet ils pensent que les passions, désirs et peurs nous empêchent de penser (Platon 370 AD).

Dans son allégorie de la caverne, Platon oppose le monde sensible, celui de nos émotions au monde intelligible. Le philosophe pense que l'homme est prisonnier de sa propre caverne, prisonnier de ses émotions et qu'il doit s'en libérer pour accéder à l'intelligible, le monde la cognition, de la réflexion, le monde des dieux (Platon 360 AD). Dans une autre allégorie, il compare l'esprit de l'homme à un char ailé tiré par deux chevaux un noir et un blanc et dirigé par un conducteur. Dans cette image symbolique Platon imagine, dans une doctrine qui fera valeur de loi pendant de longs siècles, que la raison peut diriger les émotions. Pour l'auteur le cocher représente la raison, il est en capacité de diriger le char qui est porté naturellement vers la voute céleste, et le monde intelligible des dieux. Mais les deux chevaux ne tirent pas le char dans la même direction, le blanc, qui représente la noblesse, l'obéissance et le cœur aspire à atteindre l'intelligible, mais le noir qui représente les passions, les émotions, le désirant, est attiré par le sol et le monde sensible (Platon 370 AD).

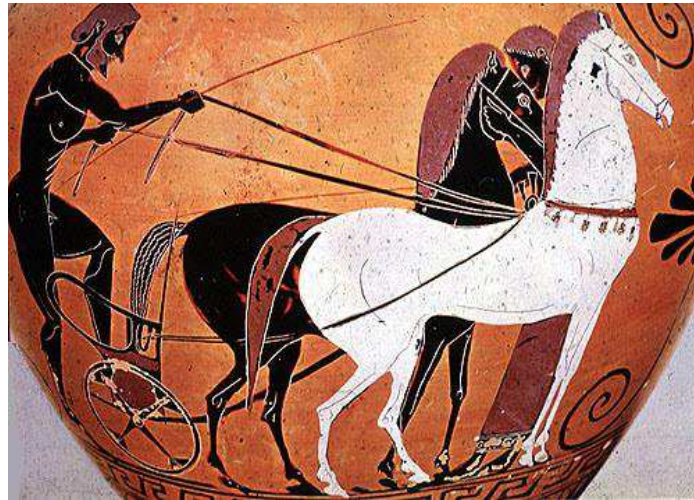


Figure 1 Un chariot à deux chevaux sur amphore, Exekias 530 AJC, © British Museum B273.

Aristote, développe le concept de la catharsis, terme emprunté au vocabulaire médical pour « purgation » : il est employé de manière métaphorique pour représenter une épuration des émotions par l'usage de la représentation dramaturgique. Cependant il défend dans la « poétique » l'idée que les passions (émotions) sont utiles et que l'art, même s'il n'est construit que pour le plaisir, influence positivement la science de la politique (Aristote 1990) ; les émotions sont épurées analytiquement, cognitivement. La catharsis sera développée à son tour par Sigmund Freud comme le rappel à la conscience d'une émotion refoulée. La catharsis est pour Freud un paradoxe que permet le bénéfice du plaisir qu'un spectacle ou qu'une œuvre artistique produit en libérant une jouissance issue de sources psychiques profondes. Cette notion deviendra pour la psychologie le mode opératoire de la psychothérapie, la catharsis permettant de faire venir à la conscience des sentiments enfouis au plus profond de l'inconscient ; ceux-ci sont pour les psychiatres la source des troubles psychiques créant les angoisses des patients (Escola 2002).

Ce sont les philosophes qui traitent les premiers de l'émotion, avant toute possible évaluation et expérimentation physiologique. Pour les philosophes modernes comme Descartes, il appartient à l'âme de gérer nos émotions pour les rendre socialement acceptables. De son point de vue, les passions sont reliées à l'âme via la glande pinéale du cerveau, la seule partie du cerveau qui ne s'y trouve pas en double (Descartes 1649). Il pense que les passions agissent directement sur l'âme en la motivant, la poussant à agir sur le corps. Il n' imagine aucune liaison directe entre le système cognitif et les actions du corps. Dans son hypothèse philosophique, l'âme est toujours en capacité de gérer ce qu'il conviendra dès lors

d'appeler les émotions.

Descartes ne définit pas les passions comme mauvaises, de son point de vue elles sont mêmes essentielles à la survie, mais c'est toujours l'âme (qu'il définit comme la pensée) qui peut décider autrement. Ainsi l'homme doit, comme dans la dramaturgie théâtrale décrite par Aristote, prendre de la distance avec ses émotions pour mieux les gérer, l'incapacité à gérer ses propres émotions est considérée comme une faiblesse. Cette capacité de moduler, de réorienter et de prendre de la distance avec ses émotions, est appelée par Descartes « l'exercice de la liberté » ; ce concept sera décliné par la suite par Kant comme « le libre arbitre ».

C'est précisément sur cette idée que les passions agissent, mettent l'âme en mouvement, que la racine étymologique du mot « émotion » est fondée : elle est composée du verbe latin « MOTERE » qui signifie « mouvement » et du suffixe « E » qui signifie « de » et qui suggère que dans chaque émotion il y ait une action. Ainsi l'émotion est décrite initialement comme un mouvement. A partir du XVIIème siècle le terme d'émotion s'impose en lieu et place des passions.

Dans la plupart des religions (notamment dans la théologie chrétienne) les émotions poussent aux péchés. Dans la philosophie bouddhiste les émotions empêchent l'élévation de l'âme qui ne peut parvenir au Nirvana. C'est donc avec un fort apriori sociétal que les émotions sont généralement traitées. Dans la plupart des sociétés, mais plus précisément dans les sociétés asiatiques, il est de rigueur de maîtriser ses émotions. Traditionnellement nos cultures séparent la raison et les passions ou émotions, et la raison dispose depuis la moitié du XXème siècle de sa propre science, consacrée exclusivement à la rationalité : la science cognitive. Mais comment une science qui propose de comprendre la nature humaine, la pensée, le langage, l'intellect et son fonctionnement a-t-elle pu concevoir un esprit sans émotions ? Alors que ce sont précisément nos émotions et notre capacité émotionnelle, d'empathie et de compassion, qui définissent notre humanité.

De toutes nos émotions, celle de l'anxiété est directement liée au concept philosophique de la finitude. C'est une émotion très discutée par les philosophes anciens comme les plus modernes. La finitude est la conscience de notre propre fin. C'est une des composantes de l'existentialisme en philosophie, de la théorie du Dasein, « être là ! » (Heidegger 1986). C'est

une notion capitale de la présence en réalité virtuelle, que nous préciserons dans un chapitre ultérieur. Avoir conscience de notre propre fin nous oblige à réfléchir à notre condition humaine. L'arrière-plan de la conscience de notre mort possible dans notre monde nous aide à prendre conscience de sa réalité. Pour Heidegger ou Nietzsche cette conscience devrait nous amener à vivre mieux plutôt que de nous mener au libertinage hédonique, sensuel et intellectuel (Nietzsche 1878, Heidegger 1986). Le concept de finitude, détaché de la scolastique et de tout concept de jugement, pousse l'être humain aux passions de l'individualisme de l'orgueil et de la jouissance en taisant comme Sade le prônait en son temps l'oubli des émotions de compassion et d'empathie (M. Schmid, 2004). On retrouve ces problématiques dans les concepts de mondes virtuels : ainsi si les actions de nos avatars n'ont pas de conséquences directes sur notre lien à ce monde, et si elles ne sont jamais jugées par une instance au-dessus du concept même de ce monde, alors nous pouvons nous laisser aller à toute les dérives, dans ces univers autonomes, sans pour autant que nous ne soyons touchés par une émotion.

Pour reprendre la pensée Sartrienne, l'existence précède l'essence. Et c'est parce que nous surgissons d'abord dans le monde que nous pouvons y exister (Sartre 1945). La finitude, même si elle focalise des émotions qui peuvent être pathologiques comme l'angoisse, nous permet d'accéder à la réalité de notre environnement. Pour Jules Bureau, nous sommes tous menacés par la mort, et l'anxiété est l'émotion spécifique de l'identité. (Bureau 2004). Pour Heidegger aussi, l'anxiété de la finitude participe à la crédibilisation de notre réalité. La conscience de la mort constitue la preuve de la réalité de notre vie : *"Cette fin que l'on désigne par la mort ne signifie pas, pour la réalité humaine, être-à-la-fin, "être-finie" ; elle désigne un être pour la fin (...). La mort est une manière d'être »* (Heidegger 1986).

Ces concepts philosophiques sont liés de manière intrinsèque aux émotions humaines à la problématique de présence « être ici ! » dans les environnements virtuels. De nombreux jeux vidéo réintroduisent actuellement le concept de mort définitive, ils sont appelés les jeux « *Rogue-like* » en référence au jeu vidéo *Rogue* sortie en 1980. Nos émotions sont les fruits de nos interactions et de nos ressentis sensoriels avec le monde qui nous entoure. Si elles nous permettent d'y survivre physiologiquement et socialement, elles sont aussi le mètre étalon de la réalité de notre environnement. Si de nombreux philosophes ont discutés les rapports entre nos passions et notre perception de la véracité de notre environnement, il nous semble opportun d'étudier comment nos émotions interviennent dans notre capacité d'immersion

dans les mondes virtuels, qu'ils soient ludiques, simulés ou à vertu thérapeutique.

1.2.1 Premières définitions des émotions

Etablir une définition précise de l'émotion, comme de toute entité psychologique, est d'une grande difficulté, celle-ci étant augmentée par la multitude d'énoncés ne se rapportant qu'à un aspect de l'émotion. En effet, celle-ci peut être décrite d'un point de vue psychologique, physiologique, cognitif, selon les inducteurs opérants, mais aussi selon les réponses. Toutefois, nous garderons à l'esprit qu'une définition par là même trop restrictive de l'émotion risquerait de limiter le champ des recherches futures.

L'absence de consensus entre les théoriciens pour définir ce que sont les émotions nous renvoi à la citation de Fehr & Russell : « *Tout le monde sait ce qu'est une émotion, jusqu'à ce que vous lui demandiez de la définir* » (Fehr and Russell 1984). Ce qui nous vaut encore aujourd'hui de nombreuses définitions de l'émotion. Pour certains elle est définie comme « *un état affectif intense, caractérisé par une brusque perturbation physique et mentale* » (Filliozat 2007), pour d'autres, et d'un point de vue de l'intelligence émotionnelle, plus que cognitif, « *c'est un mouvement vers le dehors, un élan qui naît de l'intérieur de soi et parle à l'entourage, une sensation qui nous dit qui nous sommes et nous met en relation avec le monde* » (Filliozat 2007). Elles sont parfois définies plus simplement comme une réaction psychologique et physique à une situation : les émotions correspondraient à certaines activités des structures limbiques. Elles provoquent des réactions spécifiques : motrices (tonus musculaire, tremblements, ...), comportementales (incapacité de bouger, agitation, fuite, agression, ...), et physiologiques (pâleur ou rougissement, accélération du pouls, palpitations, sensation de malaise, ...). Les sensations émotionnelles conscientes correspondraient à « *une perception cognitive de la modification des états physiologiques du corps, consécutifs à une émotion.* » (Anthropologia 2011). Les émotions sont aussi définies en fonction des stimuli qui les produisent, ou en fonction de leurs origines supposées.

Elles sont innées et réflexives (Ekman 2003), et elles constituent pour Antonio Damasio, « *le seul moyen naturel pour le cerveau et l'esprit d'évaluer l'environnement à l'intérieur et hors de l'organisme, et de répondre de façon adéquate et adaptée.* » (Damasio 2005). Le langage des émotions est commun à de nombreuses espèces, homme et animaux confondus, et nous partageons probablement aussi ce langage avec certains insectes. Si ce

langage d'expression est réflexif, il est inné, comme le montre Darwin, les aveugles de naissance sourient lorsqu'ils sont heureux et froncent les sourcils quand ils sont en colère, et il ne peut s'agir de mimétisme. Ces expressions d'émotions seraient probablement héritées génétiquement selon la théorie de l'évolution de Darwin, dans le cas de la colère par exemple, froncer les sourcils serait un mouvement réflexif hérité d'un lointain mouvement volontaire de protection des yeux.

Les émotions sont aussi des outils de communication pour les êtres sociaux que nous sommes et que sont la plupart des animaux habitant notre planète. John T. Cacioppo, montre que plus une personne est expressive et sincère, plus ses émotions auront tendance à être perçues et imitées (Cacioppo and Gardner 1999). Pour d'autres chercheurs l'expression musculaire de certaines émotions comme la joie peuvent agir sur nos neurones et définir que l'émotion est réellement ressentie : ce sont les réactions du corps qui vont provoquer les émotions (Hatfield 1993).

Enfin pour Kerry O'Regan l'émotion serait le résultat de facteurs biochimiques, socioculturels, et neurologiques (O'Regan 2003).

Socioculturels : ces facteurs font appel à des schémas cognitifs (Scherer 1984), ces connaissances étant basées sur l'expérience individuelle. Elles représentent les croyances d'un environnement, d'une culture...

Neurobiologiques : le système nerveux central stocke des informations dans le but de les réutiliser par la suite dans des situations prévisibles ou non, afin de préserver l'intégrité physique de l'individu. Les différentes parties du cerveau impliquées dans les processus émotionnels ont été mis en évidence notamment par l'étude de patients cérébro-lésés, n'ayant pas subi d'altération de leur capacité cognitive (Damasio 1995, LeDoux 1999).

Biochimiques : les hormones secrétées ou non par le cerveau produisent les changements dans notre nature émotionnelle. D'après Stéphanie Brown, de l'Université du Michigan, la progestérone est l'hormone la plus significativement impliquée dans les liens sociaux chez les humains (Brown, Fredrickson et al. 2009). D'autres études montrent aussi chez les mammifères une mise en confiance dans les rapports sociaux, influencé par la production de l'hormone d'ocytocine.

Les scientifiques cliniciens du 19^{ème} siècle comme Guillaume Benjamin Duchenne de Boulogne, un des pères fondateurs de la neurologie moderne, se sont intéressés aux émotions humaines. Dans ses travaux utilisant l'électricité, G.B. Duchenne met en évidence l'utilisation

de nombreux muscles faciaux dans la traduction faciale de l'expression d'une émotion. En reproduisant chez l'homme certaines expressions de l'émotion comme la peur ou le sourire, il permet de conclure qu'un véritable sourire de bonheur est un sourire utilisant les muscles buccaux mais aussi les muscles oculaires (Duchenne de Boulogne 1852).



Figure 2 GB Duchenne déclenchement d'une expression de frayeur par stimulation électrique, Domaine public : Mécanisme de la Physionomie Humaine (1862).



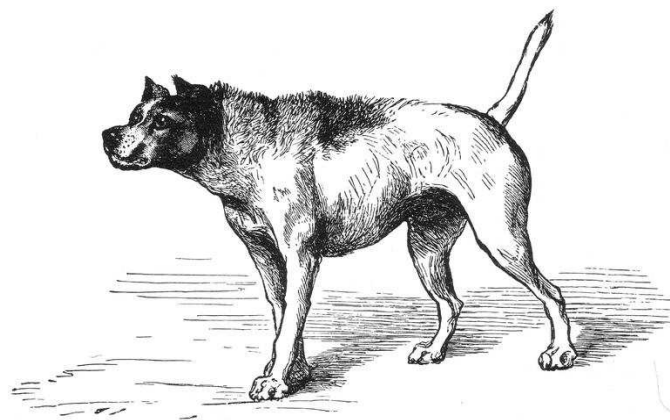
Figure 3 Planche de mécanisme de la physionomie humaine de GB Duchenne, stimulation électrique, Domaine public : Mécanisme de la Physionomie Humaine (1862).

Ces travaux seront plus tard essentiels à la reconnaissance et à la catégorisation des expressions des émotions, mais la production de Duchenne, aussi riche soit-elle, ne permet pas encore d'expliquer ni l'origine ni les processus aboutissant aux émotions.

Darwin : La théorie évolutionniste & catégorielle

Avant de s'intéresser aux émotions Darwin mit en place sa théorie de l'évolution, selon laquelle une descendance avec modifications se produisait en fonction de l'hérédité

et de la variabilité (Darwin 1859). Dans son ouvrage « *The Expression of Emotion in Man and Animal* » Charles Darwin utilise les travaux de ses prédécesseurs comme ceux de GB Duchenne dont il estime que l'importance a été sous-estimée par ses confrères. Si la plupart des scientifiques se sont jusqu'alors cantonnés à la description systématique des effets physiologiques des émotions sur les humains ainsi que sur les animaux, Charles Darwin cherche à en définir les origines. Il montre essentiellement par analyse comparée comment un mouvement pratiqué de manière volontaire par des générations d'êtres humains ou des animaux se transforme, ou peut se transformer (avec le temps) en mouvement réflexif. Ces mouvements réflexes peuvent ensuite traduire des émotions. Si Darwin pense que certains de ces mouvements réflexifs ne sont pas en lien avec le cerveau mais sont inhérents aux nerfs contenus dans la masse musculaire. Il montre également comment ces mêmes mouvements complexes, pratiqués de manière volontaire par des générations d'individus, peuvent se transformer en mouvements quasi automatiques. Certains de ces mouvements automatiques peuvent plus ou moins être contrôlés par les individus, comme c'est le cas du sourire. Dans le cas de lésions cérébrales ou de pathologie psychiatrique, ces mouvements musculaires réapparaissent dans des proportions et des fréquences disproportionnées. Darwin précise que de nombreux gestes réflexifs ne sont pas issus de ce type d'évolution, c'est de son point de vue le cas des mouvements de l'iris ou de la respiration. Ces gestes réflexifs peuvent être utilisés pour les mesures émotionnelles physiologiques, car ils ne peuvent généralement pas être contrôlés par les sujets, et donnent par conséquent des résultats difficilement discutables (Darwin 1859).



**Figure 4 La colère du chien : "the expression of emotion in man and animal",
Domaine public, Mr Rivière.**

Si pour Darwin de nombreux signes évocateurs émotionnels sont issus d'une longue

maturation parfois sociologique à travers les âges, ce n'est pas le cas de toutes nos émotions. Ainsi il montre par l'observation des hommes comme des animaux, comment il est possible de passer d'une peur, ou d'une colère intense à l'expression d'une joie démesurée après avoir été rassuré (Darwin 1899). Du point de vue de Darwin, l'expression de cette joie n'est pas le fruit d'un conditionnement mais serait relatif à la notion d'antithèse des émotions. Ainsi si certaines émotions comme la colère nous fait baisser les sourcils pour nous protéger les yeux avant une attaque potentielle, ce mouvement réflexif est bien le fruit d'une longue maturation de la sélection naturelle et des transformations à travers les âges. Son antithèse serait le haussement de sourcils lors de l'expression d'un étonnement. De même en ce qui concerne les animaux, si le chien bat la queue de gauche à droite lors d'une grande joie, c'est pour Darwin par opposition à la position de protection que le chien adopte lors d'une attaque (la queue entre les pattes) ou pour cacher des sécrétions odorantes. Il serait intéressant de repositionner ces constatations dans un contexte social. En effet, si le principe de thèse antithèse de Darwin fonctionne bien, il n'en demeure pas moins qu'il n'explique pas tout. La plupart des animaux possédant une queue ne l'utilisent pas dans les manifestations de la joie, que ce soient les chats, les renards et même les loups qui sont les ancêtres directs des chiens. Ce peut-il dans ce cas que les chiens aient développé l'expression de leur sentiment de joie en battant de la queue essentiellement dans une forme de communication primitive avec les hommes, ou les hommes ont-ils inconsciemment sélectionné au cours des âges les chiens qui présentaient le plus fort potentiel à exprimer ces émotions positives ?

Ce constat de bipolarité des émotions et de leur expressions inspireront les travaux d'autres chercheurs, qui remarqueront que les expressions directes des émotions, comme la modification des sécrétions, les tremblements, les changements de couleur de la peau, dans la traduction d'émotions comme la colère, les grandes joies et la terreur, contrastent énormément avec le peu d'expressivité des émotions de l'excitation et de la dépression de l'esprit... Ces constatations seront reprises dans le modèle dimensionnel des émotions de Russel (Russell).

Certaines expressions de nos émotions comme les tremblements lors d'une terreur ou d'une joie importante, ne peuvent pas avoir été créées par l'inscription d'une action volontaire en action réflexive, car, du point de vue de Darwin, ces tremblements desservent toujours celui qui les subit, par conséquent il s'agit de réactions physiologiques entraînées par d'autres mécanismes. Ces principes sont inscrits dans la pensée Darwinienne dans laquelle les émotions ne sont utiles à l'être humain que pour assurer sa survie. De la même façon, Darwin

pense que certaines expressions de la douleur sont chassées par une douleur plus importante, ceci s'expliquerait par le fait que les émotions servent aussi à alerter nos congénères des douleurs les plus importantes que nous subissons.

Il est notable que certaines expressions de nos émotions sont contrôlables, comme les mouvements de notre corps dans des colères modérées, mais ce n'est jamais le cas de notre rythme cardiaque, ni de certaines sécrétions glandulaires comme la salivation dans le cas d'une grande faim, ou de larmes de peur ou de colère. Darwin définit deux états distincts de l'expression des émotions. L'excitation et la dépression. Pour Darwin la joie et la colère sont liés à l'excitation. La tristesse extrême qui appartient plutôt à la dépression peut parfois revêtir les aspects de l'excitation dans le cas de la perte de quelque chose ou d'un être cher (Darwin 1859). En effet, dans ce cas, le métabolisme peut mettre en place une stratégie de remplacement émotionnelle de la tristesse, par la colère, qui permet de trouver de nouveaux objectifs et de se reconstruire. La douleur peut aussi revêtir les aspects de l'excitation puis de la dépression, la peur étant pour Darwin l'émotion la plus importante dans les dépressions. « *the most depressing* » dit-il.

De la même façon, une peur extrême peut dans un premier temps mener à une excitation très stimulante (Darwin 1859), car dans ce cas tout le corps est mis dans un état d'urgence permettant la fuite, ou la contre-attaque.

Mais l'émotion la plus importante est aux yeux de Darwin l'amour maternel : « *No emotion is stronger than maternal love...* » (Darwin 1899) et celui-ci doit convenir qu'en son temps cette émotion, contrairement à l'amour homme femme, peut ne pas émettre de signes distinctifs comme un rythme cardiaque plus intense... A contrario, la colère d'une mère à qui on a blessé volontairement son enfant, montre de nombreux signes distinctifs (Darwin 1899).

La théorie évolutionniste traite aussi des stimuli sonores, comme activateurs de nos émotions, ainsi qu'aux expressions sonores des émotions. Ces travaux sont intéressants au plus haut point, dans la mesure où ils peuvent définir des pistes claires dans la stimulation des émotions. La modulation des sons de la voix est l'expression d'une émotion chez les hommes comme chez la plupart des animaux (Darwin). Il y a un lien entre le son exprimé musicalement et l'émotion ainsi créée ou définie (Darwin). Ainsi, notre sensibilité à la musique se ferait par mimétisme avec le son produit par les êtres humains lors d'émotions diverses. Une série de sons créent une mélodie qui définit ou qui crée une émotion (Darwin). Ces mêmes sons utilisés dans un arrangement d'échelle différent produiront d'autres effets

émotionnels. Darwin suggère que les changements mécaniques de vibration du larynx, d'une gamme à une autre pourrait créer plus ou moins de plaisir. Il en serait de même pour une séquence de sons. Darwin note aussi des différences dans la production de cris inducteurs d'émotions : le cri doit porter loin pour prévenir d'un danger, celui qui terrorise doit être distordant et déplaisant ! (Darwin). Les théories de Darwin à ce sujet sont largement basées sur l'ouvrage de Helmholtz « théorie physiologique de la musique » (Helmholtz 1868).

Darwin s'intéresse aux expressions faciales mais aussi aux postures que notre corps et celui des animaux adopte lors d'une charge émotionnelle. Il montre comment ces expressions sont issues de l'évolution et du caractère socialement ostentatoire de nos émotions. L'érection des poils (ou des plumes) du corps correspond généralement à une peur profonde, et semble être l'occasion de donner à un ennemi potentiel (Darwin) une apparence plus volumineuse de son propre corps. (Darwin). La colère ou la peur provoquent la contraction instantanée de petits muscles appelés arrectores pili, qui sont attachés aux poils, aux cheveux ou aux plumes des oiseaux (Darwin). Darwin fait la preuve que de nombreuses expressions sont issues de mouvements initialement volontaires, devenus réflexifs par habitudes (Darwin).

Ainsi, les émotions sont parfois stimulées dans le but de préparer les muscles du corps à une contraction instantanée et violente, sans quoi il risquerait la rupture. Les travaux de Darwin ont ouvert la voie à de nombreuses théories modernes des émotions. En particulier, les travaux de P. Ekman sont fondés sur les observations de Darwin, mais aussi ceux de Russell dans la théorie dimensionnelle des émotions.

1.3 Proposition de catégorisation

1.3.1 Classification catégorielle

Les évolutionnistes cherchaient à créer une classification des émotions, ils proposèrent de les diviser en deux parties : innées ou héritées. Darwin suggérait que les émotions de peur et de fureur devaient être devenues innées car elles étaient aussi présentes chez nos ancêtres et s'exprimaient de la même façon chez de nombreux animaux. D'autres émotions comme le chagrin, l'anxiété, l'empathie ou la compassion doivent être plus proches de notre condition humaine, plus assimilées à nos rythmes et à nos habitus sociologiques. Cependant cette classification ne convenait pas totalement à Darwin qui imaginait, sans pouvoir le démontrer,

que d'autres catégories puissent exister. Il faudra attendre une centaine d'années et le chercheur P. Ekman, pour que de nouvelles propositions de classifications voient le jour.

Paul Ekman travaille souvent en se référant aux travaux de Darwin. Il tente de définir lors d'expériences internationales, qui ont lieu notamment aux Etats Unis et en Papouasie Nouvelle-Guinée, quelles sont les expressions des émotions communes à tous les peuples (Ekman). Il en définit cinq : la tristesse, la colère, le dégoût, la joie, la peur. Il y ajoute la surprise, bien que cette émotion soit proche de la peur et que d'autres chercheurs ne la classent pas dans les émotions innées dites primaires (Johnson-Laird and Oatley 1992).



Figure 5 Les six émotions de base définies par P. Ekman. © Owl Books (NY).

Paul Ekman propose une distinction spécifique des émotions. Lors de ses travaux de recherche, il met en évidence le caractère universel des manifestations des émotions primaires (spécifiquement celles du visage) et d'un autre côté des mouvements émotionnels plus culturels qu'il nommera les emblèmes et les illustreurs, se rapprochant ainsi des théories des constructivistes sociaux que nous définirons ultérieurement (Ekman 2003). Les emblèmes sont des mouvements corporels de négation ou d'acceptation, ils remplacent des mots dans la conversation, les exemples les plus simples sont l'acceptation par un mouvement de tête de haut en bas, ou la négation par le balancement de l'index de la main, de gauche à droite. Les illustreurs sont en lien avec le flux du discours, ils le ponctuent, mais ils peuvent aussi être

présents pour le remplacer quand les mots manquent, comme le haussement d'épaules.

Ekman précise que même l'expression des émotions primaires peut parfois être modifiée par des règles sociales, ainsi lors d'un décès la tristesse peut parfois s'afficher d'une manière hiérarchisée en fonction de la hiérarchie dans la proximité avec un défunt. Ces manifestations qui peuvent modifier l'expression d'émotions primaires sont appelées par Ekman des « règles d'expression ».

De nombreuses autres classifications des émotions existent, ainsi une autre théorie implique l'existence de huit émotions primaires : la surprise, l'intérêt, la joie, la fureur, la peur, le dégoût, la honte et l'angoisse (Carroll E Izard 1993, Tomkins 1995).

D'autres chercheurs, comme Robert Plutchik et Nico Fridja, pensent que les émotions ne doivent pas seulement être catégorisées par les expressions du visage mais aussi par les autres expressions du corps (c'est précisément par des expressions corporelles que s'expriment d'ailleurs les émotions de nombreux animaux) (Fridja, Manstead et al. 2000). Plutchik ajoute donc à la liste des émotions de Paul Ekman, les émotions d'acceptation, et l'anticipation.

Izard et Plutchik pensent que la combinaison d'émotions primaires génère d'autres émotions qu'ils appellent émotions dérivées. Ces émotions dérivées combinées sont purement de leur point de vue des opérations cognitives (Plutchik 1980). Par opposition à celles-ci, les émotions primaires réflexives sont donc issues d'une partie non pensante du système nerveux central. Les émotions dérivées sont de ce fait plus des émotions sociales quand les primaires traitent du domaine de la survie dans l'immédiateté.

Plutchik propose une théorie psycho évolutionnaire des émotions fondamentales de base, elle est basée sur dix postulats :

- Le concept d'émotion est applicable à tous les niveaux de l'évolution, et appliqué à tous les animaux, y compris les humains ;
- Les émotions évoluent et ont pris différentes formes d'expressions selon les espèces ;
- Les émotions ont un rôle adaptatif pour aider l'organisme à survivre en fonction de l'environnement ;
- Même si les émotions prennent différentes formes selon les espèces, il existe

des similitudes dans leur forme d'expression ;

- Il y a un petit nombre d'émotions dites primaires ; toutes les autres émotions sont des mélanges de différents états émotionnels, elles proviennent de la combinaison d'émotions primaires ;
- Les émotions primaires ont des états qu'il est possible de mettre en évidence par de nombreuses preuves ;
- Les émotions primaires peuvent être conceptualisées par pair opposable de manière polaire (ce principe, fait écho au principe de thèse-antithèse des émotions de Darwin) ;
- Toutes les émotions varient dans leur degré de similarité avec une autre qui lui est opposée ;
- Chaque émotion existe dans des degrés d'intensité différents, ou des niveaux d'activation différents.

Plutchik propose un schéma de classification des émotions en trois Dyades (Plutchik 1980) : primaires, secondaires et tertiaires. Dans la première Dyade⁵ les émotions ne sont pas combinées, dans la seconde Dyade, les émotions combinées sont adjacentes : joie plus anticipation sont égales à l'optimisme, dans la troisième ce sont des niveaux émotionnels issues de la seconde Dyade qui vont créer le même résultat combinatoire, ainsi l'intérêt issu de l'anticipation, s'il est combiné à la sérénité, issue de la joie produira aussi l'optimisme. Toutes les émotions primaires décrites par Plutchik trouvent dans ce schéma appelé aussi « la roue des émotions de Plutchik » un primaire opposé : La joie est ainsi opposée à la tristesse, la peur à la colère, l'anticipation à la surprise.

⁵ (*Philosophie*) réunion de deux principes opposés et complémentaires.

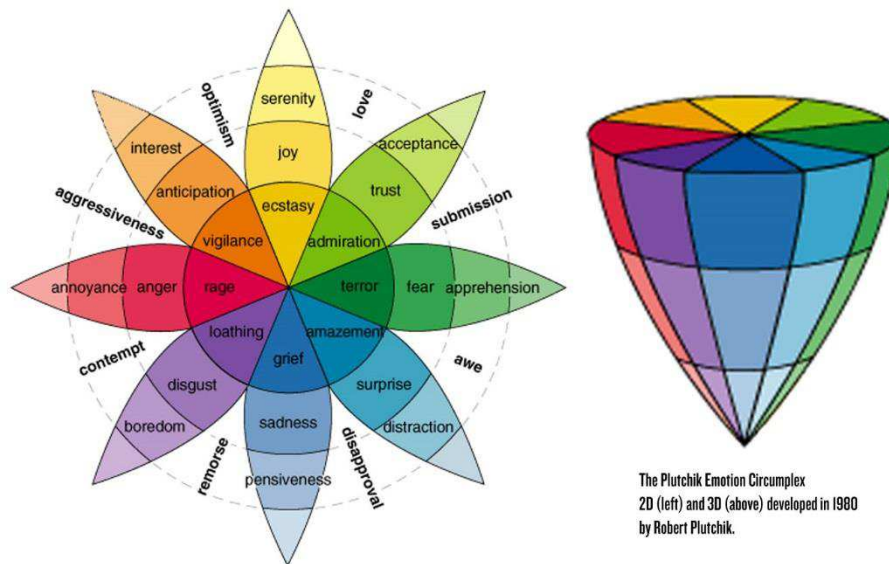


Figure 6 les Théorie des émotions primaires et dérivées de Plutchik. Domaine public.

Cette théorie est reprise par Lazarus qui imagine que certaines émotions combinées de manière cognitive sont propres à l'espèce humaine (comme celle de la honte, de l'orgueil, ou de la gratitude) (Smith 1985, Lazarus 1999).

1.3.2 Classification dimensionnelle

En 1980, Russel introduit un modèle graphique de l'émotion, qui conserve les six émotions de base initiées par Ekman. Le modèle est composé en son centre d'un point neutre, à l'extrême droite sont définies les émotions plaisantes, à la gauche les déplaisantes, enfin en haut les émotions sont activées en état d'excitation de vigilance et dans le bas du modèle elles sont inactives (Modèle dimensionnelle des émotions de Russell). Nous trouverons donc par exemple dans le bas de ce tableau, la tristesse : émotion peu active et déplaisante et à son opposé à droite, l'endormissement. (Russell). Ce modèle est issu de l'approche « Circumplex de l'affect », qui propose que tous les états affectifs découlent de deux systèmes neurophysiologiques fondamentaux. Le premier est celui de la valence (plaisir – déplaisir) et le second à l'excitation ou la vigilance. Chaque émotion est comprise dans une combinaison linéaire de ces deux états.

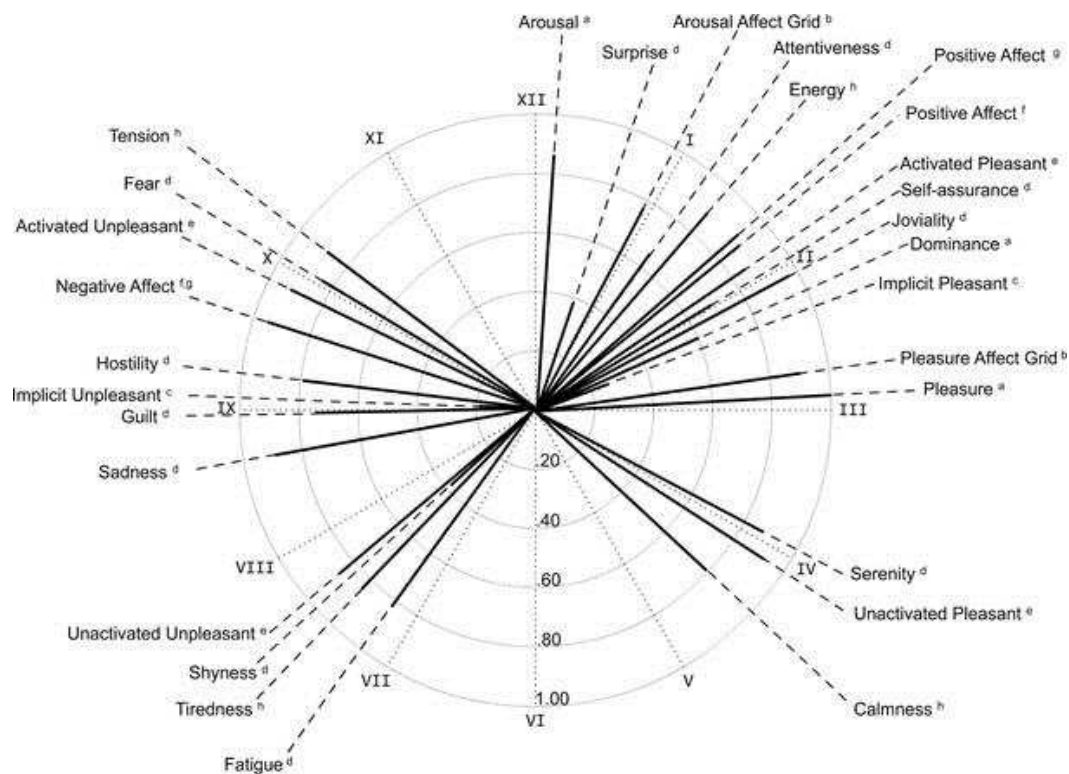


Figure 7 Modèle dimensionnelle des émotions de Russell. © Yik, M., Russell, J. A., & Steiger, J. H. (2011). A 12-point circumplex structure of core affect. *Emotion* 11(4), 705–731.

Ce modèle des émotions est très utilisé dans la littérature et il a l'avantage d'être ouvert, de laisser la place aux émotions mixtes, qu'elles soient définissables ou non. Toutefois, il a de nombreuses fois évolué depuis 1980 et ses auteurs ont fait de nouvelles propositions pour ouvrir davantage vers un modèle tridimensionnel des émotions (Larsen and Diener 1992, Watson, Wiese et al. 1999, Russell 2003). Dans ces modèles, tous les états affectifs et émotionnels naissent de la combinaison des systèmes neurophysiologiques. Dans des travaux récents, Jonathan Posner et James Russell ont montré les limites des modèles de catégorisation des émotions fondamentales de base et plaident pour une plus grande utilisation du modèle « circumplex » de Russell dans la psychiatrie (Posner, Russell et al. 2005).

1.4 Les différentes théories des émotions

1.4.1 La théorie physiologiste périphérique & réflexive

William James développa un modèle simple des émotions selon lequel « *chaque émotion (...) a pour cause un processus physiologique que nous avons appris à connaître, le*

réflexe que déclenche l'excitation venue de l'objet » (James 1884). Pour W. James, les émotions sont des réflexes physiologiques égaux à ceux déclenchés par l'action d'un marteau sur un genou. Ainsi les émotions sont du domaine de la physiologie plus que de celui de la philosophie, James ne reconnaît pas ainsi le rôle central du cerveau dans le processus émotionnel.

Il montre dans son ouvrage *« la théorie de l'émotion »* en quoi les instincts sont proches des réactions émotionnelles (James 1884). Il montre par certains aspects une approche cognitive, ou comment des éléments déclencheurs d'émotions (qu'il nomme « objets ») peuvent être différents d'éléments strictement physiques. Ainsi une émotion, un rire, peut être produit par l'observation d'une situation cocasse, ou simplement par sa remémoration... La mémoire joue donc parfois un rôle important dans le déclenchement d'une émotion, au même titre que les instincts (Darwin).

W. James met en cause le système vasomoteur composé des muscles et de leurs nerfs, dans l'apparition des effets observables de la tristesse (James). Il définit les émotions comme idiosyncrasiques⁶, comme Darwin l'avait montré avant lui, mais pour James les objets émotionnels le sont aussi. Il admet que les études descriptives ont aussi montré que de grandes tendances sont cependant distinguables, mais James se refuse à une catégorisation des émotions. De la même façon il se plaint du volume des études descriptives réalisées jusqu'alors et *« ne voit pas plus d'intérêt à la lecture de ce genre d'ouvrages qu'à la lecture de description prolixe de la forme des rochers du New Hampshire »*. Nous verrons par la suite que ce rejet systématique semble aussi une limitation à sa propre réflexion.

William James cherche à définir un cheminement logique des émotions, plutôt que de s'employer à les décrire. De son point de vue les émotions ont une origine physiologique, il se réfère aux travaux de Lange (1885) sur la théorie de leur constitution et de leur conditionnement, tout en précisant qu'il avait lui-même initié cette théorie en 1884 dans un article du *Mind* (James 1884).

Jusqu'à l'écriture de son ouvrage, il était établi que le schéma des émotions était celui-ci : la perception mentale d'un fait, produit l'affection mentale appelée émotion, (James) ce dernier état d'esprit donne naissance à l'expression de l'émotion corporelle. La théorie de W. James définit que *« les changements corporels suivent immédiatement la perception du fait existant, et que le sentiment que nous avons de ces changements à mesure qu'ils se produisent*

⁶ L'**idiosyncrasie** est le comportement particulier, voire atypique, d'un individu face aux influences de divers agents extérieurs.

c'est l'émotion ». W. James explique que sa théorie se fonde sur notre incapacité à gérer nos émotions (James). Ainsi, si nos émotions étaient véritablement le fruit d'une logique cognitive (objet déclencheur, cognition et réflexion générant une émotion puis déclenchement des aspects physiologiques de celle-ci), nous pourrions « *voir un ours et trouver à propos de nous enfuir...* ». Ou encore « *recevoir une insulte et juger bon de frapper* ». W. James exprime ici le fait que nos émotions ne sont pas issues d'une réflexion intelligente et consciente, mais que de nombreuses expressions de nos émotions sont réflexives, pour lui la question principale reste de savoir si l'émotion déclenche l'expression physiologique de celle-ci ou si les réactions physiologiques réflexives de survie conduisent à la prise de conscience des émotions. J. LeDoux reprendra en partie un siècle plus tard les questionnements de W. James pour fonder sa théorie sur le double trajet des informations nerveuses dans le cerveau et du traitement simultané des informations par le cortex cérébral et par l'amygdale du cerveau. James pose la question qui semble fondamentale : que reste-t-il d'une émotion si l'on en retire les sensations et les agitations viscérales ? Peut-on imaginer la colère sans ses effets de bouillonnements intérieurs, de coloration du visage... Pour W. James, si l'on retirait toutes les manifestations physiques d'une émotion, il ne subsisterait que le jugement intellectuel déchargé de toute passion.

Pour appuyer sa théorie W. James utilise de nombreuses fois la métaphore entre émotion et réflexe, les émotions ne sont pour lui que le fruit d'une mécanique physiologique (James). Cependant il mentionne que dans le cas de pathologies qu'il décrit comme « *de presque total état végétatif* » (qui seraient en fait décrites comme des pathologies tétraplégiques aujourd'hui), il est rapporté à l'époque que plusieurs témoins ont observé que des patients avaient traduit plusieurs émotions, ce qui ne plaide pas en faveur de la thèse de William James. Il concède d'ailleurs que ces cas cliniques n'ont pas été pris en compte dans les recherches psychologiques et qu'ils devront l'être dans le futur.

De même, l'examen des objections menées par James dans son ouvrage est à remettre dans le contexte relativement pauvre de la science neurobiologique de l'époque. Il est évident pour le lecteur actuel que ces objections ne soutiennent pas sa théorie et s'expliquent par la science cognitive et neuronale. James n'explique pas ce qu'il appelle des « *cas d'aliénation mentale* » par la cause de chocs mnésiques ou psychologique, qui font le terrain de jeu de la psychanalyse moderne : pour lui tout est question de réactions physiologiques réflexives, il n'y a pas de causalité entre l'environnement et les réactions de l'individu à celui-ci, et nos émotions ou pathologies psychologiques. Pour lui tout est question de réactions réflexives du

corps qui produisent une prise de conscience émotionnelle.

Dans sa théorie de l'émotion, James explique que laisser libre cours à ses passions, ses émotions, c'est les augmenter proportionnellement, a contrario se donner un laps de temps en comptant par exemple jusqu'à dix avant de laisser libre cours à sa colère, permet de définir le sujet même de cette colère comme ridicule et sans intérêt. Ces concepts de gestion des émotions rejoindront, nous le verrons plus tard, ceux de Daniel Goleman sur ses principes de développement de l'intelligence émotionnelle. L'ensemble des émotions naissent de ce que W. James appelle un courant, ou flux nerveux, qui parcourt le corps les muscles, les organes de cellule en cellule (James) ceci après activation par un objet (vecteur émotionnel). Ainsi les courants contraints dans le corps augmenteraient l'activité cérébrale et la pensée, ce qui pourrait expliquer pour James les accidents cérébraux (James).

W. James fait une distinction entre ce qu'il définit comme les émotions délicates et les émotions grossières. Les émotions délicates seraient celles qui sont suscitées par l'objet de beauté (James), musique, peinture, littérature..., les émotions grossières étant celles de la peur de la colère ou du dégoût. Cette distinction rejoint la classification des émotions primaires, secondaires et tertiaires décrit par Plutchik, à ceci près que les émotions « délicates » de W. James correspondraient à des émotions sociales mixtes et que la joie produite par l'objet du beau reste une émotion « primaire ».

Malgré la mise en place de sa théorie physiologiste périphérique, W. James admet que l'avenir de la biologie neurologique lui donnera raison ou tort (James). Il précise aussi que c'est sur le chemin des courants réflexes cognitifs qu'il faut de son point de vue travailler davantage. Il est important dit-il de définir le rôle des centres nerveux locaux et leur fonctionnement en liaison avec le système nerveux central (James), et explique les phénomènes d'émoussement, de diminution des émotions devant la répétition d'un même « objet », par la capacité adaptative à l'économie des voies nerveuses par lesquelles nos sensations et nos émotions se déchargent. Ainsi plus un « objet peur » crée un nombre de séries importantes et plus la connaissance de l'« objet » augmente et devient riche. Ces constats auraient sans doute dû éclairer James sur les limitations de sa comparaison avec le modèle réflexif. En effet le test du marteau réflexe sur le genou ne voit pas ses effets réflexifs musculaires diminuer en fonction de la répétition de son application. Nombre de ces constats sont effectivement devenus pertinents au regard de la biologie moderne, mais la base de la

théorie de James, même si elle met en évidence la possible activation des émotions par une écoute du SNA (Système Nerveux Autonome⁷), sera rapidement contestée par de nombreux chercheurs.

De plus, W. James renvoie de nombreuses fois dans son ouvrage « *La théorie de l'émotion*⁸ » aux articles et théories de C. Darwin sur l'expression des émotions, comme celle de l'antithèse. Pour James cette théorie est imparfaite et ne donne nullement de piste de causalité. Ces remarques de W. James ne semblent pratiquées que dans le but de jeter le doute sur les anciennes théories évolutionnistes pour mieux positionner la sienne. Se référant aux travaux des professeurs Mosso et Bain, il pratique presque l'ironie pour désigner les caractéristiques morbides de la peur émotionnelle comme tellement imparfaites que ne pouvant être que le fruit d'une connexion nerveuse périphérique sans lien avec une quelconque évolution du système nerveux central (James). Remarquons que dans de nombreux cas, la paralysie de terreur survient quand la fuite n'est plus possible et que la meilleure tactique de défense reste le camouflage dans la rigidité la plus totale, ou l'apparence de la mort qui lasse le prédateur dans un contexte hostile.

Ainsi la théorie de James sera rapidement décriée, notamment par Walter Cannon et Philip Bard, soutenant la théorie physiologiste centrale des émotions. Mais la théorie de W. James aura eu le mérite de mettre en évidence le fait que l'information ne suive pas qu'un seul chemin dans le système nerveux central, ce que les travaux de Joseph LeDoux (LeDoux 1999) et Antonio Damasio (Damasio) mettront plus tard en évidence.

D'un point de vue physiologique William James optait pour un rôle majeur des cortex frontaux moteur et arrière, sensitifs dans les émotions. Hors les travaux de nombreux chercheurs montreront dès la moitié du XXème siècle que ces cortex ne sont pas toujours sollicités dans l'activation émotionnelle (Boring 1950). Notons que William James nous éclaire aussi sur les capacités de modifier un état émotionnel psychologique par l'adaptation d'une attitude, d'une posture, physiologique...

⁷ Le SNA Système Nerveux Autonome décrit par Langley en 1903 est la partie du système nerveux responsable des fonctions automatiques, il contrôle les muscles lisses, les muscles cardiaques les glandes exocrines et certaines glandes endocrines. On l'appelle aussi SNV ou Système Nerveux Viscéral depuis 1997.

⁸ **La théorie de l'émotion** : William James, Edition : BookSurge Publishing 2001, ISBN-10 : 0543876705

1.4.2 La théorie comportementale, behavioriste & culturaliste

En 1913 un article intitulé « La psychologie telle qu'un behavioriste la voit » écrit par John Watson, scelle l'acte de naissance du mouvement behavioriste. Il est centré sur l'environnement, et non la réponse de l'individu, qui est considérée comme une boîte noire, une donnée inconnue sur laquelle on ne peut pas compter. La théorie de Pavlov (stimulus, sensation, réaction conditionnée) s'impose à ce courant de pensée. C'est en faisant des expériences sur les fonctions gastrique des chiens et notamment celle de la glande salivaire, que Ivan Pavlov découvrit ce qu'il définira comme les « réflexes conditionnels » et les réflexes inconditionnel » (Pavlov 1963). Cette découverte eut une grande influence sur tout le courant psychologique behavioriste en tant que forme d'apprentissage.

Dans leurs principes, les behavioristes radicaux rejettent toute référence aux entités métaphysiques, comme l'âme ou l'esprit, mais aussi la conscience, ceci implique le fait de refuser l'observation des états mentaux comme des faits. Les behavioristes ridiculisent ceux qui osent parler d'esprit ou de conscience, ils qualifient de manière péjorative les états mentaux de « Ghost in the machine », pour eux seuls les comportements observables et mesurables ont droit d'être cités. Tout ce qui se rapporte à la pensée, au conscient et à l'inconscient, n'a pas de valeur.

Ce courant alternatif de l'observation des émotions rencontra un fort succès. A la théorie de Pavlov, BF Skinner (comportementaliste radical) rajoute la conséquence (positive ou négative) racine des futures appraisals⁹ et qui permettra de développer la culture cognitivo-comportementaliste en psychiatrie (Seligman 1975, Wolpe 1977, Beck, Rush et al. 1987, Ellis 1991).

Ainsi dans la majorité des cas, une entrée sensorielle, un stimulus, entre dans la « boîte noire » et produit une réponse comportementale. C'est sur la base de cette réflexion que Pavlov produira de nombreuses expérimentations de conditionnement, utilisés parfois par l'armée rouge pendant la seconde guerre mondiale.

Le conditionnement émotionnel est particulièrement efficace dans le cas de l'émotion de peur (LeDoux 1999). Au début du XXème siècle, Ivan Pavlov avait remarqué que ses chiens commençaient à saliver au son d'une cloche, qu'ils avaient déjà entendu au moment de

⁹ Théorie de l'évaluation des émotions.

copieux repas antérieurs. Pavlov mit en évidence que le son de la cloche qu'il nomma le Stimulus Conditionnel SC et la viande dans la gueule des chiens le Stimulus Inconditionnel SI produisaient une réponse conditionnée RC au son. Dans ce cas, le son de la cloche est conditionné par son association à la viande pour déclencher la salivation (Pavlov 1997). Joseph Ledoux rapproche les SC et les SI respectivement aux déclencheurs appris et aux déclencheurs naturels décrits par Darwin (LeDoux 2005). Le conditionnement émotionnel peut être très rapide, surtout dans le cas de la peur, il est aussi durable. Toutefois une exposition prolongée au SC sans que le SI n'intervienne élimine le RC. Pavlov a montré cependant qu'une réponse conditionnée pouvait sembler complètement éteinte et se réveiller subitement un jour, c'est ce qu'il nomme le « recouvrement spontané » (Pavlov 1997). Ce phénomène laisse supposer qu'une stimulation répétée au SC sans mise en scène du SI endort la RC plus qu'elle ne le fait disparaître, et que la mémoire de l'association du SC et du SI reste intacte dans notre système nerveux central.

Les cognitivistes supposent que, dans le cas de l'homme, les SC sont directement connectés avec la RC et que dans ce cas le stress (ou la peur) induit par le SC est plus cognitif que réflexif. Comme James et Pavlov, Ledoux estime pour sa part qu'il n'est pas nécessaire d'être conscient pour que le SC entraîne la RC (LeDoux 1999). Ledoux précise qu'un son simple est un SC plus efficace qu'une phrase entière qui devra être traité par le cerveau cognitif.

1.4.3 La théorie physiologiste centrale

Walter Cannon et Philip Bard mettent le système nerveux central au centre de nos émotions : ils prouvent lors de nombreuses expériences que le chemin des émotions est toujours celui du système nerveux central (Cannon 1923, Cannon 1929). Ces nouvelles théories mettent à terre la théorie physiologiste périphérique et permettent de nombreuses avancées en psychiatrie. Walter Cannon écrit à cette occasion un article au titre très évocateur : *The James Lange theory of emotion: a critical examination and an alternative theory* (Cannon)

Walter Cannon développe une théorie émotionnelle qu'il appelle « la réaction d'urgence » (Cannon 1929). Dans ses recherches sur les réactions fonctionnelles qui

accompagnent la faim et les émotions intenses, il développe la théorie selon laquelle une réaction d'urgence est une réponse physiologique qui accompagne un état dans lequel une énergie physique doit être mise en œuvre. Dans son approche, le SNA (Système Nerveux Central) cherche à mobiliser le flux sanguin dans les parties du corps les plus à même à répondre à une agression de l'environnement externe, délaissant les organes moins importants. Pour Cannon, les réponses physiologiques sont souvent les mêmes quelles que soient les émotions éprouvées. En ce sens, la théorie de W. James ne pouvait être la bonne puisque pour lui les émotions ne sont que le sentiment produit par la prise de conscience de nos réponses physiologiques prédéfinies pour une situation externe.

Les travaux de Walter Cannon et de Philippe Bard ont été élaborés sur les bases de nombreuses expériences réalisées sur des animaux, qui ont aussi mis en évidence le rôle majeur du thalamus et de l'hypothalamus dans les émotions. En procédant à des sections systématiques sur des cerveaux d'animaux vivants et en stimulant leurs réactions émotionnelles, les deux chercheurs montrent comment le thalamus distribue les informations vers les différents cortex qui lui sont associés. Ils pensent en revanche qu'un lien direct existe entre le thalamus et l'hypothalamus, ce que les recherches physiologiques plus récentes démentiront, en mettant en évidence le rôle de l'amygdale dans ce lien (LeDoux 2005). Leurs travaux montraient que même après une ablation de presque la totalité des cortex cérébraux l'expression des émotions existait toujours, en ce sens la théorie de la rétro activité stimulant les cortex de William James était fausse. Cependant W. Cannon et P. Bard n'excluent pas que les régions corticales puissent aussi intervenir dans les émotions (Bard 1929, Cannon 1929).

Après que les philosophes et les dogmes théologiques ont rejeté pendant de nombreux siècles les passions et les émotions comme le côté obscur bestial, réflexif et non raisonné de notre esprit, et qu'ils les aient surtout opposées à la raison, le 19^{ème} siècle avec Darwin aura permis de donner un souffle nouveau et passionné sur ce qui définit l'humain, sa capacité émotionnelle. Ainsi les caractères innés, hérités, réflexifs et universels furent mis rapidement en évidence. Plusieurs méthodes de catégorisations se succédèrent, des listes de Darwin à Tomkins et Ekman jusqu'aux schémas proposés par Plutchik puis Russell, qui reste le plus utilisé aujourd'hui de par son ouverture dimensionnelle et sa capacité à prendre en compte le caractère intangible des émotions.

Si le rôle important du Système Nerveux Central a été assez récemment confirmé, la question de qui du cerveau ou du corps perçoit en premier les stimuli externes et produit une réaction appropriée a longtemps été débattue par les défenseurs de la théorie physiologiste réflexive de James (théorie selon laquelle les aspects mentaux des émotions sont les esclaves de la physiologie), puis par ceux des théories comportementalistes comme Watson ou Pavlov, enfin par les défenseurs de la théorie physiologiste centrale de Cannon et Bard. Nous verrons dans les prochaines parties, que c'est grâce aux technologies modernes de visualisation, qui utilisent pour la plupart des reconstructions numériques issues de rayons X (artériographie, tomодensitométrie, scanographie) et de l'étude de la biologie, que les mécanismes psychologiques et physiologiques que ces premières théories avaient mis en lumière ont été expliqués, ou, sont en passe de l'être.

1.4.4 Les sciences cognitives

Avec le développement de l'informatique dans les années 1960, de nombreux psychologues et philosophes voient des similitudes entre la façon dont les ordinateurs traitent l'information et le raisonnement du cerveau humain. Il est né de cette période une vision métaphorique du fonctionnement du système nerveux central et de celui de l'informatique et des processeurs. Les personnes qui partageaient l'idée que la raison humaine est fondée sur un système de traitement de l'information identique à ceux de l'informatique se nommèrent cognitivistes. Dans son ouvrage « *le cerveau des émotions*¹⁰ », Joseph Ledoux souligne que les scientifiques de la cognition rejettent sous la bannière du fonctionnalisme, le matériel qui génère les états émotionnels. Ils considèrent le fonctionnement de l'esprit plus comme celui d'une machine méthodique et inconsciente bien éloigné de l'esprit de la raison décrit par Descartes.

Pour employer une nouvelle métaphore, nous pourrions dire que si la science behavioriste était en un sens analogique, celle de la cognition est numérique et logicielle, la première étudie les signaux et leur expressions émotionnelles, en imaginant une machinerie simple de contacteur on/off, et la seconde mise tout sur le fonctionnement interne et le traitement de l'information par le cerveau. Ces deux courants théoriques étant par essence opposés, les recherches semblent parfois empruntées de sectarisme et pourraient sembler

¹⁰ **Le cerveau des émotions** : Joseph Ledoux, Edition : Odile Jacob 2005, ISBN-10 : 2738116337

manquer d'ouverture. Elles permettront toutefois de faire avancer la science des émotions.

La plupart des cognitivistes pensent que les émotions ne font pas partie des sciences cognitives : pour eux les émotions ne sont jamais ou pratiquement jamais issues d'un raisonnement du néocortex mais presque exclusivement du système limbique du cerveau. Jerry Fodor décrit les émotions comme des états qui ne relèvent pas des explications cognitives mais juste d'états mentaux (Fodor 1975). Barbara Von Eckardt précise que « *la plupart des cognitivistes ne considèrent pas les émotions comme faisant partie de leur discipline* » (Von Eckardt 1996).

Or de nombreux chercheurs ont parallèlement montré que l'esprit cognitif pouvait dans des situations simples de jugement être tout à fait illogique contrairement à ce qui pourrait être attendu (Johnson-Laird and Oatley 1992). Pour J. Lair, les gens sont logiques et rationnels parce qu'ils utilisent des modèles mentaux tirés de situations imaginées ou d'expériences antérieures. Si l'esprit cognitif (celui qui pense et qui réfléchit) peut être irrationnel quand nous l'attendons rigoureux et pragmatique, les émotions (que les cognitivistes pensent dirigées par les instincts) peuvent être elles aussi rationnelles. Comment pourrions-nous expliquer la survie de notre espèce, l'animal de loin le plus émotionnel, si ce n'est parce que nos émotions, mêmes si elles semblent souvent dénuées de sens, sont finalement logiques et permettent aux hommes de poursuivre leur évolutions ... Darwin montre que les émotions naissent des expériences de l'espèce, les évolutionnistes comme John Tobby et Leda Cosmides confirment que c'est bien l'histoire du passé de l'espèce qui explique en partie les émotions de celle-ci. Les émotions participent donc bien à des principes de choix rationnels permettant la survie de l'espèce.

Stanley Schachter et Jérôme Singer (S. Schachter 1962) mettent l'environnement au cœur de nos émotions et imaginent une théorie, celle de l'éveil cognitif, selon laquelle nos émotions sont issues de la conjonction de l'état de notre système cognitif et de l'environnement dans lequel nous évoluons. Ils peuvent être considérés comme des cognitivistes de contextualisation. Dans leur théorie, la réponse physiologique émotionnelle est toujours la même dans les premiers moments de cette réponse, puis c'est le contexte qui va déterminer le type de l'émotion. Leurs travaux s'inscrivent comme une suite logique du débat entre W. James et W. Cannon. Comme James, leur point de vue est celui d'une rétroaction des affects physiologiques qui produit les sentiments. Mais ils pensent aussi que ces rétroactions

ne sont pas assez spécifiques pour déterminer la nature précise des émotions, aussi en intégrant les nouvelles théories cognitivistes, ils imaginent que le néocortex contextualise d'une manière rationnelle les informations livrées par la rétroaction physiologique en fonction du contexte environnemental et social correspondant à l'activation émotionnelle. Pour tester leur hypothèse, Schachter et Singer injectent de l'adrénaline (un puissant déclencheur d'alerte physiologique) à des sujets soumis à la visualisation de situations agréables, désagréables ou neutres. De fait des émotions étaient bien produites par une combinaison d'une alerte hormonale et d'une exposition à un contexte social. La tentation est grande alors pour les cognitivistes de conclure à une génération quasi systématique des émotions par l'interprétation cognitive de situations.

L'autre approche des constructivistes sociaux est sans doute la théorie la plus éloignée de la biologie des émotions. Ces chercheurs pensent que les émotions sont le fruit des interactions des êtres humains avec la société, et non de la biologie (Harré 1986) (Averill 1980).

Si la science cognitive peut expliquer comment l'esprit d'un étudiant peut résoudre un problème mathématique, elle ne peut pas expliquer pourquoi ce même étudiant a peur d'échouer à son examen, et pourquoi il décidera contre toute attente de ne pas se présenter à celui-ci... Comme le montre Daniel Goleman (Goleman 1995), le succès et la réussite sociale ne dépendent pas seulement du QI mais aussi du QE (Quotient Emotionnel). Les résultats de ces travaux s'expliquent par les liens physiologiques importants existants entre les bases limbiques du cerveau et les lobes cognitifs, sensoriels mais aussi réflexifs du cerveau (LeDoux 2005). Ainsi les cognitivistes rejetant l'idée d'émotions réfléchies et rationnelles, ont sans doute tirés des conclusions hâtives. Et comme le dit Joseph LeDoux « *Il est temps maintenant de remettre la cognition dans son contexte mental, de l'associer à l'émotion au sein de l'esprit* ».

La théorie de l'évaluation cognitive, les appraisals (préfaces)

Si la théorie de l'éveil cognitif explique comment le cerveau traite d'une manière rationnelle les informations de la rétroaction du corps et celles du contexte socio-environnemental, elle n'explique en rien comment nous traitons initialement les informations du danger qui vont produire par exemple les premiers effets physiologiques de la peur ou de la fuite... Pour les théoriciens de l'évaluation, il s'agit de nouveau d'une évaluation cognitive.

Une fois les grands principes physiologiques et psychologiques des émotions posés, les chercheurs ont mis en évidence des fonctions adaptatives des émotions.

Ainsi, dans la théorie de l'évaluation cognitive des appraisals il est précisé comment le cerveau traite les informations, d'une part par leur urgence, et d'autre part par leur valence (R. Lazarus 1984, Lazarus 1999). Nous avons vu précédemment que pour O'Regan, trois facteurs sont essentiels dans la composition de l'émotion : socio-culturel, biochimique, et neurologique. Klaus Scherer reprend ces principes et développe le principe des SEC's Stimulus Evaluation Checks (Scherer 1984). Selon Scherer les émotions sont le fruit d'une évaluation rapide du système cognitif sur les stimuli extérieurs ou intérieurs de l'être. Cette évaluation est appelée « appraisal » ou « préfaces » dans la traduction Française. Cette suite d'évaluation qui mène à l'activation d'une émotion et de son expression passe par deux étapes, la première est composée de trois phases d'analyse.

Dans un premier temps le cerveau évalue la nouveauté du stimulus par comparaison avec les informations stockées dans la mémoire. Dans un second temps la valence du stimulus est quantifiée, et deux réponses sont alors possibles : est-ce positif, agréable, attirant ou négatif, désagréable. Enfin, la troisième évaluation constitue une comparaison par rapport aux buts, aux objectifs de l'individu, qu'ils soient de survivre, sexuels, etc. l'individu évaluera aussi l'urgence de la réponse à apporter pour atteindre ce but.

Après ces trois phases analytiques, intervient le premier appraisal d'évaluation que l'individu interpose entre lui et l'événement perçu comme menaçant, dans le but de le tolérer ou de diminuer l'impact de celui-ci, ce processus est connu sous le nom de « *potentiel de coping* » ou de stratégie d'ajustement en français. Le potentiel de coping a été défini par Lazarus et Launier (R. Lazarus 1984) : cette stratégie d'ajustement est itérative et elle permet de réévaluer l'événement en permanence pour adapter la réponse émotionnelle, elle renvoie le processus à la première étape de l'évaluation. Par exemple prenons un marcheur en forêt, il perçoit ce qui ressemble à un serpent sur le sol, la première étape d'évaluation le fera sursauter pour s'éloigner de l'objet, une émotion de peur est activée, mais son potentiel de coping réévalue l'objet et le marcheur perçoit alors une branche, la peur diminue, faisant place à la satisfaction au bonheur d'avoir échappé à une morsure. Le concept d'appraisal est intéressant dans nos objectifs d'induction d'émotions dans le EVs, il questionne les stimuli en montrant combien l'impossibilité d'identifier un stimulus peut induire un état d'angoisse.

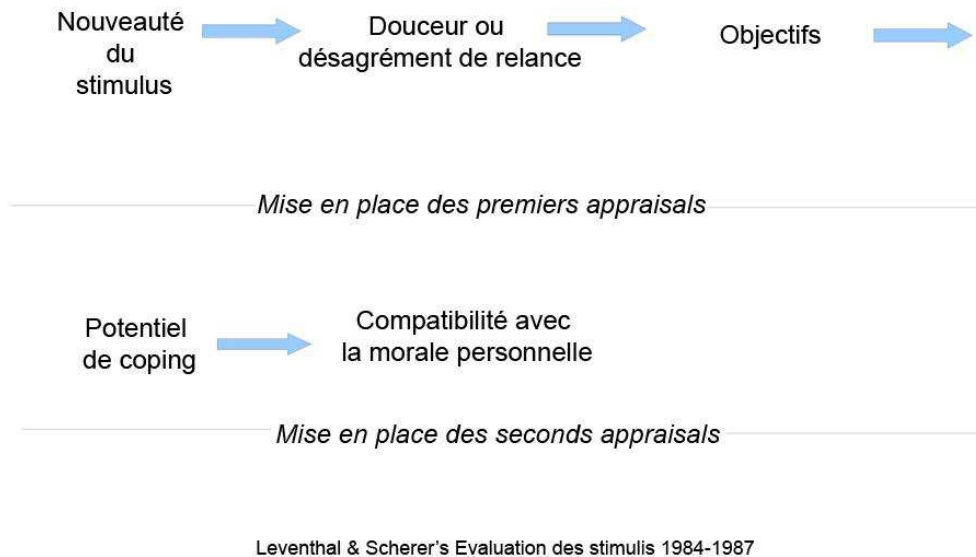


Figure 8 La régulation des émotions par les appraisals les mécanismes pré-attentifs.
© Leventhal & Scherer's.

Dans l'une de ces expérimentations, Lazarus montre à deux groupes de sujets une même scène d'excision, avec dans un cas un commentaire alarmiste, et dans l'autre un commentaire dépassionné (R. Lazarus 1984). Pour chacun des groupes il apparaît une réponse émotionnelle différente. Pour Lazarus, ceci met en évidence le caractère d'évaluation cognitive des situations par le cerveau. De son point de vue « *la cognition est une condition à la fois nécessaire et suffisante des émotions* » que celle-ci soit consciente ou non.

Robinson développe l'idée qu'un premier niveau d'évaluation existe avant le premier appraisal de Lazarus, il les nomme les mécanismes pré-attentifs (Robinson and Clore 2002) : ils détectent en permanence et simultanément l'urgence et la valence (du point de vue hédonique) des informations. Ces mécanismes pré-attentifs ressemblent aux étapes décrites par Lazarus, toutefois, dans cette hypothèse, le cerveau n'évalue pas, et ne traite pas systématiquement de manière cognitive, consciente les informations internes et externes, ainsi que les stimuli, avant de produire une réponse émotionnelle (Arnold 1960). Dans l'exemple de notre marcheur, Robinson pense que la première étape d'évaluation de la branche sur le sol est une étape inconsciente, produit par des mécanismes rapides du cerveau.

D'après d'autres études, les émotions sont influencées par les normes, les règles et les caractéristiques sociales. Ceci se produit aussi au moment des évaluations cognitives des stimuli (Frijda 1993). Frijda et Scherer, deux théoriciens de l'évaluation, ont récemment admis des limitations dans le système d'évaluation cognitive : « *les émotions pourraient bien*

résulter de processus d'évaluation, mais ceux-ci ne sont pas forcément ceux que suggèrent les comptes rendus personnels » (Frijda and Mesquita 1998). Frijda précise en ces termes que les comptes rendus sémantiques (donc issus du conscient des individus) ne peuvent sans doute pas restituer à eux seuls la totalité des processus inconscients qui sont mis en œuvre par le cerveau lors des processus d'Appraissals. Ceci est une forte remise en cause de la cognition (Jazonc 1980) dans l'ensemble des aspects émotionnels.

De nombreuses autres études et spécifiquement celle de Robert Jazonc, montrent dans des expériences se fondant sur la logique, qu'à l'opposé des thèses de contextualisation prônant l'obligation d'une cognition dans l'activation des émotions (S. Schachter 1962), les réactions émotionnelles peuvent se dérouler en l'absence de prise de conscience des stimuli. Dans une expérimentation de présentation d'idéogrammes chinois à des sujets, Jazonc montre que des choix de valences inconscients peuvent être conditionnés par le simple fait d'avoir ou non vu de manière subliminale certains de ces idéogrammes. Il en déduit que les préférences n'ont pas besoin d'inférences et qu'il n'est pas obligatoire de connaître une chose pour la préférer. La valence (le sentiment d'aimer) étant une émotion, Jazonc va jusqu'à nier globalement le rôle d'une quelconque cognition dans l'activation des émotions. Les émotions pourraient être présentes sans même que les stimuli aient été reconnus (Jazonc 1980). Les travaux de R. Gaillard montrent que même des aveugles dont le cortex visuel a été détruit (cécité cortical) est capable de catégoriser correctement la valence de l'expression d'un visage émotionnel qui lui est présenté, et ceci sans avoir même conscience de la présence de ce visage devant ses yeux (Gaillard, Del Cul et al. 2006). Ces constatations confirment que les émotions n'ont pas nécessairement besoin de cognition. Elles mèneront aussi à la théorisation d'une physiologie des émotions à deux niveaux, l'une utilisant un chemin cortical déclenchant une cognition consciente et un autre plus primitif répondant de manière réflexive et inconsciente à des stimuli parfois subliminaux, d'une manière plus rapide.

D'autres chercheurs ont essayé de montrer que les émotions primaires ne présentaient pas d'expressions universelles caractéristiques, il s'agit par exemple des travaux de cognitivistes adeptes de la théorie des évaluations, Ortony et Turner. Mais il semble que les différenciations mises en évidence dans leurs recherches soient plus de l'ordre du vocabulaire émotionnel utilisé que de l'expression des émotions elles-mêmes. Aujourd'hui de nombreuses présomptions vont vers une architecture biologique innée des émotions primaires (LeDoux

2005).

Joseph LeDoux nous éclaire de son point de vue sur les évaluations cognitives des émotions. Si, à la lumière de ses expériences, l'évaluation du stimulus est la première étape d'un épisode émotionnel (LeDoux 2005), les théories de l'évaluation sont trop centrées sur les aspects cognitifs des émotions et ne font pas la différence entre émotion et cognition.

Au regard des nombreux travaux réalisés sur la production inconsciente d'émotions dites primaires sans que le cortex cérébral et la cognition puisse en être un déterminant, et en prenant une position non réactionnaire, nous devons nous rendre à l'évidence que ce qui est émotionnel est pour l'essentiel inconscient dans le cerveau, ce n'est définitivement pas la raison qui commande les émotions, mais rien n'indique que la raison ne puisse pas avoir d'effets positifs sur les nombreuses pathologies émotionnelles.

1.5 Une approche physiologique

1.5.1 Neurosciences et psychologie physiologiste.

Si la philosophie crée généralement une discontinuité entre l'homme et l'animal, la science crée elle souvent une continuité (Jouvent 2009).

Au milieu du XXème siècle, la question de savoir quelle partie du cerveau correspond au cerveau émotionnel trouva une réponse dans la théorie du système limbique (MacLean 1949, MacLean 1952). Avant 1980, peu de nouveaux travaux sur les mécanismes cérébraux des émotions dans le cerveau avaient été entrepris (LeDoux 2005). Toutefois, eu égard aux travaux de Darwin sur l'évolution (Darwin 1859), il parut assez rapidement aux scientifiques que de grandes similitudes existaient entre le cerveau humain et celui de nombreux animaux. En stimulant des parties du cerveau avec de l'électricité, les chercheurs purent plus précisément déterminer à quoi chaque partie du SNA (Système Nerveux Autonome) était destinée (Boring 1950). Ainsi la partie frontale du cortex, qui possède de nombreuses connexions avec la moelle épinière, fut appelée cortex moteur, ces parties sont situées sur les parties supérieures de la Figure 9, entre l'arrière des lobes frontaux et l'avant des lobes pariétaux. La stimulation électrique des zones situées à l'arrière du cortex ne déclenchait aucun mouvement, mais des lésions dans ces zones affectaient la perception des yeux, des

oreilles et de la peau, rendant les animaux aveugles ou sourds. Ces aires furent appelées aires visuelles, auditives et somatosensorielles. Notons que l'ablation même presque totale des cortex cérébraux ne produisait pas toujours une inhibition des émotions. Ce qui prouvait que les cortex moteurs et sensoriels ne sont pas toujours pris en compte dans le rôle de l'expression des émotions.

Dans sa théorie des émotions, William James pensait que la rétroaction des réponses corporelles étaient prises en compte par les régions motrices et sensorielles du cerveau. Comme nous venons de le voir, les lésions de ces régions corticales n'entraînaient pas de changements sur les réponses émotionnelles, toutefois les animaux lésés de ces régions ne semblaient plus pouvoir contenir certaines de leurs émotions et ils se mettaient dans des rages sans limites provoquées par des stimuli faibles. Ceci tend à mettre en évidence le rôle de régulateur du néocortex, mais aussi comme l'ont montré les travaux de W. Cannon, du rôle de l'hypothalamus¹¹ dans ces régulations.

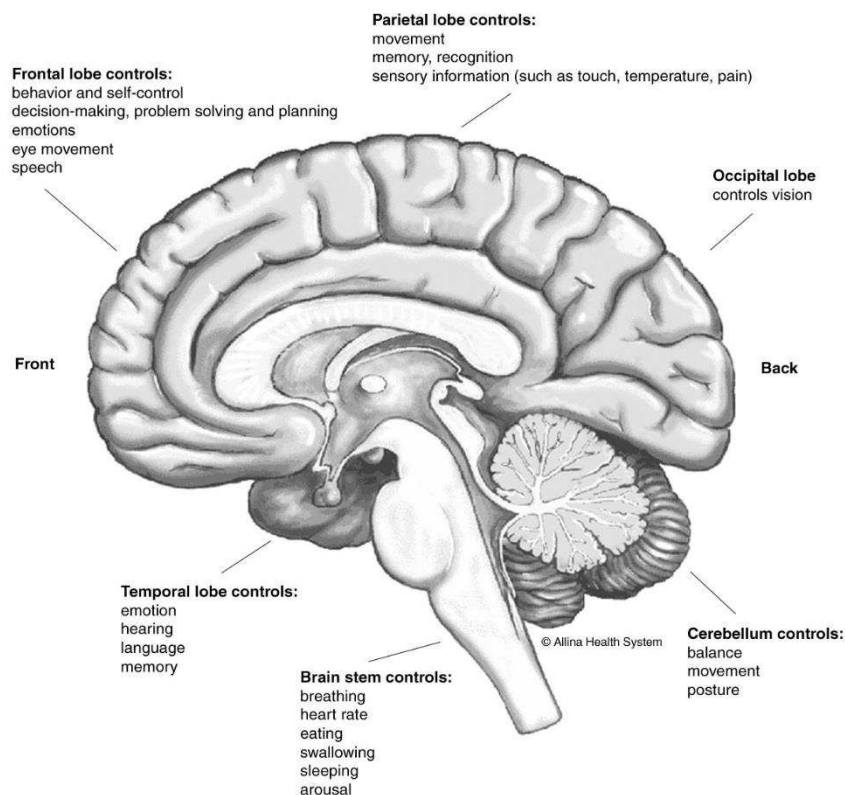


Figure 9 Anatomie simplifiée du cerveau.

© Allina Patient Education, Understanding Stroke ISBN 1-931876-13-4.

¹¹ L'hypothalamus est de la taille d'une cacahuète et est situé à la base du cerveau antérieur, sa situation très proche des aires primitives de régulation du S.N.A explique que son rôle ait été associé à la régulation de celui-ci, et donc à l'activation corporelle des émotions LeDoux, J. (1999). The Emotional Brain. London..

James Cannon et Philippe Bard ont mis en évidence les liens existant entre le thalamus, le cortex et l'hypothalamus (Bard 1929, Cannon 1929). Ils pensaient en revanche qu'un lien direct existait entre le thalamus, qui traduit les informations nerveuses en signaux compréhensibles par les cortex et le système limbique, et l'hypothalamus qui active les systèmes corporels du S.N.A (Système Nerveux Autonome). Nous verrons plus tard qu'ils ont négligé dans cette hypothèse le rôle de l'amygdale. Leur recherche montra en quoi la théorie de W. James était fausse, dans le sens où les informations du système nerveux peuvent provoquer des réactions émotionnelles même sans passer par le cortex cérébral.

Le thalamus, est lui-même divisé en plusieurs sous parties traitant les informations en fonction de leur origine : le thalamus visuel reçoit les informations des yeux et les transmet au cortex occipital ou visuel, le thalamus auditif reçoit les informations auditives et les renvoie vers le même cortex mais dans sa région du traitement des informations auditives.

La mise en évidence de ce chemin émotionnel inconscient dans le cerveau pose clairement la question de la pertinence des traitements psychologiques incluant systématiquement la catharsis. Comment pourrions-nous en effet traiter des états émotionnels anciens par l'introspection quand aucun souvenir conscient ou inconscient des événements ayant conduit à ces états, existe dans notre cerveau ? (LeDoux 1999).

Comme le dit Joseph Ledoux : nous pouvons montrer ce que les émotions ne sont pas, « *elles ne sont pas un simple recueil de pensées sur des situations, ni juste du raisonnement. Pour les comprendre il ne suffit pas de demander aux gens ce qui se passe dans leur esprit.* » (LeDoux 2005).

Le système Limbique, s'il existe...

L'idée que le siège de nos émotions soit très précisément localisé dans notre système nerveux central est ancienne. Cette idée remonte peut être à la formalisation de notre âme tel que Platon l'avait décrite dans son mythe de l'attelage ailé (Platon 370 AD). Pour expliquer les luttes internes de l'homme, il compare l'âme à un attelage : le cocher conduit le cheval blanc de la vertu, le courage et le cognitif. Et un cheval noir, la fougue, le désir et les passions. Cette vision de l'esprit s'est sans doute imposée à nous après des siècles de classicisme intellectuel, et l'idée que les émotions siègent précisément dans notre système nerveux central fait écho à l'image du char ailé de Platon.

Avant le début des années 1980 peu de travaux avaient été réalisés sur les mécanismes physiologiques des émotions, hormis les travaux de Walter Cannon et Philippe Bard qui précisèrent les fonctions du système limbique comme le siège de nos émotions. Cette théorie du système limbique a été pendant de longues années considérée comme le graal atteint des émotions, et on décrit encore aujourd'hui dans de nombreuses universités ce système comme la base essentielle du cerveau émotionnel.

Faisons maintenant un point de l'état des connaissances actuelles sur les aspects physiologiques du cerveau, et de son fonctionnement dans la mise en œuvre d'états émotionnels.

Au XIX^{ème} siècle, l'idée d'une localisation des fonctions du cerveau était très répandue, notamment sur les bases des recherches de Franz Josef Gall et de son concept de phrénologie (Gall and Spurzheim 1818). La phrénologie ne se basait sur aucune recherche pertinente en physiologie mais elle eut cependant un grand succès. Cette science issue elle-même de la « physiognomonie » et de « l'organologie » proposait que chaque forme, bosse sur le crâne des individus, correspondait à une fonction cérébrale, et que plus ces formes étaient développées et plus les fonctions qui en dépendaient étaient importantes. Il reste dans l'inconscient collectif, la légendaire bosse de la chasse présente sur le sommet du crâne de certains chiens et censée leur donner des capacités d'exceptions dans la recherche de gibier. Il résulta de cet engouement pour la phrénologie un mouvement scientifique réactionnaire qui refusa l'idée de localisation des fonctions dans le cerveau. Hors, les recherches physiologiques comme les études de cas pathologiques, montrent finalement qu'il existe bien une localisation des fonctions dans le cerveau.

La théorie évolutionniste de Darwin (Darwin 1859) avait laissé pressentir qu'une grande similitude pouvait exister entre le cerveau humain et celui des autres espèces animales. C'est sur la base de cette idée que de nombreux chercheurs firent leurs travaux de recherches (Boring 1950) sur la localisation des zones du cerveau et de leurs fonctions. Ces travaux utilisèrent largement les techniques de stimulations électriques ainsi que celles de l'ablation pour arriver à leurs conclusions. Ils furent corrélés dans la plupart des cas avec les observations des premiers neurologues sur des cas pathologiques de tumeurs ou d'accidents du système nerveux central. Les premières observations de stimulations électriques mirent en évidence le rôle majeur de la partie antérieure frontale du cerveau comme la zone déterminante de la motricité. Cette zone est aujourd'hui nommée cortex moteur. Elle possède

de nombreuses connexions neuronales avec la moelle épinière, et des études plus récentes situent l'activité motrice légèrement plus sur la face postérieure de cette zone. Concernant les zones postérieures du cerveau nommées cortex occipital, la stimulation électrique n'activait aucune fonction motrice, mais l'ablation partielle de ces zones endommageait les fonctions de la vision de l'audition, ou la réactivité de la peau, elles furent désignées comme les cortex visuels, auditifs et somatosensoriels. Si ces travaux ont permis de préciser la localisation de certaines fonctions du cerveau, le constat que l'ablation du cortex cérébral n'affectait pas la totalité du système émotionnel allait à l'encontre de la théorie de William James. Selon sa théorie de la rétro action, les aires corticales et sensorielles étaient mobilisées dans la réponse et le comportement émotionnels.

Walter Cannon et Philippe Bard pratiquèrent ce genre de stratégies lésionnelles d'ablations successives de parties du cortex cérébral. Après avoir supprimé la plus grande partie du cerveau antérieur, ils pratiquèrent des lésions dans les zones de l'hypothalamus, et c'est seulement quand la plus grande partie de l'hypothalamus fut retirée que les réactions émotionnelles furent totalement stoppées. Ces résultats conduiront les deux chercheurs à la conclusion d'un rôle majeur de l'hypothalamus dans les émotions. W. Cannon et P. Bard avaient retiré de leurs recherches le potentiel rôle des amygdales, nous verrons dans les chapitres suivants combien les amygdales jouent elles aussi un rôle essentiel dans les émotions humaines. Ces recherches même incomplètes mirent toutefois en évidence le rôle des deux petits hypothalamus dans les émotions. Les fonctions du thalamus sensoriel, véritable encodeur d'informations à destination des différents cortex du cerveau, furent aussi déterminées. Si les cortex du cerveau sont fonctionnalisés, il en va de même pour le thalamus. Situées à la base du cerveau primitif, ces aires visuelles reçoivent les informations des yeux pour les transmettre au cortex visuel, il en va de même pour les informations auditives ainsi que pour les autres informations sensorielles.

Cannon et Bard pensaient qu'un lien direct existait entre le thalamus et l'hypothalamus, et que ce lien pouvait expliquer que même en l'absence de cortex cérébral, des émotions pouvaient subsister chez les animaux lésés. Cependant ils n'excluaient pas totalement un rôle du néocortex dans les émotions. Si un circuit cérébral est aujourd'hui associé aux émotions, c'est celui du système limbique. Ce circuit est lui-même issu du circuit Papez découvert par l'auteur du même nom (Papez 1937). Les travaux de James Papez étaient fortement influencés par ceux réalisés précédemment par C. Judson Herrick qui avaient mis en évidence les cortex

médian et latéral de chaque hémisphère du cerveau (Judson 1930). Le cortex médian correspondant aux faces internes de chaque hémisphère, il est supposé être plus ancien que les cortex latéraux et il est précisément ce que Paul Pierre Broca avait appelé le système limbique que l'on nomme aussi la partie rhinencéphale en rapport avec sa situation basique dans le cerveau reptilien supposé être un cerveau essentiellement tourné vers la gestion des sens olfactiques dans l'évolution des espèces (Broca 1877). Papez réunit les informations récoltées par Herrick, mais aussi celles de plusieurs études sur les effets émotionnels de lésion des cortex médians et de l'hypothalamus, pour imaginer de manière spéculative des connections entre ces deux parties du cerveau. Son raisonnement allait jusqu'à imaginer un double circuit des émotions, le premier pour la pensée et le second pour le sentiment. Le circuit de la pensée est un circuit direct, qui gère les signaux du système sensoriel partant du thalamus, pour les transmettre vers les aires latérales du néocortex formant ainsi le sentiment des émotions ; le second un circuit direct (précédemment imaginé aussi par W.Cannon et P. Bard) entre le thalamus et le l'hypothalamus générant les réponses émotionnelles. L'hypothalamus étant défini comme le principal organe en relation avec le Système Nerveux Autonome (S.N.A) au cœur des réactions émotionnelles. En se basant sur des études pathologiques de cas de rage, Papez inclut aussi dans son circuit les hippocampes du cerveau¹². En effet dans cette maladie, les hippocampes sont particulièrement lésés et l'on connaît les nombreuses réactions émotionnelles non contrôlées de colère et d'émotions intenses caractérisées par la maladie.

Le circuit de Papez était comme le précise Ledoux (LeDoux 2005), « *un beau modèle de spéculation* » et la plupart de ces spéculations se révéleront vérifiées quelques décennies plus tard. Ces travaux serviront de base à la théorie du système limbique.

¹² **Les hippocampes** se trouvent derrière les lobes temporaux et elles ont la forme de l'animal marin qui porte le même nom.

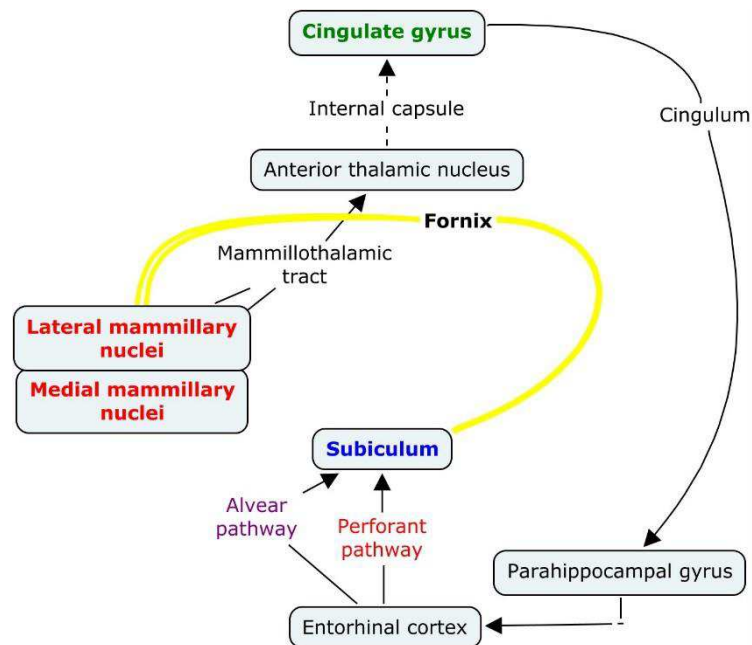


Figure 10 Circuit des émotions de Papez. Domaine public.

En 1949 Paul MacLean reprend la plus grande partie de la théorie de Papez et y intègre les travaux de Klüver-Bucy sur les fonctions des lobes temporaux (Klüver and Bucy 1937). Utilisant aussi des concepts de la psychologie Freudienne il précisera de manière efficace le rôle de l'hypothalamus dans l'expression des émotions. Continuant son travail de défrichage scientifique, il reprend l'idée déjà répandue que le néocortex est indispensable dans l'évaluation de la qualité émotionnelle, mais comme il montre qu'il existe peu de lien entre cette région et l'hypothalamus, il défend l'idée que ce système est peu impliqué dans les réponses du S.N.A. En revanche il montre les nombreuses relations existantes entre le cerveau « rhinencéphale » et l'hypothalamus. Pour Paul MacLean, tout désigne cette région primaire du cerveau comme le siège de nos émotions. Ce cerveau viscéral en lien direct avec le S.N.A. est pour Paul Maclean déterminant dans les fonctions de bases de la survie, quand le néocortex sert l'intellect et les fonctions de motricité musculaire.

C'est l'ensemble des parties correspondantes à ce cerveau primitif que Maclean définira comme le système limbique des émotions, et désignant les parties médianes du rhinencéphale du cerveau. Sont intégrés dans ce système les gros noyaux comme le thalamus, l'hypothalamus et surtout l'hippocampe que Paul MacLean définira comme le clavier émotionnel des émotions. La cytoarchitecture corticale de l'hippocampe étant définie par MacLean comme assez simple au regard de celle du néocortex par exemple, il considèrera que celle-ci relayait les informations reçues des lobes somatosensoriels et sollicitait directement

l'hypothalamus pour qu'une réponse physiologique appropriée soit délivrée. MacLean intégra aussi dans le système limbique les régions de l'amygdale, le septum, et le cortex préfrontal. Pour lui ce système limbique au développement phylogénique précoce fonctionnait de manière intégrée pour garantir la survie de l'espèce. Pour de nombreux chercheurs et psychologues le développement de l'ontogenèse¹³ du cerveau et similaire à son développement phylogénèse¹⁴ au cours de l'évolution (Jouvent 2009). D'un certain point de vue ces chercheurs restent attachés à l'idée que les émotions correspondent au cerveau limbique, « *le cheval fou* » et que la cognition correspond « *au cavalier* », la raison (Jouvent 2009). La raison n'étant située que dans le néocortex cérébral, ainsi nommé de par sa nouveauté dans le cours de l'évolution, comme dans celui de la croissance à l'échelle humaine. Le dogme, opposant les émotions considérées comme réflexives à la cognition, reste culturellement très forte même dans les milieux scientifiques (Platon 360 AD).

En plus de définir ce qui reste aujourd'hui enseigné comme le cerveau limbique des émotions, Paul MacLean enrichira son modèle de cerveau viscéral / limbique, en introduisant la théorie du cerveau triune (MacLean 1985). Le cerveau antérieur serait selon lui divisé en trois parties, correspondant à trois étapes de l'évolution : le reptilien, le paléo mammalien et le mammalien, chacun de ces trois cérébraux types dispose de sa propre structure et de sa propre chimie. Le cerveau paléo mammalien correspondant au cerveau limbique, il est présent chez tous les mammifères, mais pas chez les oiseaux, reptiles, amphibiens et poissons, qui ne disposent que du reptilien.

L'idée que le cerveau limbique proposé par Paul MacLean correspond au cerveau des émotions est largement répandue, mais ce concept est aujourd'hui très discuté, les travaux les plus récents dans les domaines de la neuroanatomie mettent en évidence des liens très complexes entre toutes les parties du cerveau, celles qui disposent des cytoarchitectures les plus simples vers celles qui peuvent sembler les plus complexes et vice versa, de fait, cette vision du cerveau limbique semble surannée, et elle est même non acceptable pour certains chercheurs, comme Joseph LeDoux (LeDoux 2005).

¹³ L'**ontogenèse** décrit le développement progressif d'un organisme tout au long de sa vie elle contraste souvent en biologie avec la phylogénèse qui décrit l'histoire évolutive de l'espèce dont est issue cet individu.

¹⁴ La **phylogénèse** décrit l'étude des relations de parentés entre les individus, avec la finalité de comprendre l'histoire de l'évolution des organismes vivants. Elle est souvent représentée par un arbre phylogénétique.

Finalement les travaux de Harvey Karten et Glenn Northcutt montrèrent en 1970 que les animaux même les plus primitifs ont finalement une partie de leur cerveau qui correspond à notre néocortex. En effet d'un point de vue anatomique, les structures de tous les vertébrés sont identiques, qu'ils s'agissent de nageoires, d'ailes de pattes ou de bras, bien qu'apparemment différents, celles-ci reposent toutes sur la même base de structuration osseuse. Il en est de même pour le cerveau, toutes les parties identifiées dans le cerveau humain se retrouvent chez tous les vertébrés, mais elles diffèrent par leur emplacement et par leur taille. Ainsi certains animaux dont la survie dépend de l'odorat, développeront une aire corticale olfactive plus importante, quand d'autres développeront une autre partie. Ce phénomène est appelé l'épi génésique, on dit que le cerveau se développe au cours de la vie de manière épi génésique, une partie de son patrimoine de développement est déterminé par les gènes issus de l'évolution darwinienne, et le reste par la façon dont chaque individu vit dans son environnement tant physique que sociale. Chez l'humain il semble que la différence cérébrale, qui stigmatise notre capacité réflexive vis-à-vis des autres vertébrés, ne soit pas une question de poids (celui du cachalot pèse 6 à 7 kg quand celui de l'homme en pèse 1,6), ni même du nombre de neurones, (l'éléphant compte deux fois plus de neurones dans son cerveau que l'être humain), mais plutôt du surdéveloppement de la partie antérieure de notre cerveau, les deux lobes préfrontaux associés au langage (aire de Broca), à la planification, mais aussi à l'empathie et à la compassion. Ceci met à mal la théorie évolutionniste du cerveau triune de Paul MacLean, elle-même fondée sur la base des travaux de Ludwig Edinger, pionnier de la neuroanatomie comparée. Celui-ci désignait le cerveau des reptiles et des oiseaux comme archaïques et celui des mammifères comme nouveau, d'où le terme de néocortex. Pour Joseph Ledoux (LeDoux 2005), comme pour Antonio Damasio (Damasio 2005), si nous n'avons aucun critères indépendant pour dire où se trouve le système limbique, nous sommes obligés de dire qu'il n'existe pas. Joseph Ledoux précise : « *Il pourrait y avoir non pas un mais plusieurs systèmes émotionnels dans le cerveau* ».

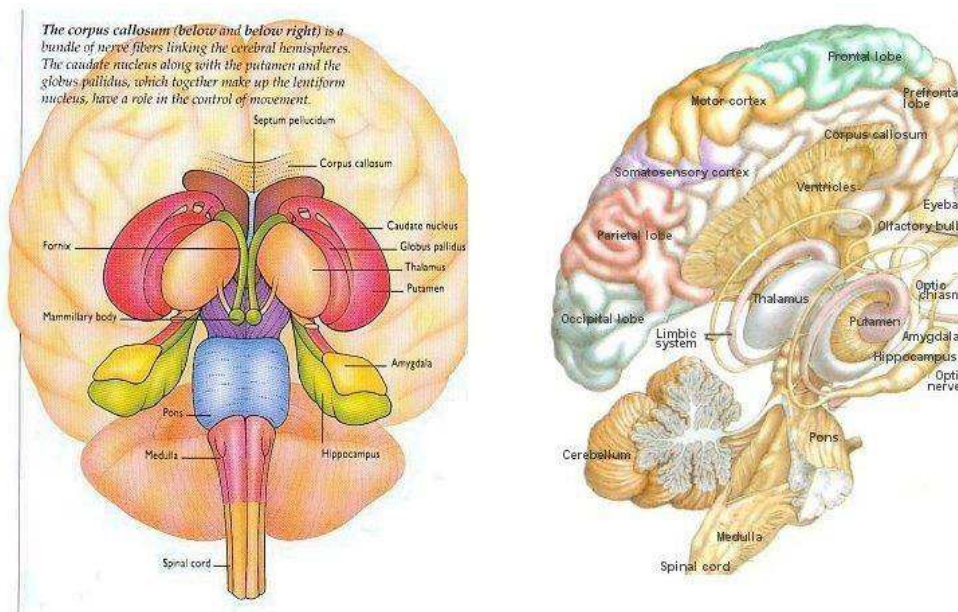


Figure 11 Système Limbique des émotions. Sources © Universe-review.

Anatomie du système nerveux

Il peut paraître inconséquent de produire, dans un mémoire consacré à la recherche sur les émotions et leur rapport avec le sentiment de présence en réalité virtuelle, une littérature aux échelles macroscopique et microscopique du cerveau. Hors nous avons vu précédemment que la source de nos émotions ne peut être que cognitive. Même si elle est en lien avec nos affects psychologiques, elle est aussi géo localisée d'un point de vue macroscopique phrénologique, et nous devons de facto nous intéresser à ses fonctions biologiques microscopiques dans tous ses phénomènes de flux électrique ou de neurotransmission chimique. Plusieurs cartes du cerveau humain permettent d'en localiser les fonctions ou les différentes cytoarchitectures.

Le cerveau est divisé en deux hémisphères dans lesquels les structures mais aussi les noyaux cellulaires se retrouvent de manière identique dans les faces droite et gauche, hormis pour la glande pinéale. Nous retrouvons sous le corps calleux¹⁵ l'ensemble de noyaux défini comme appartenant au système limbique dont nous avons parlé précédemment (thalamus, hypothalamus, hippocampe, amygdale). Ces noyaux se trouvent dans le plan médian et sous les hémisphères (Damasio 1995). Sous le diencéphale se trouve le mésencéphale, le tronc

¹⁵ **Corps Calleux** : Les deux hémisphères droit et gauche sont divisées en leur centre sur leur surface dit médianes, par la scissure inter hémisphérique, où se trouve la partie diencéphale qui contient le corps calleux : un ensemble de réseau de fibres assurant les connections bidirectionnelles entre les deux hémisphères

cérébral, le cervelet et la moelle épinière. Au-dessus de ces deux zones, et sur chaque hémisphère se trouvent les zones corticales (Boring 1950). Les études de neurologues sur les animaux (Cannon 1927), et les observations de nombreux cas de pathologies neurales, ont permis de déterminer les fonctions corticales primaires de la plupart des zones du cerveau.

Chaque hémisphère est divisé en quatre parties : le lobe préfrontal sur le devant du cerveau est défini comme le siège du raisonnement, de la planification, mais aussi de l'empathie et de la compassion ; sur la partie postérieure de ce lobe et juste devant le lobe pariétal, se trouve la zone permettant la motricité. Le lobe pariétal lui est dédié au somatosensoriel comme le toucher, il est aussi le siège de la perception de notre corps, et il nous donne une image de l'espace et de notre rapport à celui-ci. Le lobe occipital à l'arrière de la tête est l'endroit où la vision est l'odorat sont traités. Enfin sur le côté du crâne se trouvent les lobes temporaux qui sont définis comme le siège de la mémoire et de l'audition. L'activation combinée de plusieurs lobes, comme le pariétal et le frontal permettent de créer la conscience de soi, une aptitude très élevée que nous partageons avec certains autres mammifères comme les chimpanzés et les éléphants.

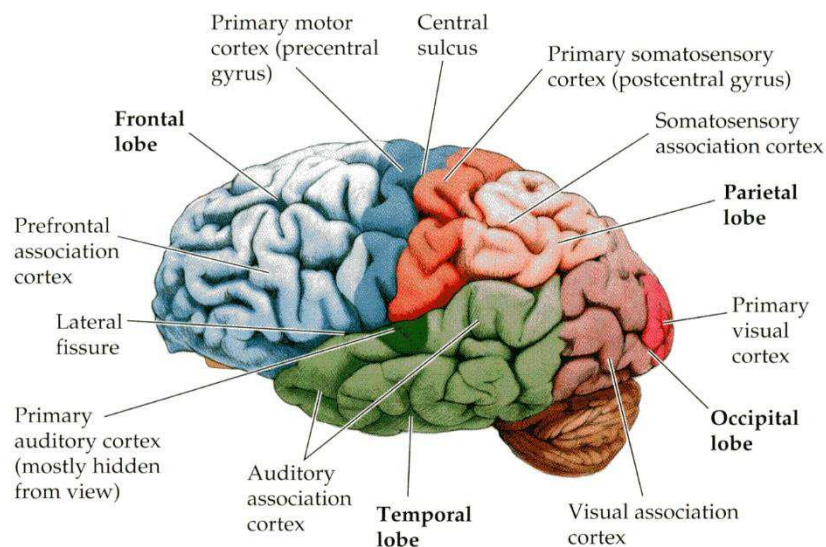


Figure 12 Localisation des différents cortex et de leurs fonctions. Domaine public.

Même si les travaux de Bard et de Cannon ont montrés que de nombreuses et vastes lésions dans les régions des différents cortex n'influençaient pas l'activation d'émotions de base, les travaux récents mettent en évidence le rôle du néocortex préfrontal et du lobe

temporal dans les émotions d'empathie et de compassion.

Le cerveau est composé d'une matière grise qui se trouve sur toute la face extérieure plissée du cerveau sur une épaisseur de 2 à 3 mm, mais aussi dans les surfaces internes dans les noyaux ganglionnaires ainsi que dans les structures comme le thalamus. Cette matière grise est essentiellement composée de cellules neuronales. Elle peut prendre deux aspects différents : dans le premier les neurones sont disposés en couches superposées, c'est le cas du néocortex qui recouvre pratiquement tout le cerveau ; dans le second les neurones sont disposés en grappes et forment des noyaux¹⁶ comme ceux présents dans la zone médiane de chaque hémisphère (Damasio 1995). Le néocortex est impliqué dans la cognition et probablement dans les émotions sociales, il peut être stimulé par les ondes électriques faibles TMS¹⁷. La matière blanche correspond à un réseau de fibres nerveuses composées d'axones, eux-mêmes en relations avec les corps cellulaires neuronaux situés dans la matière grise ; sa couleur est due à la myéline.

En partant de l'organisation cellulaire du cerveau dans différentes régions, la cytoarchitectonie¹⁸, Brodmann a réalisé une autre carte du cerveau qui peut utilement nous éclairer sur les liens existants entre les différentes régions de celui-ci. Cette carte n'est ni basée sur la phrénologie, ni même sur les relations entre fonctions cérébrales et zones corticales, mais bien sur les différenciations anatomiques d'organisation des neurones dans le cerveau. Elle a été mise en évidence par l'utilisation des techniques de coloration de Golgi (Batty and Tuke 1895) Chacune des différentes régions corticales ayant la même organisation cellulaire a été baptisé d'un numéro, Brodmann en définissait 52. Il est flagrant que les recherches les plus récentes sur les fonctions des différentes régions corticales aient mis en évidence un lien avec certaines régions définies par Brodmann dont l'intuition d'une organisation anatomique correspondant à différentes fonctions s'est confirmée.

Ainsi, l'aire 17 de Brodmann située très en arrière du cortex occipital reçoit bien les informations du thalamus visuel venant de la rétine, cette région correspond en tout point à celle définie géographiquement par les neurobiologistes comme le cortex visuel. C'est ce dont

¹⁶ Il existe de gros noyaux comme l'amygdale, et des ensembles de petits noyaux comme le thalamus.

¹⁷ TMS : Transcranial Magnetic Stimulation utilisée dans le diagnostic et dans le traitement d'affections psychiatriques et neurologiques.

¹⁸ Désigne la composition cellulaire d'un tissu biologique, en matière neurologique la cytoarchitectonie fournit une description neuroanatomique plus fine que celle de la morphologie des circonvolutions et des sillons.

Brodmann avait eu l'intuition en observant les différences de cytoarchitectures. Il en est de même pour la région numéro 4 située sur l'arrière des lobes préfrontaux, cette zone dont les gros neurones pyramidaux sont en relation directe via leurs axones avec les motoneurones de la moelle épinière, correspond bien à celle du cortex moteur.

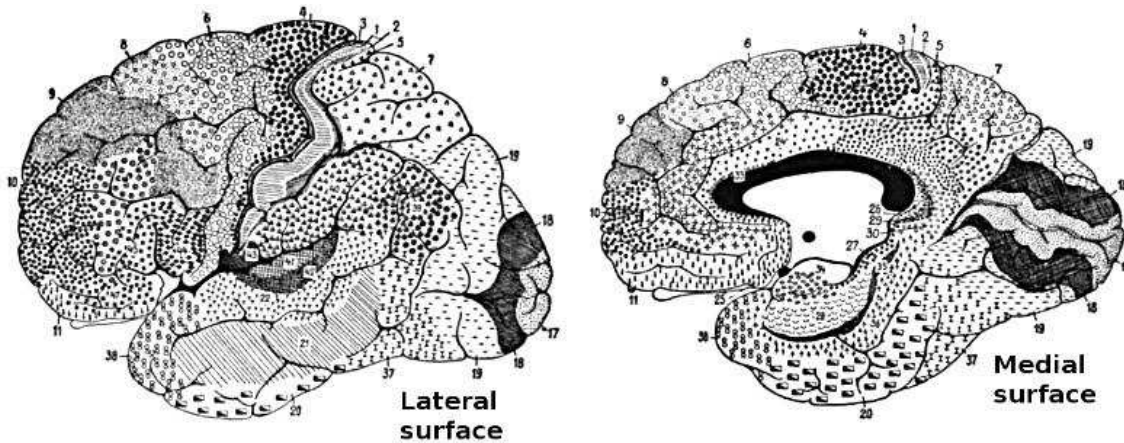


Figure 13 Carte des zones cyto-architectoniques de Brodmann. Domaine public.

Après avoir défini les différentes parties du cerveau d'un point de vue macroscopique, nous nous attachons à définir ces mécanismes du point de vue microscopique. Ce regard nous permet de mieux comprendre en quoi certains activateurs neurochimiques médicamenteux, pourraient être utilisés dans le cadre d'une augmentation du sentiment de présence dans les environnements virtuels.

Le tissu nerveux qui forme la matière grise du cerveau est formé de cellules nerveuses appelées neurones, ces neurones sont soutenus par des cellules gliales. Les neurones sont les éléments essentiels de l'activité cérébrale. Trois grandes familles de neurones sont identifiées de par leurs fonctionnalités :

- Les neurones sensitifs transmettent les informations des capteurs sensitifs jusqu'au cerveau, du SNP (Système Nerveux Périphérique, constitué des nerfs, qui captent les informations venant de l'intérieur et de l'extérieur de notre corps ; ce système est lui-même constitué du SS, le Système Somatique et du SNA, le Système Nerveux Autonome, qui gère l'ensemble de nos actions inconscientes, comme la respiration. Le SNA est composé du système nerveux parasympathique et sympathique utilisés respectivement dans les actions routinières ou dangereuses) vers le SNC (composé de la moelle épinière, et de l'encéphale : tronc cérébral, cervelet et

les deux hémisphères).

- Les neurones moteurs, transmettent eux les informations du cerveau vers les muscles et les glandes, du SNC vers le SNP
- Enfin les interneurons (qui sont les plus nombreux) servent de relais de transmission des messages (Clavino 2006).

Ces cellules microscopiques sont au nombre de plusieurs milliards, probablement 100 milliards chez l'homme, organisées en circuits locaux, elles-mêmes organisées en régions corticales ou en petits ou gros noyaux corticaux macroscopiques. Les neurones¹⁹ sont constitués de trois parties : le corps cellulaire, d'un ou de plusieurs axones, un prolongement par lequel est transmis l'influx nerveux. Celui-ci est un flux électrique est aussi appelé le potentiel d'action (Pidoux 2007). Enfin, les dendrites sont de petits prolongement qui reçoivent les informations des axones pour les transmettre à leur tour au corps cellulaire via des neurotransmetteurs chimiques comme le glutamate (*figure 10*) (Damasio 1995). Dès 1870, Gustav Fritsch et Eduard Hitzig avaient démontré avec des chiens que le cerveau est excitable avec l'électricité, et que celle-ci produit des stimulations des membres opposés à l'hémisphère du cerveau stimulée (Fritsch and Hitzig 1870). Les points de contact entre les axones et les dendrites sont appelés les zones de transmissions synaptiques ou synapses (Harvey-Girard 2011).

Les dendrites sont développées dans le prolongement du Soma²⁰, elles reçoivent (avec l'aide du corps cellulaire) les informations synaptiques venant d'autres neurones. Les tiges des dendrites sont constituées de nombreuses structures en forme de bourgeons et qui sont nommées les épines dendritiques. Leur nombre influence la qualité de ce qui est appelé le champs-récepteur du neurone. Chaque neurone dispose de millier d'épines dendritiques qui selon le type de neurotransmetteur réceptionné au niveau de la synapse, va renvoyer vers le corps cellulaire une activation ou une inhibition.

Si on pensait encore récemment que le nombre de neurotransmetteurs se limitait à une douzaine (LeDoux 2005), les recherches actuelles nous laissent supposer qu'ils sont au nombre de plusieurs centaines, et on ne cesse pas d'en découvrir (Clavino 2006). Les plus

¹⁹ Plusieurs types de neurones ont été décrits en fonction de leur forme, de leur position dans le circuit neural, de leur activité ou des gènes qu'ils expriment. Ils peuvent disposer d'un seul axone (Unipolaire), d'un axone avec une division (Pseudo-unipolaire), de deux axones (Bipolaire) ou de nombreux axones (Multipolaire).

²⁰ Le corps cellulaire est nommé le Soma, il contient le Noyau et le Péricaryon. Le soma peut atteindre de 5 μ m à 1000 μ m (1mm).

connus sont : l'acétylcholine, impliquée dans les processus musculaires, comme dans la mémorisation et l'apprentissage ; la sérotonine, régulatrice de l'humeur et du sommeil ; la dopamine, régulatrice du mouvement et du plaisir (elle entre notamment en jeu dans les phénomènes addictifs, son absence ou son manque caractérise la maladie de Parkinson) ; les endorphines, plaisirs intenses et contre-douleur. La découverte des neurotransmetteurs chimiques hormonaux a ouvert la voie à la neurobiologie et à la psychopharmacologie. Certains neurotransmetteurs sont associés à des fonctions (mouvements, mémoire), des comportements (plaisir, addiction), des symptômes (douleurs), ou des maladies (schizophrénie). Ces neurotransmetteurs, leurs excitations ou leurs inhibitions correspondent à l'activité principale de la neurobiologie et de la psychopharmacologie actuelle (Davous 2011). Les dogmes disparaissent, le cerveau est aujourd'hui considéré comme un organe d'une grande plasticité, et il est probable que de nombreux neurotransmetteurs différents puissent être attribués à un même neurone, et la neurogenèse du cerveau que l'on considérait figée après la naissance, est aujourd'hui remise en question. On sait depuis les travaux de Elizabeth Gould que des nouveaux neurones se forment dans l'hippocampe (siège de la mémoire, de la contextualisation, mais aussi véritable clavier émotionnel) (Gould, Reeves et al. 1999), et que les zones cérébrales dévolues à une tâche particulière peuvent croître pendant toute la vie en fonction des apprentissages, ainsi de nouvelles synapses et connexions neuronales peuvent apparaître à chaque instant de notre vie, mais de nouveaux neurones aussi, contrairement à l'idée populaire qui veut que notre cerveau ne se régénère pas après la naissance. La plasticité est donc présente des niveaux synaptiques aux neurones, mais peut-être même au niveau des aires cérébrales.

Un neurone est défini par sa membrane : elle parcourt tant sur le soma que l'axone et les dendrites, elle a la propriété d'être électriquement et chimiquement excitable, elle dispose au niveau des dendrites de canaux ioniques sensibles au voltage de l'influx nerveux. C'est précisément sur la membrane cellulaire au niveau de la synapse, de l'axone ou des dendrites que les neurotoxines et les drogues agissent. (Harvey-Girard 2011) (LeDoux 1999).

Les études les plus récentes sur la cytoarchitecture du cerveau montrent une organisation verticale en colonne de la couche plissée du néocortex. Cette surface est organisée en stratifications horizontales sur six niveaux (Brodmann's 2006). Ces six couches ont été subdivisées au fur à mesure que les recherches sur le cortex ont avancées et ceci grâce à l'utilisation de l'introduction de marqueurs colorés dans le cerveau. Chacune de ces

colonnes correspond dans les cortex sensoriels à des fréquences auditives ou visuelles : on sait par exemple que chez les souris, chaque moustache est commandée par une colonne corticale. (University 2011).

Il peut sembler illusoire de chercher à trouver les relations existant entre les milliards de neurones du cerveau, dans la mesure où chacun d'entre eux est potentiellement connecté avec tous les autres, et de nombreux chercheurs pensent effectivement que cette tâche est irréalisable. Mais d'autres font remarquer en revanche que si les neurones sont connectés de façon complexe, ils le sont aussi de façon typique. En effet, chaque neurone forme en moyenne 1000 synapses (certains 5000 à 6000), mais considérons que s'il y a dix milliard de neurones dans le cerveau, il y a un peu plus de mille milliard de synapses, ce chiffre est relativement faible, et il laisse penser que chaque neurone n'est finalement sollicité que par un nombre modeste de connections (LeDoux 1999) (Damasio 1995).

Finalement les neurones, les colonnes neuronales et les noyaux neuronaux sont organisés en circuits, ces circuits sont regroupés en systèmes, ces systèmes, en systèmes de systèmes, certains communiquent entre eux et d'autres non. Le cerveau est un « *supersystème de système* » (Damasio 1995), nous devons essayer d'en comprendre le fonctionnement. Les travaux les plus récents, laissent supposer qu'une fréquence correspond à chaque colonne neuronale, et si nous trouvons dans les années à venir la possibilité d'exciter certaines de ces colonnes, nous pourrions peut-être prétendre pouvoir agir directement sur des groupes de fréquences, voir sur certains groupes cellulaires et générer les émotions des sujets pour développer le sentiment de présence dans les environnements virtuels.

1.5.2 Deux circuits cérébraux émotionnels

Grâce aux avancées des neurosciences, les chercheurs purent développer de nouvelles stratégies afin de déterminer, la carte et le cheminement des émotions dans le cerveau. Ainsi, de nombreux travaux utilisant l'électricité mirent en évidence la place prépondérante du système dit limbique dans les émotions (Isaacson 1980). Cependant avant les travaux de Joseph Ledoux, et l'utilisation des principes de conditionnement de la peur de Pavlov, les différents chemins des émotions dans le cerveau n'avaient pas été mis en évidence.

Les premiers travaux de J. Ledoux essayaient de répondre à la question du

cheminement de la peur dans le système auditif. Comme le conditionnement de la peur utilise souvent des sons comme SC, il était plus facile de traiter de la peur en observant le système cortical auditif, que celui de la vue...

J. Ledoux pratiqua de nombreuses lésions dans le système auditif pour essayer de déterminer si le stimulus devait parcourir la totalité des parties du système pour déclencher une RC. Il s'avéra de fait que les lésions pratiquées au plus haut du système dans les zones du néocortex auditif n'avaient pas d'effet sur les RC, en revanche celles pratiquées sur les bases de l'hypothalamus auditif, ou même plus bas dans le cerveau moyen empêchaient totalement le conditionnement de la peur (LeDoux, Sakaguchi et al. 1983, LeDoux, E et al. 1990). On considérait jusqu'alors que les zones les plus basses du traitement de l'information auditif étaient de simples relais vers les parties les plus développées du traitement cognitif de l'information, dans les lobes temporaux. Le cortex auditif était considéré comme la seule cible du thalamus auditif. J.Ledoux essaya donc de découvrir, grâce à un traceur chimique²¹, où allait une partie de ce stimulus en partance du thalamus auditif, et qui permettait la mise en place du RC, même sans traitement de l'information par le néocortex auditif.

Quatre régions sous corticales étaient clairement activées par le stimulus conditionnel de son, ce qui représentait alors une surprise puisque on imaginait alors que seul le cortex auditif était stimulé par le SC. Trois de ces régions furent déconnectées par des lésions pratiquées dans le sous cortex. La quatrième région sous corticale « limbique » correspondait à l'amygdale²². Lorsque J. Ledoux pratiquait des lésions dans cette région il n'y avait plus de RC (LeDoux, Iwata et al. 1988).

L'amygdale est une petite région sous corticale située sur le repli interne de la partie antérieure du cerveau, juste derrière les lobes frontaux. Bruce Kapp avait montré dans ces recherches que, cet amas ganglionnaire de neurones avait de nombreuses connections avec les aires du tronc cérébral, et qu'il était fortement impliqué dans la régulation du SNA, rythme cardiaque, et autres réponses. J.Ledoux étudia avec attention les interconnexions entre le thalamus sensoriel et l'amygdale, par le biais de nombreuses incisions et en utilisant une technique de coloration synaptique. Il décrit l'amygdale comme un noyau lui-même composé d'une douzaine de sous noyaux : le noyau central et les noyaux latéraux, les noyaux

²¹ Peroxydase de raifort, observées en coupe sous microscope avec réactif chimique colorant la peroxydase de raifort.

²² L'amygdale avait déjà été mise en évidence dans son rôle émotionnel, notamment par l'observation de ses conséquences émotionnelles dues aux lésions pathologiques lors de la rage

basaux et accessoires (LeDoux, E et al. 1990). Tous ces noyaux ne sont pas impliqués dans la réponse au SC dans la mise en œuvre d'une réponse émotionnelle de peur, toutefois même si le rôle des noyaux centraux et latéraux semble prédominant, on sait qu'il existe d'autres liens synaptiques entre tous ces noyaux.

En partant de ces constats il semblait évident que les réponses émotionnelles peuvent être activées sans que le néocortex ne soit sollicité pour une réponse raisonnée. C'est de ces travaux qu'est née la théorie du double circuit émotionnel.

On distinguera dès lors deux voies pour les émotions : la voie basse appelée aussi la voie thalamique, et la voie haute, la voie corticale.

La voie basse correspond au besoin de réagir dans l'urgence pour lutter pour la survie de l'espèce. Cette voie est rapide et ne nécessite pas de traitement lourd de l'information, qui sont parfois traduite à leur plus simple expression, et qui peuvent faire le jeu d'une comparaison rapide avec des stimuli mémorisés plus anciens, les informations d'un stimulus circulent à la vitesse de douze millisecondes entre le thalamus et l'amygdale.

La voie haute traite les informations de manière cognitive consciente, c'est une voie réfléchie, qui ne suscite pas l'activation du SNA avec la même force que la voie basse, qui dispose, elle, de connexions privilégiées avec ce système. C'est un système presque deux fois plus lent que le système bas thalamique.

Les signaux des stimuli sont envoyés de manière parallèle dans les deux voies.

The Paths of Fear

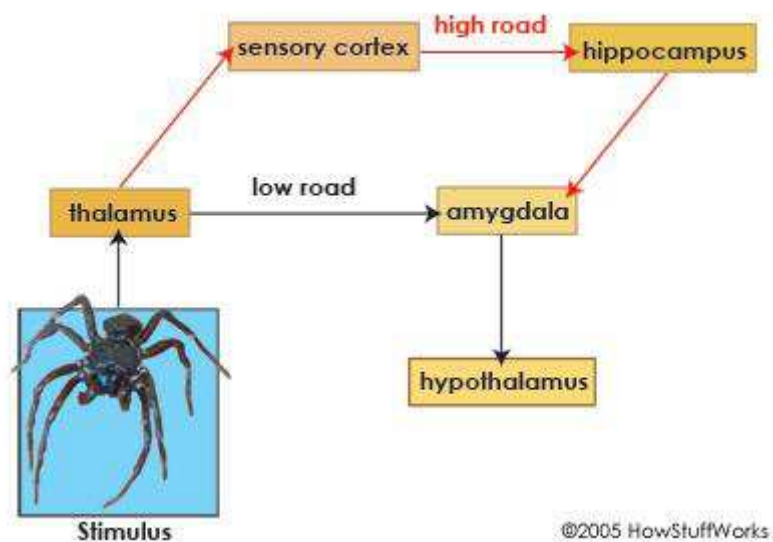


Figure 14, Les deux chemins de l'émotion de peur dans le système nerveux central.
© HowStuffWorks (2005).

Quand le stimulus émotionnel prend le chemin court celui-ci n'est pas contextualisé, il est bien mémorisé dans l'amygdale comme un SC, mais il ne sera contextualisé que s'il prend le chemin long des émotions, celui passant par le néocortex et l'hippocampe.

Longtemps les scientifiques ont cherché le système cérébral où la mémoire pouvait être localisée. On sait aujourd'hui qu'il existe de multiples systèmes de mémoire dans le cerveau, chacun de ces systèmes à une fonction différente, de la survie à la spatialisation en passant par la contextualisation des stimuli.

Au début du XXème siècle le docteur Claparède avait une patiente atteinte de perte importante de mémoire, si importante qu'il lui était impossible de se souvenir du docteur Claparède à chaque nouvelle fois qu'elle le voyait. Celui-ci tenta un jour l'expérience de glisser une aiguille dans sa main, si bien que lorsqu'elle la lui serra pour lui souhaiter le bonjour elle se piqua. La fois suivante lorsqu'elle vint de nouveau chez le docteur elle ne se souvenait plus de lui, mais elle refusa de lui serrer la main. Ceci mis en évidence la possibilité que différents systèmes de mémoire existent, dans le cas de la patiente de Claparède, le docteur était devenu un SC, un déclencheur appris, mais son cerveau n'était pas en capacité de contextualiser les faits. Deux systèmes de mémorisation peuvent ainsi être dissociés, le premier, utilisant le circuit court des émotions correspond à la mémoire implicite, le second utilisant le circuit long, cognitif du néo cortex est le circuit explicite. D'autres cas que celui de la patiente de Claparède vinrent éclairer notre connaissance de la mémoire, ainsi le cas connu

sous le nom de patient H.M mis en évidence le rôle de l'hippocampe, dans la mémoire implicite et la mémoire à long terme, par opposition à la mémoire dite à court terme.

Ce patient, subit en 1953 une ablation partielle des lobes temporaux pour traiter des crises d'épilepsies très sévères (LeDoux 1999). Des années après cette chirurgie qui lui ôta les régions hippocampiques, H.M était incapable de formaliser des souvenirs conscients, explicites, déclaratifs à long terme. Si H.M pouvait se souvenir à court terme, les lobes temporaux sont nécessaires pour former des souvenirs à long terme. Jusque dans les années 1980 on pensait que la seule lésion de l'hippocampe ne suffisait pas à produire une perte de formalisation des souvenirs implicites à long terme, car la plupart des patients observés semblaient souffrir de lésions dans les deux parties du cerveau. Il fallut attendre les travaux de Zola & al (Zola-Morgan 1986) pour montrer que les seules lésions de l'hippocampe suffisaient à produire les troubles de la mémoire implicite à long terme, alors que ceux de l'amygdale ne montraient pas d'affection de la cognition mais mettaient bien en évidence une réduction de la peur semblable au syndrome de Klüver-Bucy²³. L'observation de patients comme le cas H.M permet de montrer qu'au fil des années l'hippocampe semble transférer une partie de la mémoire et des souvenirs dans le néo cortex, ce qui explique que H.M par exemple puisse quarante années après son opération, correctement se reconnaître sur des photos de lui jeune, alors qu'il en était incapable sur des photos plus récentes.

1.5.3 Emotions, mémorisation et spatialisation

Les émotions jouent un rôle clé dans tout processus d'apprentissage en agissant sur la capacité de mémorisation de l'apprenant, sur sa rétention de l'information et sur son attention (Christianson 1992, Finkenauer, Luminet et al. 1998) Comme nous avons pu le voir précédemment, lors de l'activation d'une émotion par l'amygdale celle-ci envoie des flux hormonaux vers les cortex cérébraux, mais aussi vers l'hippocampe, qui en fonction du volume de ces flux, va mémoriser (parfois de manière quasi définitive) des informations contextuelles. (LeDoux)

²³ Ce syndrome peut être observé après une pathologie atteignant l'amygdale du cerveau, il s'agit de l'observation de troubles émotionnels et d'une importante diminution des effets de la peur.

L'émotion forte développe ainsi de la mémorisation. Dans le cas de la peur, elle s'inscrit de manière quasi définitive dans l'amygdale du cerveau mais ces informations peuvent être mal stockées, cela étant dû à une suralimentation de l'hippocampe en cortisol. (National Institut of Mental Health). Le cas précédemment cité de H.M permis de montrer que certains apprentissages n'étaient pas en lien avec les fonctions cognitives de mémorisation de l'hippocampe. Si comme nous l'avons vu précédemment la mémoire peut être divisée en ce qu'elle a de court, de long, d'implicite ou d'explicite, elle a aussi été caractérisée par ses aspects déclaratif ou procédural. La mémoire procédurale (celle qui permet de faire du vélo par exemple) ne nécessite pas systématiquement l'intervention des lobes temporaux, elle correspond à une mémoire implicite qui n'est pas forcément consciente et qui semble lié à l'action de l'amygdale. La mémoire déclarative est celle qui peut être verbalisée, elle est une mémoire consciente, explicite, celle-ci est consciente (Schacter 1986). Si l'hippocampe est très actif dans les phases de mémorisation explicites et la formalisation de souvenirs à long terme, il semble l'être aussi dans les aspects de la formalisation de l'espace.

Cet aspect essentiel de l'acquisition et de l'appropriation d'un espace qu'il soit réel ou virtuel nous intéresse au plus haut point, qu'il soit explicite ou conscient, dans la mesure où l'hippocampe intervient comme nous l'avons vu de manière majeure dans la contextualisation des émotions. Des liens existent peut-être entre émotions et spatialisation.

Les recherches de John O'keefe, sont parmi les plus importantes sur l'hippocampe et son rôle important dans la spatialisation. Dans son livre « *The Hippocampus as a Cognitive Map* », il explique comment l'hippocampe contextualise les souvenirs et formalise une représentation de l'espace (O'Keefe 1978). Dès le début des années 1970, O'Keefe mis en évidence l'activation de nombreux neurones dans l'hippocampe de rats de laboratoire, quand ils se déplaçaient dans certains de leurs espaces de vie. De nombreuses recherches découlèrent de ces constatations et permirent à leur tour de montrer de fortes corrélations entre l'activation de l'hippocampe et la spatialisation dans les labyrinthes radiaux ou aquatiques.

Les fortes émotions produisent de facto des souvenirs émotionnels implicites au cœur de l'amygdale ; ceux-ci devenant ensuite des SC, permettent de créer une réaction automatique du SNA afin de subvenir à la survie de l'individu. Notons que la production d'adrénaline générée lors de l'expression d'une forte émotion joue aussi un rôle sur l'hippocampe et les souvenirs à long terme. Nous nous souvenons tous par exemple de ce que

nous faisons ou de l'endroit où nous nous trouvions quand nous avons appris la terrible nouvelle des attaques terroristes du onze septembre 2001. C'est que l'Adrénaline diffusée par l'action de l'amygdale dans le corps lors d'une réaction de peur, retourne en partie dans le cerveau et fixe de nouveaux souvenirs explicites de la situation dans l'hippocampe (McGaugh 1993).

Citons le professeur J.Ledoux dans son livre le cerveau des émotions : « *Comme l'activation émotionnelle induit généralement la libération d'adrénaline, on peut s'attendre à ce que les souvenirs explicites, conscients, des situations soient plus forts lorsque ceux-ci sont riches en émotions* » (LeDoux 1999). Demandons-nous dans quelle mesure l'hippocampe qui génère les souvenirs implicites et est connu pour son rôle dans la spatialisation, ne produirait-il pas une meilleure spatialisation voire présence en EV, grâce à l'activation d'émotions produisant des montées d'adrénaline ?

Nous venons d'aborder les phases de mémorisation en lien avec les émotions dans la cytoarchitecture des systèmes neuronaux, observons maintenant les relations moléculaires entre les neurones et leurs synapses.

Il est admis par la communauté scientifique que les connections synaptiques se renforcent pendant l'apprentissage. L'action appelée « la décharge » correspond à l'instant où un neurone produit une activité électrique issue du soma et partant via les axones aux dendrites d'un autre neurone récepteur. Les dendrites du neurone récepteur émettent alors à leur tour un neurotransmetteur chimique qui part vers le soma du récepteur. Un neurone X et un neurone Y possèdent une liaison dite faible, c'est-à-dire que le neurone X peut subir une décharge sans que le neurone Y ne soit lui-même activé, cependant si une liaison est créée une fois entre les neurones X et Y, la connexion synaptique entre les deux neurones sera renforcée et celle-ci bénéficiera d'une nouvelle liaison fonctionnelle. Ces connexions renforcées sont appelées des synapses hebbiennes. C'est le psychologue canadien Donald Hebb qui proposa en 1949, la théorie selon laquelle l'apprentissage se fait par renforcement synaptique. (Hebb 1949). Il fallut attendre 1970 et les travaux de Tim Bliss et Terje Lomo sur l'hippocampe pour mettre en évidence la théorie de Hebb. Ceux-ci montrèrent que le potentiel de champ synaptique entre deux neurones augmentait de manière significative après une stimulation répétée. Et que ce renforcement de la connexion synaptique semblait durable dans le temps. Ce système est appelé LTP pour « Long-term Potentiation ».

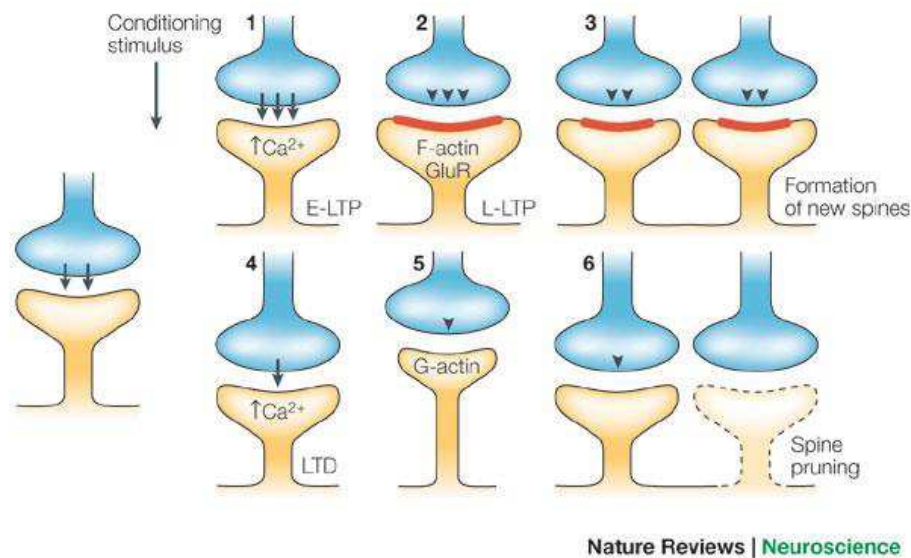


Figure 15, Mise en évidence de la LTP. © Nature Reviews / neuroscience (2005).

Il n'est pas aisé de percevoir les liens directs existant entre notre recherche et notre niveau d'investigation en neuro physiologie des émotions, cependant, la mise en évidence des deux chemins court et long des émotions, ainsi que la conscientisation de certaines d'entre elles par le néocortex, nous permettent d'affirmer nos choix. Au regard de cette bibliographie, nous appuierons notre processus expérimental sur des émotions fondamentales de base, plus rapides à convoquer et à analyser. Le savoir acquis dans le domaine de la physiologie des émotions nous permettra d'élaborer des processus expérimentaux plus pertinents. Nous l'utiliserons également dans nos futurs travaux avec l'équipe de P. Jackson à l'Université de Québec, avec l'utilisation d'IRM fonctionnels, et de TMC²⁴.

1.5.4 Intelligence émotionnelle, éducation des émotions

A la fin des années 1990 Peter Solvey, John Mayer et Daniel Goleman (Goleman 1995) développent la thèse selon laquelle il existe un niveau d'intelligence émotionnelle au même titre que le Quotient Intellectuel.

D. Goleman diffuse l'idée que intelligence émotionnelle régit notre quotidien, dans une mesure supérieure à notre quotient intellectuel. Il habilite l'IE (Intelligence Emotionnelle)

²⁴ TMC : Transcranial Magnetic Stimulation est un outil d'investigation en neurosciences, qui permet également le diagnostic et le traitement d'affections psychiatriques et neurologiques.

dans cinq domaines : conscience de ses propres émotions, gestion des émotions, motivation, empathie et gestion des relations. D'autres chercheurs voient quatre composants dans ce qu'ils appellent l'intelligence émotionnelle ou interpersonnelle : l'aptitude à organiser des groupes, la capacité à négocier des solutions, la capacité à établir des relations personnelles et enfin la capacité d'analyse sociale (Hatch & Gardner). On peut constater que toutes ces capacités réunies forment l'idéal du charisme et de l'intelligence sociale. L'intelligence émotionnelle est avant tout l'art de bien s'entendre avec les autres, cet art étant basé sur la gestion d'émotions mixtes plutôt sociales, mais pas seulement. D. Goleman montre que la gestion d'émotions primaires comme la colère et la peur sont un véritable enjeu de société, dans un monde où l'être humain vit dans sa modernité avec des émotions héritées pendant des millénaires pour assurer sa sauvegarde dans une nature hostile.

Goleman, Hatch & Gardner avancent la thèse selon laquelle il est possible de modifier, d'éduquer son intelligence émotionnelle au même titre qu'il est possible de faire évoluer son QI. Goleman propose de repenser l'école dans le but d'apprendre essentiellement la gestion de la colère. Il propose d'utiliser la méthode américaine du PATH (*Parents and Teachers Helping Students*) (Goleman 1995).

De la même façon qu'il est possible d'élever le niveau d'intelligence émotionnelle, il peut arriver lors de chocs émotionnels violents que celle-ci se dégrade. C'est ce qui arrive lors de PTSD (Trouble de Stress Post-Traumatique). Goleman affirme par l'étude de nombreux cas de PTSD notamment issus de la seconde guerre mondiale ou de la guerre du Vietnam, qu'il est possible de guérir émotionnellement. Le circuit limbique, en particulier celui de l'amygdale, est fortement affecté par le PTSD. Des changements très sensibles sont observés dans le *locus ceruleus*, la structure qui sécrète dans le cerveau l'adrénaline et la noradrénaline. Dans le cas de crises ces deux hormones réveillent avec une grande intensité les souvenirs gravés dans la mémoire de l'hippocampe, de l'amygdale ainsi que celles du cortex. Quand des patients souffrent de PTSD, le *locus ceruleus* devient hyper actif et sécrète des doses incontrôlées de substance, même quand les stimuli externes n'ont rien à voir avec une quelconque menace. En effet les systèmes d'alarme neurochimiques impriment durablement la mémoire, les émotions produisent de nombreuses hormones qui préparent le corps à l'action face à de nouvelles menaces, mais elles vont aussi mémoriser le contexte et les stimuli de ces menaces afin de mieux se préparer pour l'avenir. Dans le cas de la mémoire de l'amygdale cette mémoire peut être quasi définitive (même si depuis plusieurs années les études montrent que tant sur le plan neuroanatomique qu'affectif, ces dommages mémoriels

sont réversibles), ceux-ci peuvent poser des problèmes dans notre société où les contextes et les stimuli sont nombreux. Ils existent deux systèmes de mémorisations, un pour les faits ordinaires, et le second pour les faits émotionnels intenses (Damasio 1995). Notre univers social très polymorphe rend ces alarmes neuronales malheureusement rapidement obsolètes (Goleman 1995). Les patients souffrants de PTSD voient leur intelligence émotionnelle affectée, il leur est difficile de créer du lien social. Goleman précise que les trois étapes de la guérison d'un PTSD sont : l'établissement d'un sentiment de sécurité, la remémoration précise des traumatismes et le deuil de la perte subie, enfin le retour à la vie normale est possible. Ces trois étapes doivent rappeler au cerveau émotionnel que la vie n'est pas un combat de survie quotidienne et ainsi dédramatiser des situations banales qui sont devenues des stimuli conditionnels.

C'est probablement dans la gestion de situations d'urgence à forte charge affective que le développement de l'intelligence émotionnelle est le plus pertinent.

Notre société est une grande pourvoyeuse d'émotions, et les sciences du marketing et du merchandising jouent de la production d'émotions fondamentales de base comme la peur, la surprise ou même l'angoisse pour vendre tout type de produits. On peut légitimement se demander comment ces techniques de manipulation ne produisent pas une baisse du notre niveau d'intelligence émotionnelle. Ces sciences stimulent peu en effet les émotions mixtes qui caractérisent l'intelligence émotionnelle comme l'empathie et la compassion. Il pourrait être intéressant que nous songions à changer de paradigme.

Les décisions requièrent des émotions autant que la pensée (Damasio 1995) et l'intelligence émotionnelle n'est pas le fruit d'un système cognitif différent de celle mesurée par le quotient intellectuel, elle en est une constituante.

La colère est une émotion bien connue des joueurs de jeu vidéo, elle vient généralement de la frustration, mais peut être considérablement augmentée par une angoisse (Zillmann 1993) préalablement due à la peur de la perte, (perte des objectifs, perte des bonus, perte ou mort de l'avatar). Si la colère augmente par étape, sa gestion consiste souvent à laisser retomber les volumes hormonaux sécrétés par les glandes surrénales. L'intelligence émotionnelle consiste, dans ce cas, en une prise de conscience des mécanismes générant l'émotion et en ceux permettant de la désamorcer (Goleman 1995).

L'intelligence émotionnelle est dépendante de la connaissance des mécanismes émotionnels et de la gestion de ces mécanismes, elle a pour but une gestion empathique et

compassionnelle des relations sociales qui permettent une vie harmonieuse.

C'est précisément sur l'idée que l'industrie du jeu vidéo n'est actuellement pas pourvoyeuse d'intelligence émotionnelle que des concepteurs comme David Cage (MJV 2012) ou Peter Molyneux (IGN 2012) fondent les bases d'un nouveau paradigme utilisant l'induction d'émotions tels que la compassion et l'empathie dans les jeux vidéo. Dans le même esprit Nicole Lazzaro redéfinit le mot « Game » comme un acronyme qui pourrait se résumer ainsi : Goal, Action, Motivations and Emotion (Lazzaro 2012).

Daniel Goleman définit la « fluidité » comme un état de grâce émotionnel permettant de produire même les tâches les plus compliquées, sans le moindre effort (Goleman 1995). Cet état émotionnel pourrait constituer une des clefs des problématiques du Gameplay²⁵ Goleman explique en effet que comme dans le cadre du Gameplay, « *si une tâche est trop simple, elle devient ennuyeuse, si elle est trop ardue, elle suscite l'anxiété plutôt que la fluidité* » (Goleman 1995). Ces concepts rejoignent précisément les théories du Flow établies par Csikszentmihalyi, sur les principes des états extatiques du bonheur.

A ce jour, il semble qu'une partie des usages de la réalité virtuelle comme de ceux du jeu vidéo ne soient pas encore saisis des concepts d'intelligence émotionnelle, ce qui laisse sans doute un large champ d'expérimentations à réaliser.

1.5.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons réuni de nombreuses informations sur ce que sont les émotions. Ces travaux antérieurs nous ont permis de montrer qu'un consensus scientifique n'existait pas sur la définition des émotions. Selon les cultures philosophiques, les théologies et les époques, elles ont été soit : étudiées, soit rejetées. Longtemps les émotions ont été opposées à la raison, à la rigueur et la rationalité du cognitif. Il faudra attendre les travaux évolutionnistes de Darwin pour que les passions et les émotions soient rattachées à la physiologie dans ses caractères propres à l'ontogénèse et phylogénèse humaine.

Les émotions sont généralement définies comme des réactions physiologiques à des

²⁵ **Gameplay** est un terme caractérisant les ressentis sensoriels et cognitifs d'un joueur pendant une expérience vidéo ludique, il désigne également les règles du jeu « How the Game Play ».

stimuli environnementaux, elles sont le fruit d'une évolution des espèces et elles contribuent à leur survie. Elles sont à la fois universelles et idiosyncrasiques, car aussi dépendantes de l'expérience et du développement personnel de chaque individu. Nous avons montré qu'elles sont regroupées en émotions fondamentales de base, innées ou dites primaires. Ces émotions sont au nombre de six : peur, joie, tristesse, dégoût, colère et surprise ; elles peuvent aussi être des émotions dites combinées et complexes, comme l'amour, la honte, la compassion ou l'empathie. Elles peuvent être classées de manière catégorielle ou dimensionnelle. Plusieurs théories des émotions se sont succédées, voire opposées : on les a imaginées tout d'abord réflexives, en les associant à des réactions physiologiques nerveuses inconscientes perçues tardivement par le cerveau qui en déclenche ensuite les différentes expressions ; on a ensuite, avec le mouvement psychologique behavioriste, considéré que les émotions répondaient à des stimuli externes d'une manière inexplicable, dont la recherche des causalités n'avaient aucun intérêt et qu'il fallait se concentrer sur l'observation des faits. D'autres chercheurs ont mis en évidence le rôle central du SNC dans les émotions et ils ont permis le développement des théories cognitivistes opposées au courant behavioriste et comportemental. Ce courant, plus axé sur les recherches biologiques, s'évertua à dissocier les émotions du système cognitif conscient du néocortex pour le réduire au système décrit comme le système limbique « primaire ». Ces constats se rapprochent un peu des idées des mouvements philosophiques qui dissociaient les émotions. Tout en essayant de définir le rôle de chaque partie du cerveau ces chercheurs proposèrent une théorie des mécanismes pré-attentifs et de leur redondance dans le traitement des stimuli externes par le cerveau.

Nous avons décrit comment les travaux les plus récents de la biologie ont montré que : les informations sensorielles n'étaient pas traduites par le thalamus en une seule information traitée par une seule zone du cerveau. Celles-ci ne passent pas non plus par une seule voie, et plusieurs aires corticales peuvent être activées par une seule information du SNA. Ces informations, celle de la peur notamment, circulent par deux voies distinctes. La première dite rapide permet un traitement de l'information par les amygdales du cerveau, connues pour leur traitement rapide, schématique des stimuli et de leur réponse hormonale fulgurante. La seconde correspondant à un chemin plus long activant le néocortex et permettant une régulation de ces débits hormonaux lors de la prise de conscience et la contextualisation des stimuli externes. Nos recherches dans la littérature ont permis de mettre en évidence le rôle du circuit de Papez aussi nommé système limbique dans les émotions dites de base, et le rôle des aires corticales du néocortex dans les émotions complexes, d'empathie et de compassion, ces

mises en évidence étant issues de l'observation de patients cérébro-lésés. Nous avons décrit le fonctionnement de la cytoarchitecture neuronale du point de vue des fréquences électromagnétiques mais aussi des échanges chimiques des synapses. La mesure de ces activités nous renseigne aujourd'hui sur l'activité neuronale lors de l'expression d'émotions et nous permet de mieux en situer l'activité cérébrale. La connaissance de ces structures et de leur fonctionnement respectif nous permet d'imaginer de nouvelles procédures d'induction d'émotions. Nos recherches nous ont également permis d'appréhender le rôle majeur des émotions dans les phases de mémorisation. Lors d'une émotion comme la peur, l'influx nerveux arrive dans le thalamus qui génère deux types de messages : un pour le circuit long du néocortex, et le second vers les amygdales qui déclenche une poussée hormonale de cortisol vers le SNA, mais aussi vers les hippocampes, sièges de la mémorisation et de la contextualisation des informations. Nous avons vu comment dans le cadre des PTSD, un volume trop important de cortisol, lors d'une peur intense, inscrit quasi définitivement le stimulus externe comme un déclencheur potentiel d'activité émotionnel chez les sujets. Dans un domaine connexe, nous avons observé l'existence d'un pendant au QI, le quotient émotionnel. Celui-ci serait aussi important, voire plus, dans son rôle d'intégrateur et de conducteur à la réussite sociale. Cette intelligence émotionnelle peut être développée, et elle conduit à une meilleure gestion de ses émotions, notamment de ses émotions sociales. Le développement de l'intelligence émotionnelle pourrait conduire à la fluidité intellectuelle, moment de grâce permettant la réalisation de tâche difficile sans efforts. L'intelligence émotionnelle, son développement et ses conséquences sont peu étudiés dans son rapport aux EVs et au jeu vidéo, pourtant il semble que la production de nouveaux paradigmes d'EVs et de jeux vidéo produisant des émotions intelligemment positives comme celles qui caractérisent notre espèce, d'empathie et la compassion, pourrait devenir un enjeu majeur de nos sociétés.

Au regard de cette bibliographie, nous avons pris le parti d'induire des émotions fondamentales de base comme la peur, génératrice d'angoisse dans nos expérimentations. Nous utiliserons massivement la surprise comme un vecteur émotionnel. Nous rejoignons dans ce choix le point de vue de Joseph LeDoux qui a montré dans ses travaux que, de toutes les émotions la peur est la plus facile à induire, mais aussi celle dont les mesures physiologiques ou sémantiques subjectives sont les plus faciles à étudier significativement (LeDoux 1999, LeDoux 2005).

Chapitre 2 **La Réalité virtuelle, la Présence et le Flow**

« *La réalité, c'est ce qui continue d'exister quand on cesse d'y croire.* » Philip K. Dick.

2.1 Définitions de la réalité virtuelle

Prenons le parti de définir le réel pour mieux définir le virtuel, car le virtuel est souvent la copie du réel, hormis sans doute dans les univers virtuels des Arts Numériques où il peut s'en détacher.

La réalité est définie de deux manières, la première est spirituelle, c'est l'esprit qui est la preuve de notre existence, le corps n'est qu'une enveloppe. Platon définit ainsi le monde sensible composé de la multiplicité, des changements, de l'image, de l'apparence et de l'illusion ; le monde intelligible est le monde de la science, de l'unité de l'idée, de l'essence et de la réalité. Pour le philosophe l'homme doit quitter à l'aide de la philosophie le sensible pour rejoindre le réel du monde intelligible (Platon 360 AD). C'est aussi cette allégorie que nous retrouvons dans l'image de la caverne de Platon, il faut quitter le visible le sensible, pour aller vers le vrai, l'intelligible.

Dans une autre approche, les matérialistes considèrent que c'est notre corps qui nous prouve que nous sommes réels. Dans ce concept philosophique, il n'y a que ce qui est visible ou la science peut prouver qui est réel. La réalité c'est ce qui existe indépendamment de notre volonté. Kant reprend le concept du sensible, mais pour lui nos sens sont au centre de la réalité. Connaître, c'est organiser au moyen de notre sensibilité et de notre entendement ce qui est donné dans l'expérience, ce qui nous apparaît. C'est la notion de Noumène de Kant (Kant 2004).

Descartes comme le philosophe Zhuangzi, ont identifié le rêve comme un réel potentiel (Descartes and Gilson 1987). Dans le récit d'un rêve où Zhuangzi pense être un papillon butinant, heureux, de fleur en fleur, Zhuangzi dit qu'à son réveil, il ne sait plus distinguer s'il est Zhuangzi ayant rêvé qu'il était un papillon, ou s'il est réellement un papillon rêvant qu'il est Zhuangzi (Watson 1968).

Parallèlement au réel, et non pas opposé à lui, existe le virtuel. Celui-ci n'existe pas d'une manière concrète mais il s'actualise au rythme du réel.

Jaron Lasnier développeur de jeux vidéo des studios ATARI est devenu, le porte-parole officiel de la réalité virtuelle depuis 1985 (Pimentel and Kevin). Sa société, VPL

Research, fut à partir de 1988 la première à commercialiser des systèmes de RV clé en main, ce qui permit de généraliser la recherche dans ce domaine. C'est aussi à la même époque qu'on lui attribua l'invention du célèbre oxymore de « réalité virtuelle » pourtant déjà employé par Antonin Artaud (Artaud 1973), où il décrit le théâtre comme l'espace de la réalité virtuelle. Si, dans la langue française nous devons bien parler d'oxymore, ce n'est pas le cas en anglais, où le mot Virtual correspond plus à « *quasi* » ou « *de fait* » selon J.P. Papin, qu'à virtuel (Fuchs 2006). En somme Virtual Reality aurait pu être traduit par Quasi réalité, mais de nombreux auteurs comme Pierre Levy rappellent que le contraire de Virtuel n'est pas réel, mais actuel, et qu'en conséquence réalité virtuelle ne peut pas être considérée comme un oxymore. Ce qui en fait un virtuel bien réel...

De nombreuses définitions de la réalité virtuelle sont possibles, selon les cultures, les usages, ou les sensibilités. Nous en retiendront deux.

La première définit la *réalité virtuelle comme une simulation informatique interactive immersive, visuelle, sonore et/ou haptique, d'environnements réels ou imaginaires*. Dans ce cas, la finalité de la réalité virtuelle est de permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être « *imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel* ». Dans ce cas, la définition de la réalité virtuelle peut être limitée à deux termes : interactivité et immersion, ce que P. Fuchs définit comme les I² essentielles à une application de réalité virtuelle (Fuchs 2006).

L'utilisateur doit dans ce cas pouvoir interagir, agir directement avec l'environnement virtuel (se mouvoir, modifier des paramètres, etc.) le tout en temps réel, sans que la latence soit trop importante. Dans une définition très complète Philippe Fuchs propose de définir la réalité Virtuelle ainsi : « *la réalité virtuelle est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des **interfaces comportementales**²⁶ en vue de stimuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs.* » (Fuchs 2006). L'immersion peut être définie par le sentiment de présence, l'impression d'être réellement présent dans l'environnement virtuel, cette notion sera traitée longuement dans les chapitres suivants.

²⁶ Les **Interfaces comportementales** sont définies par P. Fuchs comme des dispositifs qui exploitent la perception et la motricité à la base du comportement humain.

Dans une définition antérieure et plus imagée : *La réalité virtuelle est une expérience d'immersion dans laquelle les utilisateurs portent des casques écrans munis de capteurs de position, voient des images stéréoscopiques, entendent un son 3D et peuvent explorer un monde interactif en trois dimensions.* (Pimentel and Kevin).

Cette seconde définition contraint la réalité virtuelle aux casques immersifs, ce qui correspond à une forte restriction des systèmes immersif. En revanche deux éléments importants sont ajoutés à la première définition : les images stéréoscopiques et le son 3D. L'intérêt de cette définition réside dans l'aspect multi-sensoriel des expériences quand la première est plus centrée sur l'interactivité.

Il nous apparaît que la définition de la réalité virtuelle évoluera probablement en même temps que les technologies qui la composent.

D'autres points de vue sont plus originaux, le concept des trois « I » par exemple, est proposé par G. Brudea, il caractérise la réalité virtuelle à partir de trois composantes fondamentales présenté dans un schéma triangulaire : il est composé de l'immersion, l'interaction et de l'imagination (Burdea and Coiffet 1993).

Les deux premières composantes sont issues des travaux de P. Fuchs, mais la dernière est spécifique à la réalité virtuelle. En effet puisqu'il s'agit d'une réalité simulée, aucune limite, hormis celles de notre imagination n'existent. L'imagination est une composante essentielle de l'immersion narrative et fictionnelle, elle utilise essentiellement les aspects émotionnels de notre nature.

Dans une autre définition de la réalité virtuelle, Jacques Tisseau propose que la R.V soit définie par les notions de présence et d'autonomie, la présence étant elle-même issue de paramètres immersifs et interactifs, ainsi la troisième composante de la RV serait l'autonomie et non pas l'imagination (Tisseau 2001).

Philippe Fuchs propose trois unités pour régir une application de réalité virtuelle, ces trois unités sont une allégorie des unités utilisées dans les œuvres théâtrales, où elles sont, le temps, le lieu et l'action. Pour la réalité virtuelle, P. Fuchs propose le temps, le lieu et l'interaction. Dans l'exemple d'une application de réalité virtuelle visant la reconstitution patrimoniale, l'abbaye de Cluny reconstituée par la société On-situ (dépendante des Arts & Métiers), les trois items correspondent à ceux-ci : temps : dans le passé ; lieu : reconstitution d'un réel imaginé ; interaction : déplacement autonome dans un monde simulé.



Figure 16, Abbaye de Cluny en R.A. © Arts & Métiers ParisTech / On-situ.

Les applications de réalité virtuelle sont multiples notons les domaines d'applications les plus en pointe actuellement dans une liste non exhaustive : cyberthérapie (Bouchard 2006), chirurgie , architecture, patrimoine, environnement virtuels pédagogiques, jeux vidéo (Shirai, Geslin et al. 2007), arts numériques (Shaw 1989) ; (Benayoun 2011)...

2.2.1 Des objectifs immersifs et d'induction d'émotions très anciens

La réalité virtuelle au même titre que la peinture est née de la volonté de trouver un véhicule pour le transport de l'âme. Ainsi en 1788 le peintre écossais Robert Baker présente une vue panoramique sur 360° de la ville d'Edimbourg. Trois mètres de haut sur vingt de circonférence (Figure 17), le visiteur est encerclé par la scène, ceci constitue probablement un premier essai d'immersion de type CAVE (Pimentel and Kevin) appelé aussi SAS Cube en Europe (Benayoun 2011).

Dès lors, il y a une profusion de ce type de panoramas, avec parfois l'ajout d'objets réels disposés au premier plan, dans le but d'augmenter l'immersion. Une presque analogie avec la virtualité augmentée, comme par exemple le Panorama impressionniste Mesdag de La Haye, créé en 1881 (telepresenceoptions 2013).



Figure 17, Robert Baker panorama 360°. © Aquatint by Henry Aston Barker, after Robert Barker.

Les objectifs d'augmentation de l'immersion sont une constante dans l'évolution des médiums que nous connaissons aujourd'hui. En 1833, Wheatstone invente le principe de la stéréoscopie. Ce fut un très grand succès populaire jusqu'au début du XX^{ème} siècle, dans de nombreux foyers aisés, le stéréographe s'apparente à la console contemporaine. Les sujets sont très variés et les plus grandes productions de stéréogrammes seront réalisées pendant la première guerre mondiale, ce qui nous livre encore aujourd'hui un témoignage très immersif de la réalité d'alors, en nous permettant une immersion que la photographie classique ne peut pas produire.

Il subsiste cependant un défaut majeur sur ces premiers appareils...comme dans la peinture panoramique, les images sont figées.

C'est paradoxalement l'invention de l'image animée qui mettra un terme temporaire au développement de la stéréoscopie. En 1889, Edison invente le Kinétoscope, puis vient le cinématographe des frères Auguste et Louis Lumière. Le cinématographe permet alors un voyage scénaristique et narratif qui invite le spectateur à une communion émotionnelle (Pimentel and Kevin).

Dans le cinéma, comme à la télévision, le réalisme à une limite : le spectateur regarde l'action à travers une fenêtre. Très rapidement les producteurs de films Hollywoodiens mettent en œuvre de nombreuses stratégies pour augmenter la sensation d'immersion et par là même les émotions des spectateurs. Le procédé du cinérama en est un exemple : trois caméras filment les scènes sur 180°, ce qui correspond aux limites du champ visuel de l'être humain, et restituent cette vision sur trois écrans de grandes tailles (est également ajouté à l'époque, l'enregistrement et la restitution du son sur six pistes différentes) (Pimentel and Kevin). La production de ce type de film s'arrêta en 1963 devant le coût astronomique que nécessitait la création d'une seule salle de projection.

Le procédé avait cependant attiré dans les salles un nombre de spectateurs jamais vu depuis 1946. Ceci semble prouver qu'il existait une grande attente du public pour une plus grande immersion, voire un sentiment de présence dans ces expériences narratives (Pimentel and Kevin). Il est intéressant de noter le retour des films stéréoscopiques dans les salles de cinéma depuis le succès du film Avatar (Cameron).

2.2.2 Cinétique visuelle et approche cognitive combinatoire

En 1960, Morton Heilig, un jeune cinéaste, décida de continuer seul l'expérience du cinéràma. Son objectif était de coupler un maximum d'expériences cognitives dans une seule animation, appelée le Sensorama (Heilig 1962).

Cet appareil, dont la forme rappelle celle des premières bornes de jeu vidéo offrait la possibilité de chevaucher virtuellement une moto et de réaliser un petit parcours en stéréoscopie, avec du son et un léger vent dans le visage, des vibrations et l'ajout d'odeurs.

Cette expérience émotionnelle constituait une première véritable approche multi sensorielle de réalité virtuelle, mais malheureusement le Sensorama de Heilig n'était pas interactif, condition essentielle à une expérience de réalité virtuelle immersive comme le rappelle P. Fuchs dans le traité de la réalité Virtuelle : sujet en environnement réel + I² (Immersion & Interaction) = Environnement Virtuel (Fuchs 2006).



Figure 18, Le « Sensorama » de Morton Heilig. © Morton Heilig (1962).

Paradoxalement la recherche de concepts immersifs de réalité virtuelle met souvent de côté l'approche cognitive combinatoire de Heilig. En 2003, le projet « Verdun » (ESICN ESIEA 2003) proposait une expérience immersive de réalité virtuelle utilisant HMD, vibrations, odeurs, vent et chaleur, peu de travaux sont menés dans cette voie prometteuse en

termes d'induction d'émotion et de présence.

2.2.3 Informatique et réalité virtuelle

Douglas Engelbart, ingénieur de Mountain View USA en 1950, propose d'utiliser les écrans de radar comme récepteurs des informations numériques des ordinateurs en lieu et place des traditionnelles cartes de papier perforées. Dès lors et grâce à l'ajout de quelques périphériques, l'ordinateur moderne est développé (Pimentel and Kevin). Il est l'outil qui manquait à Heilig pour le développement d'un véritable outil immersif interactif.

Cet outil sera développé dès 1966 grâce aux travaux de Ivan Sutherland sur le premier casque immersif HMD (Head Mounted Display) (Pimentel and Kevin). L'utilisateur percevait grâce à deux tubes cathodiques fixés près des oreilles, les images fournies par l'ordinateur qui se superposaient à la réalité. La première expérience de réalité virtuelle interactive et immersive fut en somme une expérience de réalité augmentée. En 1970 ce prototype de HMD était presque achevé et d'un concept proche de ceux utilisés aujourd'hui.

Ainsi si les premières expériences d'immersion émotionnelles prirent la forme de panorama proche du cube immersif de type CAVE, elles prirent la forme de HMD dès le début de l'ère informatique.



Figure 19, Le HMD d'Ivan Sutherland. © Photo courtesy of Ivan Sutherland.

Lors de la seconde guerre mondiale, l'intérêt des simulateurs de vol est démontré par le taux de survie des pilotes qui est exponentiel au nombre de sorties et d'heures de simulateur réalisées (Pimentel and Kevin). L'amélioration de leur réalisme augmenta leur efficacité (Pimentel and Kevin). Ivan Sutherland eu l'idée d'utiliser des images de mondes virtuels générées par un ordinateur en lieu et place des systèmes de « caméras maquettes » utilisés jusqu'alors (Sutherland 1965).

Dès le début de l'utilisation de ce type de simulateur, on put déterminer quel « frame rate » (nombre d'images affichées par seconde) est nécessaire à une bonne qualité d'entraînement. Ainsi les premiers simulateurs avec générateur de scène (Circa 1973) fonctionnaient avec un FPS de 20 pour un affichage de 200 à 400 polygones. Les études réalisées à cette époque montrèrent que la qualité des entraînements baissait d'une manière sensible en deçà de ce ratio (Pimentel and Kevin). Des recherches plus récentes conseillent une augmentation de ce seuil (Winkler, Sharma et al. 2001).

Le premier simulateur utilisé par la Navy américaine fut réalisé par General Electric en 1972. L'expérience réalisée par la Navy montra combien la complexité d'une représentation en volume de polygones, mais aussi la qualité des textures employées étaient des éléments fondamentaux pour que les pilotes puissent juger correctement de leur vitesse ou de leur altitude, de la même manière l'ajout d'une brume (technique du sfumato, perspective atmosphérique inventée par Leonard de Vinci) permit d'accroître le réalisme de l'expérience. D'une manière générale plus les images étaient réalistes et plus l'entraînement était efficace. (Pimentel and Kevin). Notons à contrario que les ingénieurs décidèrent de rajouter une grille sur l'océan afin de faciliter l'orientation des pilotes, ceci constituant certainement une première tentative d'utilisation d'un ALCog (Aide Logiciel Cognitive) dans une application de réalité virtuelle.

A la NASA, Michael Mc Greevy travailla sur le développement d'un HMD basé sur les travaux de Sutherland et Furness (Pimentel and Kevin). L'objectif était de développer un casque pragmatique avec un budget réduit de moins de 100 000 \$. Le but de Greevy était d'isoler complètement l'utilisateur de la réalité pour augmenter sa sensibilité aux émotions, Furness pensait aussi que ceci devait être un objectif des recherches sur les HMD. De nombreux casques immersifs sont aujourd'hui en développement, les coûts baissent et les nouvelles technologies d'affichage OLED et de tracking optique permettent d'augmenter sensiblement la qualité de ces produits, il ne s'agit pas encore à ce jour de HMD grand public,

mais certaines initiatives comme celle de Google en Réalité Augmentée vont dans ce sens (Edwards, Rolland et al. 1993, Melzer, Brozoski et al. 2009). Nous restons également très intéressés par le développement du HMD « *Oculus Rift* » qui semble très prometteur tant dans ses aspects techniques, que par son faible coût (OculusVR 2013).

Pour P. Fuchs, les finalités de la réalité virtuelle, peuvent être regroupées en trois grandes catégories :

La première propose « *une simulation de certains aspects du monde réel* », pour l'auteur, il n'y a pas de nécessité absolue à rechercher le plus grand degré de réalisme, le monde virtuel étant nécessairement une virtualité induite par une volonté de ne pas reproduire la réalité et permettant de la dépasser, dans le cadre d'apprentissage ou de formation, par exemple...

La seconde correspond à la création « *d'un monde symbolique* », permettant une représentation imagée d'un environnement supposé.

Enfin le virtuel peut correspondre à un « *monde* » partiellement ou totalement « *imaginaire* ». Cette représentation peut être artistique ou narrative (Fuchs 2006).

2.2.4 L'interaction

Concevoir une application de réalité virtuelle, c'est en définir l'architecture. P. Fuchs propose que celle-ci soit hiérarchisée et fondée sur une approche anthropocentrique relative à l'immersion et à l'interaction. Trois niveaux sont définis dans ce modèle qui privilégie la démarche cognitive. Le premier niveau est celui des interfaces sensori-motrices qui crée le lien avec le monde réel. Le second niveau correspond aux activités cognitives mentales, ici est caractérisée la pensée de l'opérateur. Le troisième est celui des interactions et de l'immersion fonctionnelle, c'est le niveau de la tâche, de la fonction à réaliser. Les fonctionnalités du système gérant le monde virtuel sont divisées en Primitives Comportementale de réalité Virtuelle (PCRVR), celles-ci regroupent les différentes activités à accomplir par un sujet lorsque celui-ci est dans un environnement virtuel. Les PCRVR sont regroupées en quatre catégories (Fuchs and Arnaldi 2006):

- observer le monde virtuel ;
- se déplacer dans le monde virtuel ;
- agir sur le monde virtuel ;

- communiquer avec autrui ou avec l'application ;

Si, dans l'observation, le sujet est généralement passif, il est toujours actif dans les autres catégories. Le défi technologique de la réalité virtuelle est qu'avec le temps toutes les PCRV courantes seront simulées et deviendront « transparentes », elles favoriseront alors la réalisation des I² fonctionnelles garantissant le succès d'une application de réalité virtuelle (Fuchs 2006).

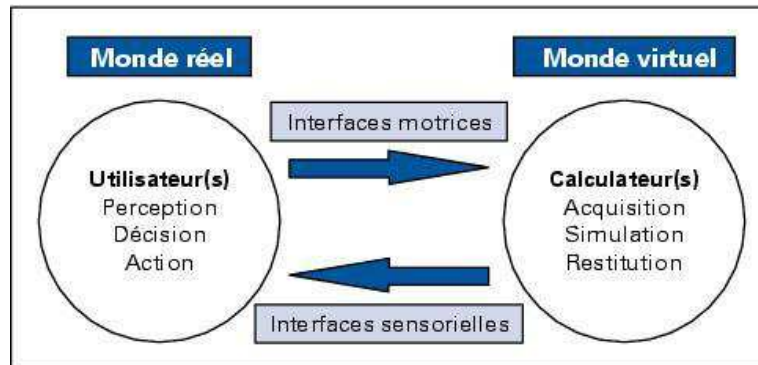


Figure 20, Schéma d'interaction entre l'homme et la réalité Virtuelle P. Fuchs. © Philippe Fuchs.

Dans le but de favoriser la mise en place des I² fonctionnelles, P. Fuchs a regroupé toutes les dispositifs aidant l'utilisateur à employer les dispositifs du virtuel sous le terme « d'Aides Logicielles Comportementale » (ALC), ces ALC peuvent être de type ALSM (Aide Logicielle Sensori-Motrices), ou ALCog (Aide Logicielle Cognitive). Les ALSM sont destinées à aider l'utilisateur de l'application de réalité virtuelle à communiquer à interagir avec celui-ci ; il peut s'agir de correction des inerties mécaniques des matériels haptiques à retour d'efforts, ou de l'anti-aliasing des images de synthèse pour améliorer les stimuli visuels. Les ALCog sont déterminées par les affordances²⁷ des objets et de l'environnement en relation avec l'utilisateur. Elles peuvent être de la forme d'informations ajoutées dans des plans afin d'aider l'utilisateur à naviguer dans un monde virtuel (Fuchs 2006). Les ALCog sont particulièrement présentes dans les jeux vidéo, où ils représentent tous les moyens d'information ou d'interaction possibles avec un environnement virtuel.

Alain Grumbach, introduit la problématique de la cognition au virtuel. Le fait qu'aujourd'hui l'humain doive interagir avec le virtuel parfois aussi souvent qu'avec le réel relève du véritable défi pour la cognition.

²⁷ Les affordances représentent les interactions possibles entre un objet et un utilisateur (Gibson, 1979).

Dans le cas de la réalité virtuelle, les fonctions les plus simples de la cognition comme raisonner, communiquer, apprendre ou s'émouvoir, doivent être totalement reconsidérées, conjuguées au monde virtuel. Pour A. Grumbach cette reconsidération *«peut être la source de défis cognitifs dans la mesure où elles placent l'humain dans des conditions inhabituelles pour lui»* (Grumbach 2003).

L'interaction est la composante motrice de tous les systèmes interactifs. Elle est définie comme le langage de communication entre l'homme et la machine (Fuchs 2003). Ce langage de communication décrit l'ensemble des actions/réactions de réciprocités entre l'homme et l'environnement virtuel, utilisant pour ce faire des interfaces sensorielles, motrices et des techniques d'interactions (Sternberger 2006). Les différentes techniques d'interactions sont situées entre la couche « matériels » considérée de « bas niveau » et la couche « applications » de « haut niveau ».

Classification des différentes techniques d'interaction 3D

La première classification des techniques d'interaction est proposé par Mine (Mine and Isaac 1995) : les interactions sont classées en quatre tâches fondamentales qui sont la navigation, la sélection, la manipulation et la mise à l'échelle. Une cinquième tâche est dérivée des quatre autres : menus virtuels et interaction par widgets. Bowman conserve les trois premiers items et remplace la mise à l'échelle par le contrôle d'application (Bowman 1999). Sternberger rajoute une tâche correspondant à la possibilité de rentrer des symboles, des chiffres et des lettres dans les application de RV (Sternberger 2006).

Dans une autre approche citée précédemment, les interactions sont décomposées en tâches élémentaires appelées « primitives comportementales virtuelles » (PCV). Les PCV composent les objectifs des I² fonctionnelles, et sont réalisées par l'utilisateur grâce aux techniques d'interactions qui sont classées dans ce cas dans quatre items : observer, se déplacer, agir et communiquer (Coquillart, Grosjean et al. 2003).

Au sein même de chacun des items définissant l'interaction avec les environnements 3D, il existe plusieurs sous-catégories, comme pour le déplacement, ou la navigation, qui peuvent être libres ou contraintes. Mais aussi pour les tâches de sélection et de manipulation, qui peuvent correspondre à des techniques « egocentriques » comme les techniques du GoGo qui utilisent la métaphore des mouvements de la main et du bras (Poupyrev, Weghorst et al. 1996), ou les techniques de « ray casting » qui utilise un rayon laser virtuel pour sélectionner ou manipuler les objets trop éloignés de l'utilisateur. D'autres techniques combinatoires dites

hybrides existent aussi dans ces domaines telle que la « bubble technique» (Dominjon 2005).

Les techniques d'interaction en 3D sont nombreuses, elles tendent à devenir de plus en plus transparentes pour l'utilisateur, grâce notamment à la vulgarisation des outils de motion capture comme la Kinect de Microsoft. Il est probable que ces outils permettent d'éviter les BIPs (Break In Presence) et de faciliter donc l'immersion émotionnelle.

2.2.5 L'immersion

L'immersion est une des composantes essentielles de la réalité virtuelle (Burdea and Coiffet 1993, Fuchs 2006). La communauté scientifique RV utilise fréquemment le terme d'immersion : immersion dans un univers 3D, immersion des utilisateurs, systèmes plus ou moins immersifs. Si de nombreuses définitions existent, celle du traité de la réalité virtuelle la définit comme une activité cérébrale liée à la perception de l'utilisateur de son environnement virtuel. On l'obtient en stimulant et en remplaçant le plus grand nombre de sensations naturelles par celles correspondantes dans l'univers virtuel (Fuchs 2003). Dans une autre approche, l'immersion est définie par le sentiment de présence, qui est lui-même dépendant de la sensation de l'utilisateur. Pour être en situation de présence, celui-ci doit imaginer que le monde virtuel dans lequel il évolue a remplacé le monde physique (Bowman 1999). Dans cette dernière composante, l'imagination et les émotions jouent un rôle considérable.

Il est communément admis que l'immersion est définie de trois façons distinctes. Selon les auteurs ces trois types d'immersion prennent des noms différents mais il semble bien que les nombreux termes qui les définissent puissent être effectivement restreints à trois items, que nous définissons ainsi :

L'immersion spatiale et sensorielle. Elle est l'immersion qui cherche à tromper les cinq sens de l'utilisateur, en lui laissant croire par exemple que les images projetées sur des grands écrans ou dans un H.M.D. sont des images réelles, ou encore que les retours de sensations de résistances ou d'efforts issues d'une interfaces I.H.M. comme un joystick ou un bras à retour d'efforts, sont réelles. Dans les domaines du jeu vidéo, cette immersion est aussi appelée sensori-motrice (Björk and Holopainen 2004), ou encore immersion tactile (Adams 2009).

L'immersion systémique et psychologique. Elle consiste à créer des challenges qui vont captiver l'attention de l'utilisateur. Les défis qui sont ainsi proposés focalisent l'attention de l'utilisateur sur des tâches internes au monde virtuel et lui font oublier la réalité, au point d'intégrer le virtuel comme une réalité. Cette immersion pourrait favoriser la présence, cependant si elle est très utilisée dans le Game Play des jeux vidéo car addictive, elle l'est assez peu en Réalité Virtuelle, sans doute à cause de son caractère répétitif et ludique. Certains auteurs mettent en avant sa dimension cognitive (Björk and Holopainen 2004), mais elle est aussi nommée immersion stratégique (Adams 2009). Du point de vue émotionnel, nous pensons que ce type d'immersion favorise les émotions dites de base, comme la surprise, la peur, mais aussi la joie et le plaisir, grâce aux bénéfices créés par de petites récompenses redondantes. Si ce type d'immersion correspond à une activité cérébrale cognitive, il n'en demeure pas moins que de nombreux mécanismes réflexifs primaires rentrent aussi en jeu.

L'immersion fictionnelle ou imaginative. Celle-ci consiste à immerger l'utilisateur dans une histoire. C'est la force de la narration, et de la dramaturgie qui permet d'oublier le monde réel, elle est parfois nommée « immersion narrative » (Adams 2009). Ce type d'immersion produit des émotions fondamentales de base, mais peut aussi générer des émotions sociales ou de second niveau comme l'empathie ou la compassion. Elle est très similaire quel que soit le type de médium, qu'il s'agisse d'un livre, d'un film ou d'un jeu vidéo interactif. L'immersion fictionnelle ou narrative est définie comme l'immersion émotive dans le domaine du jeu vidéo ludique (Björk and Holopainen 2004). Sa capacité immersive est à pondérer car dans le cas d'un jeu vidéo, Stéphane Zinetti (Ubisoft) précise que l'immersion narrative est souvent corrélée à un univers immersif de qualité.

2.2.6 Réalité virtuelle et triangle sémiotique

Comme nous l'avons précisé au chapitre précédent, la cognition est un élément essentiel de la réalisation d'une symbiose entre l'utilisateur et le monde virtuel.

En s'inspirant d'une modélisation schématique de Ogden et Richards du triangle sémiotique, conçu pour initialement illustrer la situation langagière (Ogden and Richards 1923), Grumbach définit les conditions de la cognition entre un opérateur, et l'environnement virtuel via un système d'interaction (Grumbach 2003).

Le triangle sémiotique d'Ogden et Richards met en relation un sujet S, un objet R désigné comme le « référent », et un locuteur L. Dans une des premières possibilités d'interaction entre les items, S perçoit directement R, si S voit un chat, il formalise cognitivement par le jeu du Gestalt un chat, cette activité mentale est désigné par le « signifié ». Dans la seconde possibilité S ne peut pas percevoir le chat « R », mais c'est L qui le voit et qui lui transmet oralement l'information. Dans ce cas S formalise l'image d'un chat sans le percevoir. Enfin dans la dernière possibilité, le chat n'est pas présent, et L parle de R à S, il déclenche alors chez S le signifié alors que lui-même ne perçoit pas R. Dans le triangle initial de Ogden & Richards, sont dissociés le sens de la référence, qui correspond au signifié perçu par S, le référent « R » et le symbole qui peut être le locuteur L.

Grumbach propose d'appliquer le triangle sémiotique à la réalité virtuelle, dans ce cas S est l'opérateur, le locuteur L est remplacé par le système d'interaction, qui communique les informations du monde virtuel, et qui parfois les traduit avec ces moyens. Enfin l'objet R est le monde virtuel. Du point de vue de Grumbach l'utilisation du triangle sémiotique dans les applications de réalité virtuelle est pertinente dans le sens où le langage peut évoquer le réel comme le virtuel, le langage est « *à sa façon un moyen de constitution d'un monde virtuel et d'évolution dans celui-ci* » (Grumbach 2003).

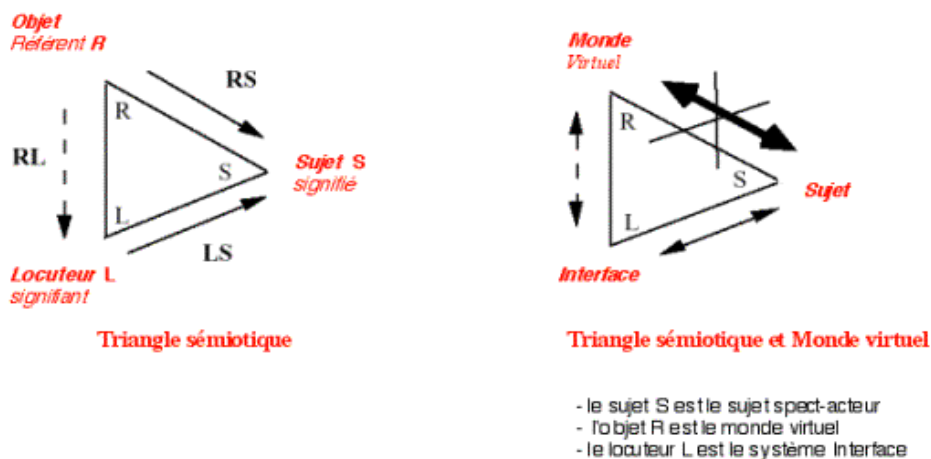


Figure 21, Triangle sémiotique et triangle sémiotique du virtuel.
© Alain Grumbach GET/ENST Paris (2003).

La différence essentielle entre les deux triangles, est dans la relation entre R et S : dans le cas du triangle sémiotique langagier, il existe un lien entre les deux items, mais dans le cas de la réalité virtuelle il y a une impossibilité de communication directe entre le Sujet et le

monde virtuel.

Si la notion de perception du monde virtuel via le triangle sémiotique nous paraît intéressante, c'est qu'il est centré sur la cognition de l'opérateur. Dans ce cas le succès d'une application de réalité virtuelle il n'y a qu'une dépendance à la qualité du monde proposée, ou à la qualité des systèmes d'interaction, mais aussi et surtout de la cognition de l'opérateur. Celui-ci est sujet aux perceptions internes tel que la proprioception²⁸, et à l'intéroception²⁹, mais aussi aux modifications métaboliques ou émotionnelles en relations avec la mémoire et le vécu individuelle.

Le triangle sémiotique de réalité virtuelle, met en évidence le caractère obligataire de la relation entre l'opérateur et le système interactif pour accéder au monde virtuel. Il montre aussi combien la cognition est importante dans cette relation, si cette cognition se fait grâce aux perceptions sensorielles, celles perçues d'un monde virtuel sont souvent très éloignées de celle d'une situation naturelle, et c'est en ce sens que nous pensons que les capacités humaines à focaliser son attention, (intentionnellement ou involontairement, par la sensibilisation aux émotions), mais aussi à la complétion³⁰, par le biais du Gestalt, sont des fonctions essentielles à la création de la présence en réalité virtuelle.

2.2.7 Définitions de la présence

La présence est intimement liée à l'immersion, elle est définie aujourd'hui par la majorité des médiateurs de réalité virtuelle comme l'élément déterminant de la réussite d'une expérience de réalité virtuelle, que celle-ci soit une simulation aux vertus sensibilisatrices, ludiques ou pédagogiques. Si la réalité virtuelle existe maintenant depuis plus de quarante-cinq années et les premières expériences de Donald Sutherland sur les HMD, il faut bien convenir que cette science est souvent considérée comme tout au plus un nouveau médium au même titre que la télévision ou le cinéma, capable de produire une simulation imparfaite de notre monde réel (Slater 2009). C'est parce que l'enjeu de la réalité virtuelle est bien de transcender notre monde réel pour nous transporter dans d'autres univers, que l'étude de la présence, définie comme le sentiment «d'être ici», la sensation d'être présent dans une autre

²⁸ La proprioception désigne la perception de soi-même, consciente ou non, en rapport avec la position des différents membres et de leur tonus, en relation avec la position du corps dans l'espace et son rapport à l'attraction terrestre.

²⁹ L'intéroception désigne la perception par le système nerveux des modifications ou des signaux provenant des viscères, des muscles, des tendons et articulations.

³⁰ La capacité à créer du sensible avec des informations partielles

dimension est primordiale pour de nombreux chercheurs.

Grâce à sa capacité imaginative, l'être humain est capable de planifier, d'interpréter des environnements qu'il ne connaît que par la transmission orale ou la lecture, cette capacité ayant largement participé à la survie de notre espèce. Cette capacité imaginative permet aussi de s'extraire du réel lors de la lecture d'un roman, ou au visionnage d'un film. Mais si ces mediums participent souvent à une activité émotionnelle non contrôlée qui pourrait laisser penser que nous sommes en situation de présence, (notre cœur s'emballe à la lecture d'une scène atroce ou nos poils se hérissent à la vision d'une scène d'horreur), dans aucun cas notre présence en ces médiums est telle, que nous fuyons à la lecture d'une scène d'incendie ou nous ne quittons la salle d'un cinéma quand dans un film un vaisseau spatiale explose (Sanchez-Vives 2005).

Une approche techno-centrée de la présence

La présence a d'abord été définie comme la télé-présence. Le concept fut introduit par Minsky (Minsky 1980), pour décrire le sentiment de projection que peut avoir un opérateur utilisant un système de télé-opération. Dans ce cas les caméras montrant la scène distante deviennent les yeux de l'opérateur, et celui-ci peut se sentir comme transporté dans le lieu distant. Sheridan proposa ensuite d'utiliser le terme de « virtual presence » pour définir le sentiment suscité par les environnements virtuels (Sheridan 1992). Reeves (Reeves 1991) puis Slater (Slater, Usoh et al. 1994) proposent l'emploi de l'expression «being there» (être là) pour définir le sentiment d'être présent dans un environnement virtuel. La définition de la présence proposée par Mel Slater inclut le concept d'être là : « l'utilisateur est ailleurs que là où il est physiquement, le « ailleurs » est formé par les images, sons et sensations physiques fournis aux sens de l'utilisateur par le système générant l'environnement virtuel. ». Dans une définition très proche de celle de Slater, Ellis propose de défendre une approche plus sensorielle : *«le processus par lequel une personne interprète des impressions sensorielles pour représenter des objets dans un environnement autre que celui dans lequel la personne existe vraiment »* (Ellis 1991).

Une illusion et une non-médiation

Le concept « d'être là » est associé à la perception sensorielle de l'environnement virtuel et à la façon dont les utilisateurs percevant les stimuli de l'environnement virtuel formalisent une représentation mentale de ce qui les entoure. Ce concept de présence est défini aujourd'hui comme l'approche technologique de celle-ci. Lombard et Ditton (Lombard and Ditton 1997) créent une définition très synthétique de la présence : « *Une illusion perceptive de non-médiation* » ; cette définition met l'accent sur l'illusion d'être là tout en oubliant, parce que celles-ci deviennent transparentes, invisibles, les différentes interfaces sensorielles. Ainsi, l'expérience de réalité virtuelle n'est plus perçue comme médiatisée, mais comme une expérience bien réelle.

Toutefois la simple stimulation des sens, quelle qu'en soit la qualité, n'implique pas systématiquement la production d'un grand sentiment de présence et cette vision technocentrée oublie le rôle important de la psychologie de l'utilisateur. Il faut attendre la définition de Lee (Lee 2003) qui reprend le principe de transparence du médium de Lombard & Ditton tout en ajoutant la prise en compte du concept de présence psychologique : « *un état psychologique dans lequel la virtualité de l'expérience n'est pas perçue* ».

Aux conceptions technologiques de la présence des chercheurs comme Biocca ont opposé une vision psychologique (Biocca and Delaney 1995, Biocca 2003), d'autres soulignent que les émotions sont une composante essentielle de la présence (Lee 2007).

Une approche psychologique

C'est pour distinguer ces deux aspects, l'un définissant notre proprioception, notre kinesthésie et l'autre la crédibilité de ce que nous voyons ressentons et entendons, que Mel Slater propose les concepts de Place Illusion (PI) et de Plausability Illusion (Psi) (Slater 2009). PI est défini comme la sensation d'être dans un véritable endroit, et Psi comme la crédibilité du monde qui nous entoure, l'illusion que le scénario qui est déroulé devant nous est réellement en train de se passer.

La présence procède de deux types d'illusions, l'illusion perceptuelle correspondrait à PI, elle est produite par la technologie, c'est tout ce que le corps de l'utilisateur ressent de proprioceptif et d'intéroceptif. La seconde illusion est psychologique, l'attention et les émotions participent activement à celle-ci, elle est consciente et inconsciente, elle peut être cognitive, dans le cas du Gestalt. C'est cette illusion qui produit la Psi.

Du point de vue du philosophe américain N. Bostrom, la réalité virtuelle ne peut pas mener à une présence totale, celle où l'on ne peut plus percevoir que l'on est dans un environnement virtuel, car en réalité virtuelle les systèmes locuteurs ne sont pas « transparents » et la conscience de l'existence de ces systèmes par l'utilisateur empêche la mise en place d'une présence absolue.

Nick Bostrom propose le concept de réalité simulée, une simulation où nous ne pouvons distinguer la différence avec le réel (Bostrom 2003). La théorie de N. Bostrom selon laquelle nous pourrions vivre actuellement dans une réalité simulée, s'appuie sur plusieurs items :

- i. Il est possible qu'une civilisation avancée puisse créer une simulation informatique qui contient des individus avec une intelligence artificielle (I.A).
- ii. Une telle civilisation pourrait lancer simultanément plusieurs millions de ce type de simulation. (pour le plaisir, pour de la recherche scientifique, ou pour d'autres raisons...).
- iii. Un individu simulé dans le programme, ne saurait pas nécessairement qu'il est dans une simulation. Il vaque à ces occupations en considérant être dans le "vrai monde".

Pour N. Bostrom, la véritable question est donc : si nous considérons que les premiers items sont possibles, laquelle de ces deux options l'est le moins ?

a) Nous sommes, l'une de ces civilisations qui développent des IA et nous ne sommes pas une civilisation simulée.

b) Nous sommes une de ces millions de civilisations simulées (comme le précise le point iii.)

La théorie de N. Bostrom est à la base de nombreux scénarios de films d'anticipation comme Avalon (Oshii 2001) ou la trilogie de Matrix (Wachowski and Wachowski 1999). Mais le concept de monde parallèle est aussi ancien que la littérature, il était présent pendant la période médiévale ainsi que dans le théâtre religieux de la renaissance. L'autre monde, comme dans le chamanisme, est souvent décrit comme celui des rêves.

Nous avons vu précédemment que le rêve pouvait être considéré comme une autre réalité (Descartes 1649, Watson 1968). Si, dans les conditions d'un rêve, notre niveau de

présence peut être indéniablement élevé à son plus haut point, comme le montre les somnambules, nous pouvons définir le rêve comme l'égal de la réalité simulée de N. Bostrom en termes de présence. Notre point de vue est celui d'une présence issue de la conjonction entre les retours sensoriels issus d'un médium transparent et une conception émotionnelle et psychologique de la présence pouvant dépendre de la notion de « jouer le jeu » de l'utilisateur. Nous proposons le schéma suivant illustrant les niveaux de la présence.

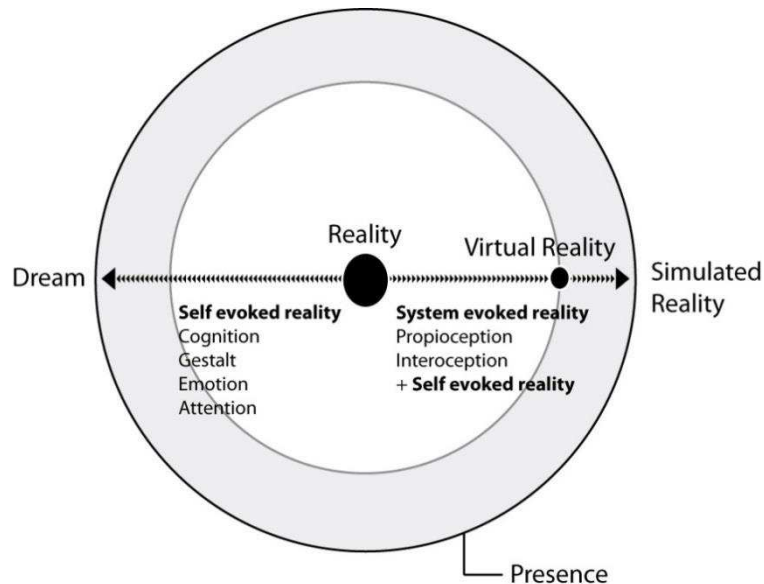


Figure 22, Proposition de schéma évoquant les niveaux de présence.

Dans cette proposition de formalisation de la présence, le rêve est l'égal de la réalité simulée, mais les moyens de parvenir à la présence absolue, (celle où l'on n'a plus conscience d'évoluer dans une virtualité) ne sont pas les mêmes dans les deux cas (Pillai 2013, Pillai, Schmidt et al. 2013). Pour parvenir à cet état dans le rêve, et pour reprendre le triangle sémiotique virtuel (Grumbach 2003), il n'y a pas de locuteur entre le sujet et l'objet. En revanche dans le cas de la réalité virtuelle, le système interactif est le locuteur, qui évoque la réalité ; il est lié de manière cognitive à la conceptualisation de l'environnement virtuel par le Gestalt. De notre point de vue les émotions jouent un rôle important dans la mise en place de Psi, intimement lié à la réalité auto évoquée.

Les moyens de parvenir à la réalité simulée évoquée par Bostrom (Bostrom 2003) nous sont aujourd'hui inconnus, dans la mesure où le système locuteur doit devenir totalement transparent, l'utilisation de catalyseurs hormonaux de l'attention comme certaines drogues

agissant sur la décharge neuronale pourraient être un des moyens à envisager.

2.2.8 Présence et émotions

L'expérience média dans laquelle un utilisateur est personnellement et physiquement présent dans l'application projetée est nommée « présence » ou plus particulièrement « présence spatiale » (Lombard and Ditton 1997). En 1997 Lombard et Ditton définissent la présence comme « l'illusion de la perception d'une non médiation » ; dans ce concept seule la réalité virtuelle et son évolution technologique pourra amener à une expérience totale de présence, les médias plus traditionnels (télévision, jeu vidéo) étant moins inducteurs de présence.

De nombreux paramètres sont déterminants dans la notion de présence. Ils ont été définis comme le volume de relations sociales, le degré de réalisme, la notion « d'être ici » et de « c'est ici », et la perception de l'immersion (Lombard 1997). Récemment il a été mis en évidence le caractère multimodal de la présence.

Des travaux récents mettent en évidence les relations importantes entre la notion de présence et les émotions. Ces travaux montrent aussi une augmentation du sentiment de présence dans le cas d'induction d'émotions comme l'anxiété et la relaxation, à la différence des environnements neutres. Dans la plupart des cas observés la présence augmente de manière significative quel que soit le type d'émotion induite (Riva, Mantovani et al. 2007).

2.2.9 Facteur de présence et émotions

Dans un article important de la littérature en réalité virtuel, Slater clarifie la notion de présence en suggérant que la présence tient plus de la forme que du contenu (Slater 2003). De son point de vue il ne faut pas confondre le degré d'engagement émotionnel dans le contenu environnemental et la présence. Slater focalise la notion de présence sur l'immersion et la qualité des interactions, cette vision étant discutée par de nombreux chercheurs. Pour Bouvier seule une immersion émotionnelle de qualité peut garantir un haut niveau de présence pendant un laps de temps important. Il pense que la limitation à une immersion interactive, non augmentée d'émotions, se résumera à ce qu'il appelle un effet « *waouh !!!* », un effet de surprise (Bouvier 2009). Nous rejoignons ce point de vue, en argumentant que si l'immersion

est une des composantes essentielles de la présence, seules les immersions narrative et cognitive chargées émotionnellement peuvent créer les conditions d'une présence constante. Comme le souligne Bouvier, dans le monde réel la qualité de nos interactions avec l'environnement est indiscutable, celle de notre immersion l'est aussi... Toutefois il nous arrive d'avoir ces moments d'absences, liés la plupart du temps à un non investissement émotionnel. L'absence est définie par certains chercheurs comme le pendant de la présence (Waterworth, Riva et al. 2003). Les émotions permettent à l'utilisateur de faire abstraction de l'environnement réel pour se concentrer sur le virtuel (Wang Y. 2006). Elles permettent de focaliser l'attention de l'utilisateur sur l'E.V. mais elles le mettent aussi dans les conditions de l'acceptation de jouer le jeu. Notre point de vue sur la présence rejoint celui de Bouvier, nous pensons que présence et émotions s'autoalimentent dans un cercle itératif, cercle vertueux selon Bouvier : « *les émotions aident à ressentir la présence puis, une fois le sentiment de présence atteint, les émotions sont ressenties avec plus d'intensité.* » (Bouvier 2009). Plusieurs recherches étayent cette théorie, ainsi les travaux de Michaud et al (Michaud, Bouchard et al. 2004) et de Riva et al (Riva, Mantovani et al. 2007) montrent que des environnements inducteurs d'émotions de anxigènes ou apaisantes génèrent plus de présence que des environnements non émotionnants. Bouvier montre que les utilisateurs ressentant des émotions dans une expérience de réalité virtuelle éprouvent un sentiment de présence plus élevé que ceux qui n'en ressentent pas. Et que, dans un second temps, les utilisateurs ressentant un sentiment de présence plus élevé, ressentent aussi des émotions plus intenses (Bouvier 2009).

Du point de vue biologique la présence est un sentiment déterminant de la conscience (Damasio 1995). C'est le sentiment d'être corporellement dans un monde existant, il a été conçu par l'évolution de manière à prémunir les organismes de réaction garantissant leur survie face aux stimuli externes. C'est pourquoi il est facile de confondre la présence et l'émotivité ou le niveau d'intérêt ou encore le niveau d'attention alloué à l'E.V. Si notre vie émotionnelle et affective est construite sur ce substrat de l'évolution, dans notre société moderne les situations imaginées évoquent les mêmes mécaniques d'attention et d'émotions (Waterworth, Riva et al. 2003). Ceci ne reflète pas nécessairement la présence, mais les notions de présences et d'émotions sont particulièrement liées.

L'engagement émotionnel conduit à ce que de nombreux chercheurs appellent « *The suspended disbelief* » et que nous pourrions traduire par « *la suspension de la crédulité* » (Waterworth, Riva et al. 2003), cette étape de présence correspond à un laisser- aller de

l'esprit. Celui-ci se prête au jeu de l'illusion. Pour Bouvier, la présence est suspendue à l'acceptation de l'utilisateur de « *se prendre au jeu* » de l'expérience virtuelle (Bouvier 2009). Cette acceptation dépend en partie de la capacité des concepteurs d'E.V. à créer les conditions émotionnelles qui généreront la présence. Une des solutions envisageables pour créer cet environnement pourrait être d'induire des émotions en temps réel en fonction de la récupération de plusieurs mesures physiologiques prises sur l'utilisateur. Ceci permettrait d'adapter le schéma inducteur de présence et d'émotions en fonctions de la personnalité et des objectifs de chaque joueur ou utilisateur, car si les émotions sont universelles (Ekman 2003), elles sont aussi idiosyncratiques (Darwin 1899), et les différents traits de personnalité identifiés par Enneagram ou les différents buts fondamentaux des individus décrits dans la théorie de Reiss's (Reiss, Wiltz et al. 2001) et dans la pyramide des besoins de Maslow (Maslow 1943), montrent combien chacun, tout en étant semblable aux autres, en est aussi différent. Des chercheurs de la réalité virtuelle, étudient les corrélations entre les personnalités émotionnelles des utilisateurs, leurs niveaux d'activités du SNA exprimés et l'adaptabilité de l'E.V. (Bouvier, Chaudeyrac et al. 2007). D'autres études sont menées dans le même sens dans le domaine du jeu vidéo, avec l'objectif de mesurer les retours physiologiques des joueurs pour augmenter l'expérience de jeu, notamment par le Laboratoire du studio VALVe (Ambinder 2011).

2.2.10 Présence et Flow Zone

Le psychologue Mihaly Csikszentmihalyi s'est intéressé à ce qui vaut la peine d'être vécu dans la vie. Ses travaux ont été initialement inspirés par le psychologue Carl Jung (Jung 1933). Il montre dans un premier temps que seulement 30% des gens se disent heureux, et ceci quelle que soit l'époque et quels que soient leurs niveaux de revenus. Au-dessus d'un seuil de quelques milliers de dollars au-dessus du niveau de pauvreté, le niveau de bien-être matériel ne semble pas affecter le bonheur des gens. En revanche le manque de ressources matérielles essentielles contribue au malheur. Partant de ce constat Csikszentmihalyi étudia pendant plus de quarante années, les groupes spécifiquement créatifs des artistes et des scientifiques pour essayer de déterminer ce qui semble les rendre plus heureux. Après l'analyse de nombreux interviews, il constata que l'essentiel de ce sentiment réside dans des moments d'extases intellectuelle (Csikszentmihalyi 1998). Nous rapprochons l'état d'extase

décrit par Csikszentmihalyi de celui de "flux" défini par les théoriciens de l'intelligence émotionnelle (Goleman 1995). Csikszentmihalyi nomme ce point d'extase le "Flow", nous utiliserons dans notre mémoire ce terme anglais de « Flow » car il est courant dans le domaine du jeu vidéo. A la différence du flux évoquée par Coleman, Csikszentmihalyi précise que le Flow est un instant privilégié en dehors de la routine quotidienne. Il s'agit pour lui d'un état transitionnel, d'un passage dans une autre réalité. Csikszentmihalyi pense que ce qui reste d'une civilisation après sa disparition réside plus dans sa capacité à générer ces moments de Flow émotionnel caractéristiques, du théâtre, du cirque ou des arènes, ou du jeu qu'il soit traditionnel, sportif ou vidéo, que de sa vie quotidienne. La création ou la participation à une nouvelle réalité permet de rentrer dans le Flow, comme lors de la création d'une peinture, d'une musique, ou lors de la participation à une narration collective. Pour Csikszentmihalyi la focalisation d'attention intellectuelle qui permet le Flow vient d'une limitation physiologique du traitement de l'information (Csikszentmihalyi 1998). En effet notre système nerveux central n'est pas en capacité de traiter plus de 110 bits d'informations par seconde. Quand une simple conversation demande plus de 60 bits de concentration, on comprend aisément que nous ne puissions pas suivre deux interlocuteurs simultanément. Quand un être humain est complètement impliqué dans une extase de création proche du Flow, il ne lui reste pas assez de capacité d'attention pour être à l'écoute de son propre corps, ou de l'environnement qui l'entoure. Nous pensons que c'est précisément en ce sens que le Flow décrit par M. Csikszentmihalyi nous semble être un élément psychologique déterminant du chemin qui peut mener à la présence en réalité virtuelle. Dans cet état de Flow ou de Fluidité, le corps disparaît, nous ne sentons plus la faim, ou la soif, et les mécanismes interactifs de contrôle des mondes virtuels ou des jeux vidéo disparaissent et deviennent invisibles. Ce même état extatique permet sans doute aussi de gommer les incohérences cognitives. Dans l'état de Flow ou de fluidité nous n'avons plus conscience du temps et les tâches les plus compliquées deviennent simples et semblent se réaliser sans difficulté. Notons que dans de nombreux questionnaires sémantiques de présence en réalité virtuelle, la capacité à évaluer le temps passé dans l'application est aussi évaluée (Usoh, Catena et al. 2000). Le processus de mise en place du Flow est toujours spécifique à la résultante de la jouissance d'une grande technique ou d'une grande compétence. Il est impossible à une personne d'atteindre le Flow en essayant de jouer de la musique, s'il ne maîtrise pas complètement l'instrument (Csikszentmihalyi 2000). Reporté à l'activité du jeu vidéo ou à une expérience de réalité virtuelle, ce constat implique que, dans ces médiums aussi, une maîtrise des techniques de contrôle de l'interaction comme une gestion progressive des compétences doit être mise en place pour pouvoir

atteindre le point de Flow, la fluidité ou encore dans une autre mesure, la présence.

Dans l'analyse des différentes interviews réalisées à travers le monde pendant quarante ans, sept points identiques ont été relevés dans le sentiment d'être dans le flux. Ces différents points sont les mêmes, quelles que soient la culture, l'activité ou l'éducation des personnes interrogées :

- Etre complètement investi dans ce que l'on fait. La concentration et l'attention doivent être totalement engagées dans la réalisation de la tâche.
- Un fort sentiment d'extase intellectuelle, et le sentiment d'être ailleurs que dans le quotidien.
- Une grande clarté intérieure, savoir instantanément ce qui doit être fait et comment le faire.
- Savoir ce que l'activité requiert comme compétences et savoir que nos compétences sont adéquates à ce qui doit être fait.
- Un sentiment de sérénité, ne pas s'inquiéter de soi, et avoir le sentiment de croître au-dessus des limites de son ego.
- Perte de la notion du temps, les heures semblent être des minutes.
- Des motivations internes, ce que produit le Flow devient un objectif personnel.

C'est une intense concentration qui permet d'atteindre cette clarté intérieure et ce sentiment d'extase. Nous supposons que le moindre BIPs dans la phase ascendante de ce fragile processus le brise instantanément. Quand l'extase intellectuelle du Flow est atteinte ce que vous êtes en train de faire prend de la valeur en soi (Csikszentmihalyi 2004), ce qui a de la valeur à nos yeux prend une place plus importante dans notre mémoire affective. Dans le domaine du jeu vidéo, donner la possibilité au joueur d'atteindre l'état de Flow renforce le lien affectif au produit et la mémorisation de celui-ci. D'un point de vue émotionnel, l'excitation ou l'activation du point de vue de la classification dimensionnelle de Russel, est le moment privilégié de l'apprentissage et de la mémorisation.

M. Csikszentmihalyi définit schématiquement une méthodologie d'augmentation du Flow, elle-même très proche de la classification dimensionnelle des émotions de Russel. De son point de vue, le Flow se situe entre l'excitation, motivée par les défis et le contrôle défini

par le niveau de compétence. Il est ainsi possible de rentrer dans le flow par le biais du control, mais dans ce cas, les défis devront être augmentés. Si les défis sont trop importants, ils mènent à l'anxiété, si le niveau de compétences requis est trop élevé, l'utilisateur glisse vers l'ennui.

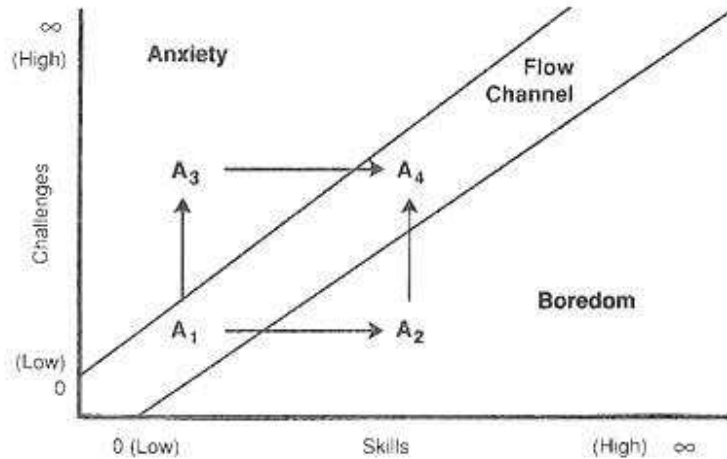


Figure 23, Le Flow Channel selon Csikszentmihalyi. © Csikszentmihalyi : Flow: The Psychology of Optimal Experience - Harper Perennial Modern Classics (2008).

Csikszentmihalyi voit un lien très important entre Flow et bonheur. Son constat est que la plupart des gens vivent dans l'apathie, sans défis et sans développer de compétences propres à les mener vers le flow. La plupart des médiums comme la télévision mènent à l'apathie (Csikszentmihalyi 2004) sauf quand, dans 7% des cas, le spectateur est véritablement le prescripteur du choix de son programme. Mais le jeu vidéo et la réalité virtuelle sont différents, dans le sens où ils sont interactifs et doivent mener plus au libre arbitre qu'au seul contrôle de l'interaction. En ce sens ils se doivent de cultiver leur particularités interactives et dans le cas du jeu vidéo de repousser la tendance à l'utilisation de cinématiques contemplatives illusoirement immersives, et génératrice dans la plupart des cas de BIPs.

Flow Zone dans le jeu vidéo

Avec une antériorité de plus de 30 années, et une production industrialisée, le jeu vidéo semble être un média mature, il est cependant parfois décrit par ses spécialistes comme un médium en évolution, parfois « *inculte et immature* » (Natkin 2004). Lors de ses débuts dans les années 80 les discours de dénonciations dominaient, avant de devenir par la suite plus normatifs. Ces discours avaient tout autant existé pour dénoncer les autres média de masse

comme le cinéma et la télévision lors de leur naissance (Natkin 2004, Rufat and Minassian 2011). Il n'existe pas aujourd'hui de consensus sur la définition de ce qu'est un jeu vidéo, et la multitude de noms qu'on lui donne (video game, digital game, virtual world, computer game) sont d'après S. Rufat, autant de moyens d'écarter le jeu vidéo de ce qu'il est réellement : « *un moyen de divertissement ludique* ». Le jeu vidéo s'applique aujourd'hui largement à la formation, la publicité, le marketing, l'éducation, la simulation... mais paradoxalement sa nature ludique dérange, et n'est pas toujours complètement assumée. Si l'objet ludique est écarté au profit de l'objet sérieux, il ne s'agit simplement plus de jeux (Rufat and Minassian 2011).

Classifier les jeux vidéo est complexe tant il en existe une vaste diversité définie tant par leur gameplay, leur finalité, leur type d'environnement, leur mécanique ergonomique ou encore le type d'IHMs³¹ utilisées. Cependant, plusieurs classifications font référence, comme celles des frères Le Diberder et de Stéphane Natkin (Le Diberder and Le Diberder 1998, Natkin 2004). Pour S. Natkin, les jeux vidéo sont divisés en deux grandes catégories : Solo ou Multi-joueurs, la catégorie Solo est sous-divisée en quatre catégories : Puzzle, Stratégie, Action et Aventure, et celle des Multi-joueurs en deux sous-catégories : Communautés ouvertes ou fermées, la communauté fermée est de nouveau sous-divisée dans les quatre sous-catégories du mode Solo et la sous-catégorie « fermée » et divisée en deux groupes : stratégie et aventure (Natkin 2004). Cette classification claire, doit faire face à un grand nombre de classification journalistiques fantaisistes, pourtant celles-ci semblent vouées à l'évolution vue la nature innovante des concepts et des technologies de ce média. D'autres chercheurs essayent de créer une classification dynamique innovante et évolutive des jeux vidéo (Alvarez, Djaouti et al. 2007, Alvarez, Djaouti et al. 2007). Il est difficile d'avoir un consensus en ce domaine, toutefois, la plupart des chercheurs sont en accord pour définir que ce qui fait un jeu vidéo réside dans sa notion ludique. Le jeu procure du plaisir, il est aujourd'hui le média d'amusement choisi par des millions de personnes (Wolf 2002). Nous pourrions en faire la définition synthétique suivante, inspirée par Jesse Schell, et Stéphane Natkin : « Le jeu vidéo est un objet numérique interactif ludique convoquant fréquemment la surprise, et provoquant l'engagement du joueur » (Schell 2008, Natkin 2010). Natkin le définit comme « *une œuvre audiovisuelle interactive dont l'objectif premier est de distraire (...) basée sur une technologie informatique* » (Natkin 2004). Autant de définitions existent pour l'action de « jouer », une des plus simpliste est résumé par F. Schiller : « *Jouer est la dépense*

³¹ Les IHMs sont les Interfaces Homme-machine, qui permettent qu'un humain puisse communiquer avec une machine.

sans but d'une énergie débordante » (Schiller 2004). Mais cette définition est limitée, dans le sens où elle implique que le jeu est une dépense d'un trop plein d'énergie. La conception d'un jeu vidéo peut être synthétisée dans un tétrade, comprenant « esthétique, histoire, technologie et mécanique » selon J. Schell (Schell 2008). La question centrale des concepteurs de jeux vidéo, devient donc : comment maintenir l'attention et le plaisir des joueurs pendant la totalité d'un jeu ? Cet état de plaisir extatique de fluidité intellectuelle est atteint grâce aux mécanismes de Gameplay. Le Gameplay dont le mot original semble être littéralement « How the Game Plays », correspond à la règle du jeu. Il définit les limites et les moyens d'interagir, ces règles peuvent être réunies sous la forme de briques ou de metabriques (brique d'évitement, de gestion, de tir...). Ces briques seraient au nombre de onze selon Alvarez & al (Alvarez, Djaouti et al. 2007). Les règles du gameplay sont divisées en trois catégories :

- Les règles de manipulations (ce que peut faire le joueur)
- Les règles d'objectifs (les objectifs du jeu)
- Les métarègles (les libertés de modification du jeu accordées au joueur)

Certains *game designers* s'emploient à produire des gameplays innovants en transformant les règles de manipulations et d'objectifs, d'autres conseillent de s'intéresser activement aux possibilités des métarègles (Guardiola and Natkin 2005). La plupart des joueurs de jeu vidéo pratiquent des jeux sans en connaître les règles (Zimmerman and Salen 2004) ; le manuel du jeu (quand il existe !) est rarement lu, celui-ci contient tout ou partie des règles du jeu comme définies par D. Parlett : Règles fonctionnelles, opérationnelles, comportementales, et consultatives (Parlett 1999). Quand une partie des règles sont cachées aux joueurs, certains chercheurs comme Dunnigan appellent ce syndrome « *la boîte noire* » ce qui constitue pour lui un clair désavantage (Dunnigan 2000). D'autres chercheurs comme S. Natkin considèrent au contraire que cette boîte noire permet d'augmenter l'intérêt des joueurs (Natkin and Genvo 2006) ; un nombre croissant de jeux vidéo utilisent ce principe de boîte noire (appelée « *Sand Box* » en anglais), ainsi le succès récent du Mod³² DayZ sur la base du jeu Arma II est un exemple d'appropriation des règles du jeu par les joueurs (BohemiaInteractive 2012).

Aujourd'hui le coût d'un jeu vidéo peut largement dépasser celui de la production d'un film de cinéma, plus de 30 Millions d'Euros en 2004 (Natkin 2004), plus de 50 Millions

³² Un **Mod** est un jeu vidéo créé à partir d'un autre jeu original sous la forme d'un greffon. Mod est la contraction du mot anglais *modification*.

en 2012, il est rare cependant que les joueurs finissent la totalité d'un jeu acheté même quand celui-ci comporte un système narratif émotionnel de captation de l'attention. C'est le constat que nous avons réalisé auprès de nos publics conférenciers ainsi que lors d'interviews de professionnels de la société UbiSoft Montreuil (Ubisoft 2013). Certains théoriciens du jeu vidéo ont associé les théories de recherche du bonheur par le Flow et l'expérience d'un joueur totalement immergé dans un jeu vidéo (Holt, 2000)(Schell 2008). Ce concept de Flow Zone appliqué au jeu vidéo, suit précisément la théorie de Csikszentmihalyi selon laquelle la Zone de Flow dans le jeu se situe entre une bonne gestion du niveau de challenge et de celui du degré de compétences acquises. Il requiert systématiquement une bonne orientation et un accompagnement du joueur.

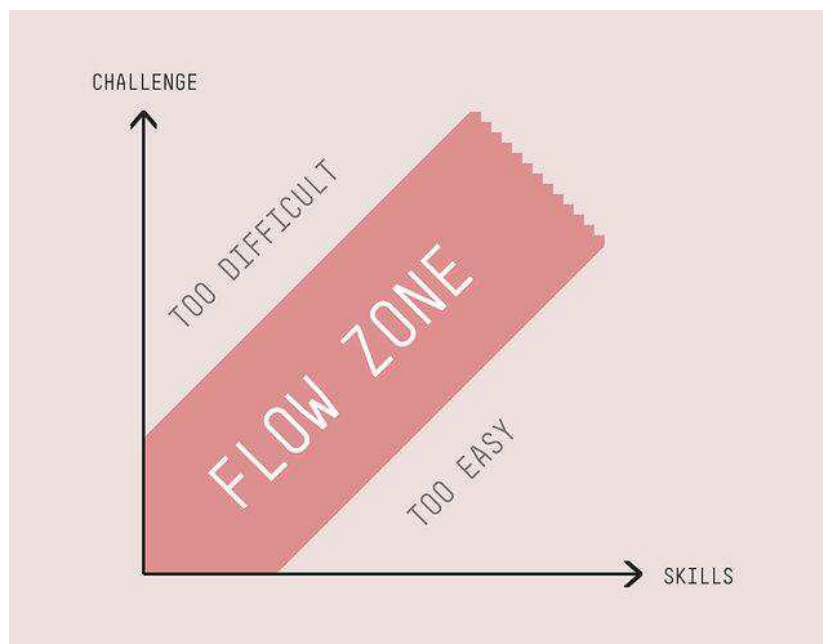


Figure 24, Les zones de difficulté et d'ennui du Flow. © FastCoDesign.

D'autres chercheurs utilisèrent ce concept afin de déterminer une méthodologie de gestion de la difficulté permettant de conserver le joueur dans la zone de Flow. Cette méthode s'appelle le DDA (Dynamic Difficulty Adjustment) et a été introduite par Jenova Chen qui propose de modifier dynamiquement et en temps réel le niveau de challenge auquel le joueur est confronté, ainsi que la gestion de ces compétences, en fonction du positionnement psychologique pendant le temps du jeu (Jenova 2007).

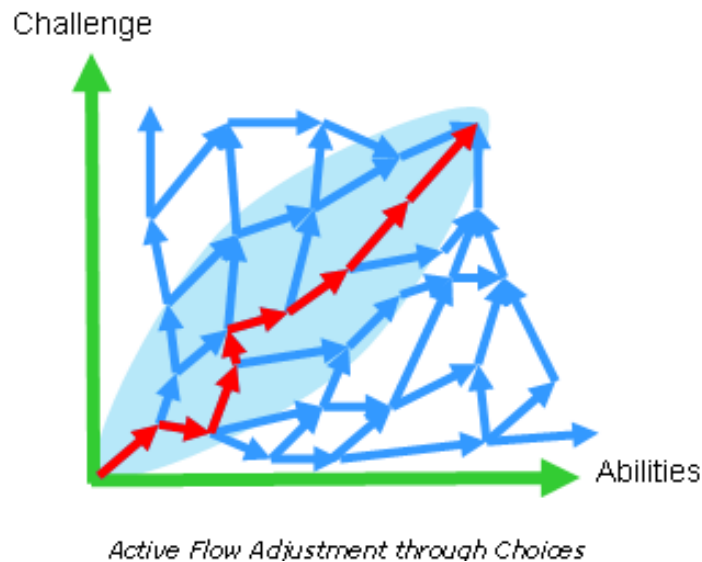


Figure 25, L'ajustement de la difficulté pour rester dans le Flow. © courtesy of Jenova Chen.

Si ce concept semble prometteur, il faut convenir qu'à ce jour aucune méthodologie de mesure du Flow Zone dans le jeu vidéo et en temps réel n'a réellement été éprouvée, et que ce que les spécialistes appellent l'« *Affective Gaming* » reste un vœu pieu. A notre connaissance seuls les travaux du psychologue Mike Ambinder du laboratoire de la société de jeu vidéo VALV^e cherchent à aller dans ce sens (Ambinder 2008) mais de son aveu même, les systèmes de reconnaissances émotionnelles actuels sont, soit trop intrusifs, soit manquent de précision, pour permettre de gérer efficacement le niveau de DDA d'un jeu vidéo. Une méthode de mesure du Flow a été mise au point par Cskiszentmihalyi et ses collègues, il s'agit de l'ESM (Experience Sampling Method). Cette méthode est composée de plusieurs outils d'auto description qui permettent l'analyse des phénomènes subjectifs lié au Flow (Nakamura and Cskiszentmihalyi 2002). Cependant cet outil est intrusif et a le paradoxal désavantage d'interrompre le Flow. C'est pourquoi de nombreux chercheurs pensent que le développement d'une échelle de mesure du Flow reste un objectif majeur de ce domaine de la psychologie (Ghanian and Deshpande 1994, Pearce, Ainley et al. 2005). En Europe, la mesure du Flow utilise principalement la méthode FKS (Flow-Kurskala) (Rheinberg and Vollmeyer 2003), mais celle-ci est critiquée par une étude de Heutte & Fenouillet qui lui reproche notamment d'être trop focalisé sur l'AC (Absorption Cognitive³³). Ils proposent donc la méthode Flow4D16 qui mesure, en plus de la charge cognitive d'attention, le sentiment d'altération du temps, la transformation de l'ego et le bien-être général (Heutte and Fenouillet 2010).

Sur la base des travaux de synthèse de Cskiszentmihalyi sur l'état extatique de Flow et

³³ L'AC ou Absorption cognitive, où quand rien ne peut plus perturber le participant tant il est immergé.

les différents besoins pour atteindre celui-ci, Chen développa huit besoins fondamentaux nécessaires pour atteindre le Flow Zone dans le jeu vidéo (Jenova 2007) :

1. Un challenge qui requiert des compétences
2. L'émergence d'action et d'attention
3. Des objectifs clairs
4. Des retours sensoriels directs
5. De la concentration sur les tâches
6. La sensation de contrôler les événements et les choses
7. La perte de sa propre conscience
8. La transformation de la notion du temps

Du point de vue de Chen la meilleure façon de conserver le joueur dans le Flow est de privilégier l'interactivité et le libre arbitre (Jenova 2007). Notre point de vue est identique, et les séquences narratives non interactives intercalées entre les moments d'actions nous semble le terreau de Break In Presence (Brogni, Slater et al. 2003), car trop proche des médiums contemplatifs de la télévision et du cinéma, ceux-là même décriés par Mihaly Csikszentmihalyi comme les médiums les plus éloignés de la production du bonheur et du Flow (Csikszentmihalyi 2004). Certes le libre arbitre n'est pas la constituante essentielle du jeu vidéo, mais elle est nécessaire pour susciter un quelconque intérêt, l'attention est ainsi captivée par le juste équilibre entre règle et libre arbitre, comme dans la vie (Natkin 2004). Nous notons toutefois que des pauses peuvent être nécessaires dans les phases de jeu, et que dans ce cas les scènes cinématiques peuvent avoir un intérêt. Le sentiment d'immersion, et la perception émotionnelle, d'un point de vue intellectuel sont les facteurs clés du jeu vidéo (Gal, Le Prado et al. 2002) ou des environnements virtuels, car il mène au « Flow Zone ». L'attention est l'élément clé de notre capacité à nous maintenir dans ce Flow (Jenova 2007), ses liens avec la présence semblent importants. La création d'un outil idéal de mesure du Flow passerait probablement par une mesure physiologique de l'anxiété et de l'ennui, combinée à un questionnaire sémantique subjectif, après expérimentation, ou lors de chaque phase de transition.

Certains éléments clés de la constituante élémentaire d'un paradigme de réalité virtuelle, décrits dans les PCV (primitives comportementales Virtuelles) de P. Fuchs

ressemblent étonnamment, aux éléments essentiels au Flow définis par Csikszentmihalyi, et Chen, nous pouvons les lister ainsi : « *Observer le monde virtuel* » et « *se déplacer dans le monde virtuel* » qui peuvent être corrélé à « *un fort sentiment d'extase intellectuelle, et le sentiment d'être ailleurs que dans le quotidien* ». « *agir sur le monde virtuel* » est proche de « *la sensation de contrôler les événements et les choses* ». « *communiquer avec autrui ou avec l'application* » équivaut à recevoir des informations et des « *retours sensoriels directs* ».

En outre la « *perte de la notion du temps* » est une notion commune à la définition du Flow Zone de Chen Jenova (Jenova 2007) et est également présent dans la quasi-totalité des questionnaires de présence en réalité virtuelle (Van Baren and IJsselsteijn 2004). Les modèles extatiques de présence en réalité virtuelle et de Flow Zone dans le jeu vidéo ont donc beaucoup de points en commun. C'est finalement très compréhensible quand on perçoit combien les deux médias communiquent et s'échangent des modèles technologiques et conceptuels (Zyda 2005, Steuer 2006).

2.2.11 Présence et Allocation volontaire et involontaire d'attention

En 1890 Christian Von Ehrenfels explique comment, dans nos actes de perception, nous ne juxtaposons pas les éléments un à un mais nous percevons les formes globalement. C'est le début de la science du Gestalt (Kohler 1929). Pour Ehrenfels et les Gestaltistes, « *le tout est différent de la somme de ses parties* », ainsi une symphonie musicale n'est pas qu'une suite de notes. Cette psychologie de la forme est tout autant issue du domaine de la philosophie que de celui de la physiologie (Guillaume 1999).

Le courant Gestalt fonde sa théorie sur le postulat que nos activités psychiques sont déterminées par les relations entre de nombreux systèmes autonomes ayant la capacité d'agir en méta-système (Kohler 1929). Ainsi dans l'image de la figure (28) nous percevons un vase si notre attention est concentrée sur la forme globale ou deux visages se faisant face si elle est focalisée sur les détails.

Plusieurs lois régissent la théorie du Gestalt, qui sont principalement des lois s'appliquant à la perception visuelle :

- La loi de la bonne forme est la loi principale dont sont issues les autres, elle précise que un ensemble de parties informes tend à être perçues comme une

forme simple, symétrique et stable.

- La loi de continuité : des points rapprochés sont perçus comme une continuité, cette loi est liée à celle de la proximité, selon laquelle plus les points sont proches et plus nous les regroupons.
- La loi de la similitude nous fait associer les points les plus semblables lorsqu'ils sont trop éloignés.
- La loi de destin commun : des parties en mouvement se déplaçant dans la même direction sont perçues comme faisant partie de la même entité.
- La loi de la familiarité nous fait percevoir les formes les plus significatives (Kohler 1929).

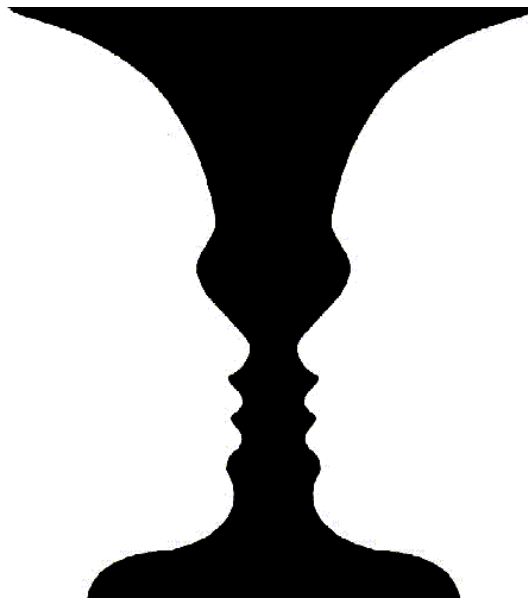


Figure 26, Le Vase de Rubin, entre perception du tout et des entités. Domaine public.

Cette approche met en avant la pertinence de l'unité de traitements psychiques complexes. Dans les années 40 ses concepts étaient bien éloignés des théories cognitivistes behavioristes d'Ebbinghaus et de Pavlov (Pavlov 1963) pour qui chaque signal est traité de manière indépendante et quasi réflexive par la boîte noire que constitue le cerveau humain (Guillaume 1999). Le concept du Gestalt est bien plus qu'une théorie psychologique des processus de perception de la représentation mentale, c'est aussi un concept philosophique qui prône l'art de la prise de conscience de soi et d'apprendre à vivre le moment présent, sans se projeter systématiquement dans l'avenir ou en regrettant le passé (Prudhomme, Perrault et al. 2001). Pour le fondateur de la Gestalt thérapie Frederick Perl il faut : « *profiter du moment présent et être ce que l'on est vraiment sans aucune restriction* » (Perls 2001). Les exercices

développés en Gestalt thérapie sont tournés vers la conscience de sa présence et à ce titre peuvent être importants dans les domaines de la RV. Ainsi un des exercices décrit par Perl consiste à se demander « *où suis-je en ce moment ?* », en utilisant les termes « *ici et maintenant (ou en ce moment)* ». Pour les Gestaltistes le réel ne peut être perçu que dans un espace-temps et un lieu précis. Le moyen de rencontrer ce réel est *l'attention* ; Perl définit deux types d'attentions : l'attention spontanée, et l'attention délibérée. Comme P. Bouvier, nous pensons que l'attention est une des composantes essentielles de la présence (Bouvier 2009). L'attention dite spontanée ne nécessite pas de concentration ou d'efforts, il s'agit d'une attention portée naturellement aux choses et aux événements qui nous entourent et qui excitent notre esprit. L'attention délibérée en revanche nécessite un effort de concentration, elle doit être évitée selon les Gestaltistes. Notre attention est dépendante de notre prise de conscience de notre environnement, cette prise de conscience passe aux yeux de Perl par nos sens extro-récepteurs (ceux de l'ouïe, du toucher, du goût, etc.) (Perls 2001), et propriocepteurs (les muscles, les tendons, les articulations) ; ainsi la prise de conscience de soi passe par la prise de conscience de notre corps, une notion importante de la présence en réalité virtuelle.

Pour Perl, les émotions sont au cœur des problématiques d'attention, si elles peuvent être le perturbateur qui empêche l'attention spontanée, elle peuvent aussi en être le moteur (Perls 2001). Les utilisateurs peuvent consacrer volontairement ou involontairement leur attention au produit des médias, ces actions sont définies comme l'orientation volontaire ou automatique de l'attention. Ces notions ont été mises en évidence dans les travaux de Darken et Allard (Darken 1998), et ceux d'Anderson (Anderson 1991), dans des études sur les mécanismes de perception et de cognition dans le contexte de médiation de la télévision. Pour ces chercheurs, les utilisateurs peuvent consacrer leur attention aux stimuli de deux façons :

1. Les utilisateurs peuvent consacrer volontairement leur attention au média, dans ce cas, cette action est appelée l'attention contrôlée. Il semble qu'il existe un lien entre l'habitude du médium et la construction du « modèle de situation spatiale (SSM) » induisant un niveau émotionnel (Wirth, Vorderer et al. 2003).
2. Le médium peut déclencher l'allocation d'attention de l'utilisateur sans que celui-ci en soit conscient ; cette action est appelée l'allocation involontaire d'attention ou « *invuntary attention allocation* ». La notion de présence dans l'espace est déterminée par deux étapes importantes (Wirth, Vorderer et al. 2003) : initialement l'utilisateur construit un modèle mental de la situation de

médiation, ce modèle est corrélé au niveau d'attention conscient et inconscient ou volontaire et involontaire que l'utilisateur attribue au médium. La présence est aussi fonction du niveau de connaissance du média utilisé, plus grande est la connaissance du média et plus faible est le niveau d'orientation volontaire de l'attention (Geslin, Bouchard et al. 2011). Dans un second temps, le sujet crée le modèle spatial de la présence au travers d'une PERF³⁴ issue du SSM. Le sujet doit alors répondre à la question « *Suis-je bien dans cet endroit ?* »

Plusieurs systèmes immersifs comme l'immersion sensorimotrice et l'immersion narrative liée au potentiel émotionnel de l'EV, participent activement à la création du PERF permettant la mise en place d'une sensation de présence. Ces systèmes sont interdépendants des niveaux d'attention involontaire et volontaire des utilisateurs. L'allocation involontaire d'attention en EV, peut être conditionnée par des stimuli émotionnels, en cybertherapy on notera une plus grande immersion et attention des utilisateurs ayant des pathologies phobiques lorsqu'ils sont en présence des stimuli de leur phobie, ainsi un arachnophobe sera plus facilement en situation de présence que si les stimuli ne sont pas présents. Par définition, il y a un important affect émotionnel dans les réactions d'une personne souffrant de pathologie phobique, ce constat laissant supposer que les émotions peuvent jouer un grand rôle dans l'allocation involontaire d'attention. Nous assimilons la notion d'attention contrôlée à la notion de volonté de « *jouer le jeu* » développée par P.Bouvier (Bouvier 2009), car des travaux précédents sur la présence ont montré un lien significatif entre le niveau de présence et la volonté de participer à l'expérience de l'EV (Corina and Gregory 2001), (Sas., Corina. et al. 2003). Les liens entre volonté de jouer le jeu, émotions, allocation involontaire et volontaire d'attention et présence semblent importants. Nous pensons comme Bouvier (Bouvier 2009), que ces différents items s'autoalimentent et forment un circuit de processus itératif, que nous pourrions formaliser dans un cercle.

2.2.12 Mesures physiologiques de la présence

Les effets de la présence peuvent produire des réactions physiologiques mesurables.

³⁴ Le **PERF** Primary Egocentric Reference Frame, est définie comme le modèle mentale de l'organisation de l'univers d'un utilisateur voyant à la première personne (Mou & Mcnamara, 2002)

Nous considérons que le sentiment de présence dans les EVs augmente les réponses physiologiques à l'environnement (fréquence cardiaque, flux sanguin, réponse électrodermale, réaction des yeux et réactions musculaire) de la même manière que dans un environnement réel similaire (Ijsselstein, de Ridder et al. 2000). On ne mesure pas directement la présence, dans le sens ou de manière analogique, aucunes réactions physiologiques ne sont liées de manière intrinsèque à la notion de présence, mais plutôt les effets sur le SNA de la qualité de l'immersion : plus l'immersion et la présence sont importantes et plus les effets émotionnels sur le SNA des interactions de l'environnement virtuel seront importants. Nous pouvons anticiper le fait que nous mesurons plus en sorte les effets de différentes émotions sur le SNA, et que la combinaison de ces réactions émotionnelles dessinent le portrait-robot de la présence.

Darwin propose plusieurs méthodes d'observation et de mesures des émotions, par exemple un sphygmographe³⁵ pour visualiser des expressions de la colère. Le cœur est de la même façon affecté par la colère. Celui-ci est souvent et d'une manière générale, le premier organe affecté par une émotion, bien souvent avant que d'autres manifestations musculaires n'interviennent, les travaux de Meehan mettent en évidence les liens entre rythme cardiaque et niveau de présence (Meehan, Insko et al. 2002). De la même façon il apparaît à Darwin que les glandes (comme les glandes lacrymales) sont difficilement contrôlables. La peur cause toujours des tremblements du corps (même chez les oiseaux) le cœur bat rapidement et la peau privée d'un afflux sanguins important devient blanche ; les facultés mentales sont perturbées (Darwin).

Darwin montre combien il est aisé de récupérer certains signes émotionnels, tant ils sont importants lors de l'activation d'émotions fondamentales de base comme la peur (Darwin 1899) : élévation du rythme cardiaque, transpiration, sudation, changement de couleur de la peau. L'acquisition d'outils comme un oxymètre Nonin (Nonin 2012) permettrait de récupérer de nombreuses informations physiologiques. Certaines réactions physiologiques comme les changements de température de la peau sont trop lents pour être significativement utilisables (Insko and Bolinger 1993). Il est également possible d'utiliser un polygraphe³⁶, toutefois son coût reste important.

Plusieurs échelles sont utilisées dans la littérature. En fonction des expérimentations

³⁵ Instrument destiné à enregistrer le pouls.

³⁶ Le **polygraphe** est un appareil électronique qui enregistre plusieurs valeurs physiologiques simultanément. Il est utilisé en examen polygraphique ventilatoire, ou en détection de mensonge.

réalisées, il peut s'agir d'échelle sémantique, numérique, ou mixte. Certaines de ces échelles sont plus fréquentes comme l'échelle SUD (Subject Unit of distress), utilisée surtout pour la mesure des états anxieux. L'utilisation de l'échelle d'Osgood (Osgood) semble intéressante dans la mesure où elle est très utilisée dans la science du marketing pour le traitement d'informations psychologiques. La plupart des questionnaires de mesures subjectives sémantiques de la présence utilisent également des échelles de Likert (Likert 1974, Witmer and Singer 1998).

On distingue cinq méthodes de mesures physiologiques différentes de la présence (Van Baren and Wijnand. 2004) :

- Mesures cardiovasculaires
- Mesures de conductivité la peau (SCL, Skin conductance level)
- Electroencéphalographie (EEG)
- Mesures oculaires
- Mesures de l'activité faciale (EMG)

D'autres signaux peuvent être observés comme la dilatation des pupilles, la température ou la posture du corps, etc.

Mesures cardiovasculaires

Les mesures cardiovasculaires représentent une association entre le rythme des battements cardiaques et la pression sanguine. La représentation graphique de ces enregistrements est appelée un électrocardiogramme (ECG), celui-ci représente le dessin continu de l'activité cardiaque. Cette activité cardiovasculaire est généralement associée à l'expérience émotionnelle, qu'il s'agisse de réponses émotionnelles de plaisir, de défense ou de surprise (Dillon, Keogh et al. 2000). Celle-ci peut être un révélateur significatif du niveau de présence en RV (Meehan, Insko et al. 2002). Nous utiliserons dans certaines de nos expérimentations ce genre de mesure à l'aide de systèmes ECG portatifs, ceux-ci permettent des mesures non-invasives de l'activité émotionnelle des sujets.

Mesures de la réactivité émotionnelle de la peau

Deux mesures sont significatives pour la peau, la première mesure la température de la peau (ST) et la seconde la conductance (SC).

On considère que les changements de température de la peau des doigts peuvent être

utilisés pour mettre en évidence, certaines réponses des vasoconstricteurs modulées par le système sympathique (Kistler, Mariauzouls et al. 1998).

La mesure de la conductance est aussi référencée comme l'activité électrodermale (EDA) ou la réponse de peau galvanique (GSR). Les enregistrements des changements de conductivité de la peau sont généralement effectués sur les doigts ou la paume de la main, la conductance est associée à l'activation d'une réactivité émotionnelle (Dillon, Keogh et al. 2000). Dillon et al ont utilisé la SC dans leurs travaux sur les environnements virtuels en 2002. Slater et al ont travaillé sur la relation entre les « break in presence³⁷ » (BIPs) et les mesures physiologiques. Ils ont mis en évidence un lien significatif entre une SC en élévation environ 1.8 seconde après qu'un BIP ait été signalé par l'utilisateur par l'action d'un bouton.

Electroencéphalographie

L'électroencéphalogramme ou EEG mesure l'activité électrique cérébrale. Cinq phénomènes sont révélés par l'EEG, le premier est le rythme alpha correspondant à des fréquences comprises entre 8 et 12 Hz d'amplitude, cette fréquence est surtout révélée dans la zone occipitale correspondant aux traitement des informations visuelles et sonores et un peu dans les zones antérieures du cerveau, pouvant correspondre à des informations émotionnelles sociales. Le second rythme correspond à la fréquence bêta dite rapide, entre 13 et 30 Hz, ceci surtout dans les zones fronto-rolandiques. Les trois autres phénomènes sont considérés comme parasites, il s'agit de l'ouverture des yeux, l'hyperpnée qui si elle est énergique fait ralentir les tracés, et enfin la stimulation lumineuse qui provoque des réponses de changement des rythmes. Les EEGs sont peu utilisés dans la mesure des émotions et de la présence, car le potentiel électrique mesuré est très faible et spatialement très diffusé, ce qui rend difficile l'interprétation émotionnelle. Cependant l'utilisation des EEG comme un moyen d'étude de la présence cognitive ou émotionnelle a été mentionnée dans plusieurs recherches (Pugnetti, Mendozzi et al. 1996, Huang 1999).

³⁷ Dans un environnement virtuel (VE) l'utilisateur est soumis à deux flux de données sensorielles, le premier du monde réel, et le second du monde virtuel. Une « rupture dans la présence » (BIP) se produit lorsque le participant cesse de répondre aux flux virtuel et répond au flux réel.

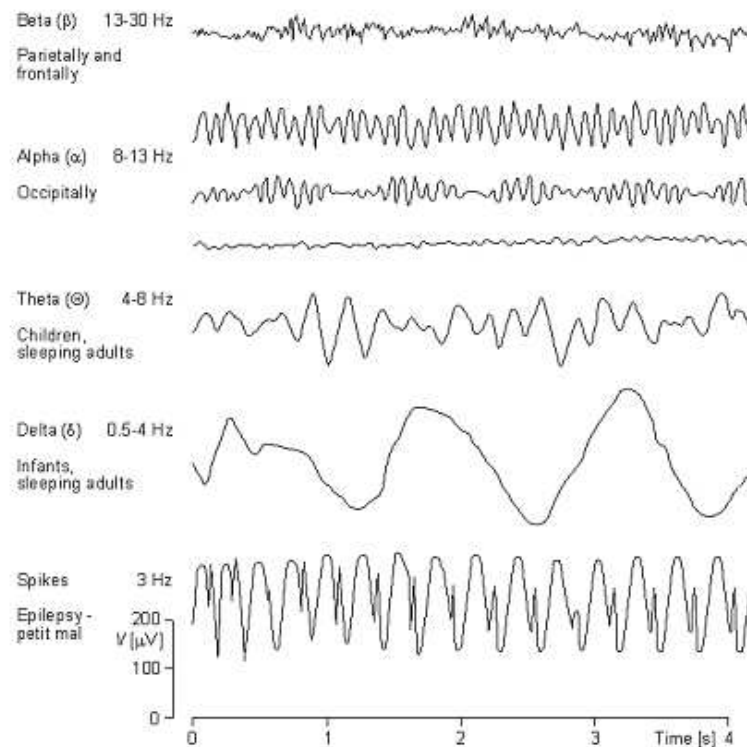


Figure 27, Exemple de Tracés EEG. © Biogetic (2004).

Mesures oculaires

Il existe de nombreuses mesures de l'activité oculaire. Toutefois deux d'entre elles sont actuellement retenues pour leurs aspects significatifs en lien avec la présence. Il s'agit des activités spatiales (les mouvements de l'œil dans leur amplitude et la dilatation de la pupille) et la mesure temporelle (qui comprend la durée des mouvements ainsi que leur fréquence, mais aussi le temps alloué à la fixation).

Trois différentes interprétations qualitatives oculaires ont été proposées par Laarni, Ravaja & Saari (Laarni 2003) :

- Le temps pendant lequel les mouvements de l'œil de l'utilisateur trahissent une perte d'attention à l'expérience de réalité virtuelle.
- Les différents stimuli ciblés par le regard de l'utilisateur pendant l'expérience.
- La stratégie visuelle d'attention, ou comment l'attention du regard est distribuée dans le monde virtuel.

Le pupillométrie est la mesure de l'activité de la pupille, de sa dilatation, celle-ci ne peut être contrainte de manière consciente cognitive, en ce sens cette dilatation peut traduire des émotions de peur et être utilisée pour la mesure de la présence (Huang 1999).

Mesures de l'activité faciale (EMG)

Si l'observation constitue la méthode la plus ancienne pratiquée dans l'étude des émotions (Darwin), les technologies actuelles permettent d'optimiser celle-ci. L'électromyographie faciale utilise des électrodes placées sur le visage. L'enregistrement de l'activité électrique de chaque électrode peut donner une idée de l'activité émotionnelle du sujet. L'EMG a été utilisée dans les travaux de Ravaja (2002), qui ont montré une activité plus importante des individus dans les conditions d'expressions faciales d'émotions.

Plusieurs logiciels, comme le « eMotion Recognition Software » développé par ISLA Laboratory (Amsterdam 2012), permettent la reconnaissance des expressions faciales des émotions, basé sur les travaux du Dr Paul Ekman et de sa catégorisation des émotions (Adolphs, Damasio et al.). Ce logiciel peut être utilisé de manière combinatoire avec d'autres techniques de mesures physiologiques ou sémantiques. Il utilise la reconnaissance d'image d'une webcam traditionnelle. D'autres solutions comme le logiciel « emotion video analytics » de Nviso, proposent des solutions identiques.

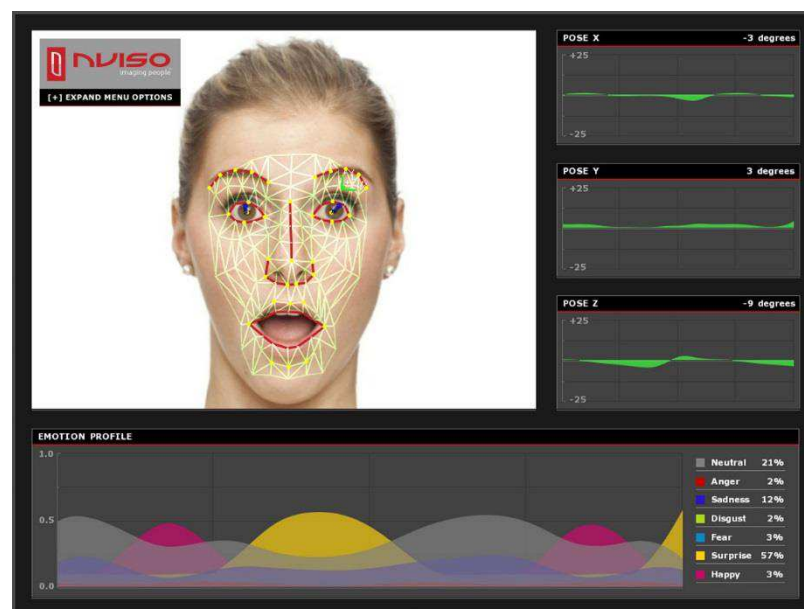


Figure 28, emotion de surprise avec « video analytics ». © Nviso (2013).

Il est intéressant de noter que la plupart des systèmes de mesures physiologiques proposés pour mesurer la présence sont en fait des systèmes qui mesurent les réponses du SNA (système nerveux autonome) dans des réactions physiologiques identifiées comme résultant d'émotions. Ce constat caractérise durablement le lien que nous essayons de mettre en évidence dans ce document entre émotions et niveau de présence dans les EVs.

2.2.13 Questionnaires de présence

Plus de 28 questionnaires différents sur la présence ont été référencés dans les travaux de Van Baren et de Wijnand (Van Baren and Wijnand. 2004), et aucun d'eux ne fait aujourd'hui encore l'unanimité. Le grand nombre de questionnaires présents dans la littérature montre bien la difficulté objective de mesurer les aspects de la présence par des questionnements après expérimentation. Ceux-ci doivent dans la mesure du possible, être couplés à des mesures physiologiques de l'expression d'émotions.

Il existe cependant un consensus scientifique sur la question de qu'est-ce qu'un bon questionnaire sur la présence en réalité virtuelle. Les mesures doivent être stables dans le temps, et les mêmes questionnaires, devront produire les mêmes réponses si elles sont posées dans des situations d'expérimentation identiques. Et les questionnaires seront jugés fiables si, dans plusieurs évaluations, le pourcentage de cas observés donnent les mêmes résultats (pour les mesures nominales), ou la même corrélation entre notes (pour les ordinaux, intervalles, ou les mesures de ratio).

Des questionnaires parallèles, sous la forme de mesures similaires, peuvent être créés en générant une large palette de questions sur les mêmes concepts. Ces questions sont aléatoirement divisées en deux parties, et les corrélations calculées. Cette approche, consistant en la division aléatoire d'un instrument de mesure existant et au calcul des corrélations des scores finaux, est appelée le « split-half reability ».

Sensibilité : Les mesures doivent être capables de distinguer plusieurs niveaux de présence, avec un niveau de précision raisonnable. Si les différentes mesures sont issues de différents médias, ou de différents types de personnes en genre, en âge etc. les questionnaires doivent refléter ces différences.

Robustesse : les questionnaires doivent pouvoir être utilisés dans des systèmes de média différents, pour des environnements virtuels diffusés dans des HMD comme dans des CAVes, ou sur d'autres systèmes de diffusion.

Non-Intrusif : Les questionnaires de mesure ne doivent pas interférer avec la présence qui est mesurée.

Confort : Il est préférable que les questionnaires soit faciles à aborder, à administrer, bas coût et transposables.

Fiabilité de cohérence interne : C'est la façon dont les réponses à des questions différentes forment entre elles des faisceaux d'indicateurs cohérents.

Joy Van Baren note, dans son rapport sur les mesures de la présence, qu'idéalement plusieurs questionnaires doivent être combinés entre eux, ou avec des mesures physiologiques pour optimiser la qualité des réponses (Van Baren and IJsselsteijn 2004). Il précise que rares sont les laboratoires qui peuvent se permettre ce luxe scientifique... pour des raisons internes, les mesures sont souvent faites avec un seul instrument, à une seule occasion, et sur une seule population.

Questionnaires subjectifs

Sheridan développe la théorie selon laquelle, la présence est une sensation subjective et une manifestation mentale qui peut être mesurée prioritairement par l'utilisation de questionnaires subjectifs (Sheridan 1992).

Les questionnaires subjectifs post expérimentation sont les plus utilisés. Leur méthode et leur forme varient beaucoup, car ils sont très dépendants de la conception de la présence de leur auteurs (Van Baren and IJsselsteijn 2004). Ils ont l'avantage d'être d'une grande actualité, dans la mesure où ils peuvent être adaptés aux évolutions des contextes sociologiques et technologiques. Les questions posées sont regroupées dans plusieurs sous-groupes. Ces sous-groupes sont significatifs des notions de présence, comme celle de la perte de la notion du temps, le sentiment d'être présent, mais elles peuvent aussi mesurer le malaise lié à l'utilisation des EVs (Lessiter 2001). Ils ont l'inconvénient d'être réalisés après l'expérimentation et non pas en temps réel. Nous avons voulu les synthétiser dans un tableau permettant de les appréhender rapidement dans leur globalité.

Nom du questionnaire	Année	Validité des Questionnaires & Référence
Witmer Immersive Tendencies Questionnaire ITQ	1998	Probablement un des questionnaire de référence sur la présence, développé par Bob G. Witmer pour U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences (Witmer and Singer 1998), (Witmer and Singer 1994) jugé peu concluant par Youngblut (Youngblut 2002)
Barfield & Al Questionnaire	1993	Corrélation entre les résultats des précédentes recherches sur la présence. (Barfield, Zeltzer

		et al. 1995)
Cho & Al. Questionnaire	2003	Les résultats obtenus vont dans le sens de la théorie de la présence des auteurs (Cho 2003)
Dinh & Al. Questionnaire	1999	Certains facteurs étudiés semblent en corrélation avec les niveaux de présence, d'autres augmentent significativement de façon marginale. (Dinh, Walker et al. 2002)
Gerhard & Al. Questionnaire	1998	Convergences entre les scores de présence et les données recueillies (Gerhard 2001)
Igroup Presence Questionnaire	2001	Les données recueillies sont en corrélation avec celles d'autres recherches (Schubert, Friedmann et al. 1999)
ITC-Sense of Presence Inventory (ITC-SOPI)	2001	Les manipulations qui devraient hypothétiquement influencer les niveaux de présence, n'ont pas d'effet sur les résultats du questionnaire (Lessiter 2001)
Krauss & Al. Questionnaire	2001	Non référencé (Krauss 2001)
Murray & Al. Questionnaire	2000	Non référencé (Murray 2000)
Nichols & Al. Questionnaire	2000	Corrélation avec les réponses réflexives. (Nichols 2000)
Object Presence Questionnaire (OPQ)	2002	Les résultats du questionnaire OPQ ne sont pas corrélés avec ceux du questionnaire ITQ (Stevens 2002)
Presence Questionnaire (PQ)	1998	Développé sur la base du questionnaire ITQ (Witmer and Singer 1998) (B. G. Witmer & Singer, 1994) Youngblut le juge peu fiable (Youngblut 2002)
Reality Judgment and Presence Questionnaire	2000	Non référencé (Baños 2000)
Questionnaire on Presence and Realism	1998	Non référencé (Parent 1998)
Slater-Usuh-Steed Questionnaire (SUS)	1994	(Slater, Usuh et al. 1994)) Jugé peu concluant par Youngblut (Youngblut 2002)

Swedish Viewer-User Presence Questionnaire (SVUP)	2001	Les résultats du questionnaire sont en accords avec la théorie de présence des auteurs. (Larsson 2001)
Lombard & Ditton Questionnaire	2000	Non référencé (Lombard 1997)
Nowak & Biocca Questionnaire	2003	Non référencé (Nowak 2003)
Schroeder & Al. Questionnaire	2001	Non référencé (Schroeder 2001)
Thie & Van Wijk Questionnaire	1998	Il existe une corrélation entre les « <i>social virtual presence</i> » et « <i>virtual presence</i> » (Thie 1998)
Bailenson & Al. Questionnaire	2001	Non référencé (Bailenson 2001)
Basdogan & Al. Questionnaire	2000	Non référencé (Basdogan 2000)
CMC Questionnaire / Social Presence and Privacy Questionnaire (SPPQ)	2002	La validité du contenu a été prise en considération dans le processus de développement de l'expérience, deux différentes analyses sont réunies pour aboutir aux mêmes résultats. (Tu 2002)
GlobalEd Questionnaire	1997	Grande corrélation avec d'autres mesure de la « <i>social presence</i> » (Gunewerda 1997)
IPO Social Presence Questionnaire (IPO-SPQ)	2001	Non référencé (De Greef 2001)
Para-Social Presence Questionnaire	2002	Non référencé (Kumar 2002)
Networked Minds Questionnaire	2001	Les résultats montrent des différences avec les prévisions de l'auteur sur la « <i>social presence</i> » (Biocca 2001)
Semantic Differential Technique	1976	Non référencé (Short 1976)

Figure 29, Quelques questionnaires subjectifs de présence (W. I. Joy Van Baren, 2004).

. Tous les questionnaires présentés ne mesurent pas la même « présence » car souvent les auteurs présentent des points de vue différents de ce concept. Il faudra probablement attendre un consensus sur ce qu'est la présence en réalité virtuel pour qu'un ou plusieurs questionnaires probants puissent être définis. Les questionnaires PQ (Witmer and Singer 1994), et SUS (Slater, Usoh et al. 1994), sont probablement les plus utilisés de nos jours, car

proches des problématiques de RV utilisant des systèmes immersif de type Cave ou HMD. Si nous les utilisons dans certaines de nos expérimentations, nous choisirons aussi le questionnaire SVUP (Swedish Viewer User Presence questionnaire) (Larsson 2001) quand nos travaux sur la présence utilise des systèmes immersif de Projection Mapping.

2.2.14 Mesures de l'attention

L'attention qu'elle soit spontanée ou délibérée captive la totalité de notre cognition et de nos émotions. Mesurer l'attention c'est d'une certaine manière mesurer notre réponse physiologique aux stimuli proposés, en ce sens la mesure de l'attention peut prendre les mêmes formes que la mesure des émotions ou que la mesure physiologique de la présence. Plusieurs auteurs proposent des mesures physiologiques de l'attention. Laarni, Ravaja, & Saari (Laarni 2003) (Ravaja 2002) suggèrent que l'allocation volontaire et involontaire d'attention jouent un rôle important dans la notion de présence, ils pensent que pour chacune de ces deux notions d'attention les mesures cardiaques peuvent être de bon indicateurs. La décélération du rythme cardiaque est suggérée comme un indicateur de l'attention involontaire.

L'ASR (arythmie sinusale respiratoire) c'est-à-dire, la variation physiologique de la fréquence cardiaque en lien avec les variations de la pression intra thoracique lors de la respiration³⁸, pourrait être un indicateur de l'attention volontaire.

Laarni & al proposent que les mesures de l'attention soient des mesures combinées, par exemple, un ECG et une mesure de l'ASR pourraient être liés à des mesures de la pupillométrie pour déterminer si une décélération du rythme cardiaque (comme mesure d'allocation involontaire d'attention), ou une ASR (comme mesure de l'allocation volontaire d'attention) est systématiquement liée ou non à une variation de la taille de la pupille.

³⁸ Lors de la fin de l'inspiration la pression intra thoracique augmente et la fréquence cardiaque est accélérée, au contraire de l'expiration pendant laquelle la pression se négative et la fréquence diminue.

2.2.15 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de définir ce qu'est la réalité virtuelle. Nous avons vu qu'elle était généralement définie par l'immersion et l'interaction. Si l'interaction est supposée être dépendante des PCRV de l'observation, du déplacement, de l'action et de la communication, l'immersion, elle, est dépendante des retours sensoriels, des challenges psychologiques et de la fiction de la narration. Nous avons vu que les systèmes haptiques évoluent constamment pour offrir une expérience virtuelle de plus en plus transparente, et que ceci facilite l'immersion sensorielle. En revanche la dimension de l'immersion narrative dépendante des émotions semble moins considérée.

Nous avons montré comment le triangle sémiotique langagier était proche du triangle sémiotique d'un système de réalité virtuelle. Ce constat met en avant le rôle de l'attention volontaire et involontaire dans la formalisation psychologique de la présence.

Cette présence, qui représente un des graals de la réalité virtuelle semble difficile à définir. Nous avons montré qu'il en existe de nombreuses définitions, comme autant de moyens de la mesurer, de manière physiologique ou de manière sémantique. Il semble qu'un consensus sur la définition de la présence en réalité virtuelle n'existe pas encore à ce jour. Si certains chercheurs la définissent comme une illusion perceptuelle par son rapport entre l'utilisateur et la technologie l'impliquant dans les EVs, d'autres préfèrent une approche plus sensorielle. Dans cette dernière approche d'illusion psychologique les niveaux émotionnels semblent corrélés au niveau de la présence. Toutefois le volume de littérature se référant à ce constat semble encore faible aujourd'hui et nécessite de plus nombreux travaux. Toutefois, nous avons montré que plusieurs chercheurs pensent que les émotions permettent d'alimenter la présence dans un cercle itératif. Les émotions jouent un rôle important dans la capacité des utilisateurs à faire abstraction du réel, mais aussi à jouer le jeu du virtuel. Ces constatations nous confortent dans nos travaux de recherche sur les liens intrinsèques existant entre présence, attention et émotions, ainsi que sur la recherche de moyens efficaces d'induire des émotions dans les EVs.

Les multiples notions de présence (Slater, Usoh et al. 1994) (Sheridan 1996) (Dillon, Keogh et al. 2000), de Zone (Csikszentmihalyi 1998), de fluidité émotionnelle (Goleman 1995) et de Flow Zone (Jenova 2007) sont proches. Elles se définissent généralement selon que l'on se trouve dans les disciplines de la réalité virtuelle, de la psychologie ou du ludique

dans le jeu vidéo. Cependant des chercheurs comme Ravaja Niklas ou Salminen Mikko ont déjà expérimenté les concepts des uns associés aux pratiques des autres (Niklas, Mikko et al. 2004).

Chapitre 3 Méthodes d'induction d'émotion.

« *Il n'est pas d'art sans émotion, pas d'émotion sans passion* » (Corbusier 1970).

Il existe de nombreuses techniques d'induction d'émotions et elles sont généralement utilisées pour induire des émotions dans les mondes virtuels à buts thérapeutiques dans les cyberthérapies. Elles ont du point de vue de E. Klinger de nombreuses limites (Klinger 2006) : les premières dans leur efficacité d'induction émotionnelle, la seconde dans leur relative capacité à produire des niveaux élevés d'émotions, ou de variabilité dans les résultats. Pour Klinger, les technologies des EVs doivent être capables d'induire un grand nombre d'émotions de manière efficace.

Dans la perspective de nos futures expérimentations, il nous semble essentiel de déterminer s'il est possible de recenser de plusieurs siècles d'expérimentations artistiques des méthodes d'inductions d'émotions différentes de celles proposées actuellement. Quoi de plus naturel que de chercher à identifier ces méthodes, dans ce qui singularise le plus l'être humain : sa capacité artistique. La production « *d'objets* » émotionnels, n'ayant pas d'autres spécificités que celle de produire de l'émotion.

Les émotions jouent un rôle majeur dans la vie quotidienne, mais aussi dans la perception artistique (Nazoz F 2003), elles sont la constituante essentielle de l'art. Platon rejette l'art parce qu'il est justement inducteur d'émotions de passion et qu'il considère que les passions emprisonnent dans le sensible et ne permettent pas d'atteindre l'intelligible, la pensée (Platon 360 AD). Aristote son successeur, utilise au contraire l'art qu'il considère comme une constituante essentielle de la nature humaine. En ce sens l'art doit être dirigé pour produire les émotions nécessaires à l'éducation (Aristote 1990). Plus tard, l'art sera défini par les modernistes de l'esthétique comme Kant, Baumgarten ou encore Rousseau comme l'objet subjectif permettant, par le biais des émotions (Rousseau l'appellera l'émotivisme), de produire le lien entre le réel (le naturel) et le spirituel.

Nous qui souhaitons aujourd'hui définir si des méthodes existent, pour induire des émotions dans les environnements virtuels et les jeux vidéo, pourrions-nous nous passer de 3000 ans d'antériorité dans le domaine de l'induction d'émotion ?

Nous proposons ici de mettre en lumière les théories les plus significatives reliant arts et émotions, et de définir en quoi ces méthodes pourraient être intéressantes dans le cadre de nos travaux de recherche.

Nous proposons d'analyser les méthodes d'inductions d'émotion pour les cinq émotions de base issues de la classification catégorielle d'Ekman : la joie, le dégoût, la peur, la colère, la tristesse (Ekman 2003). Nous essayerons aussi de définir des éléments d'induction de la surprise, même si nous la considérons plus comme un vecteur émotionnel qu'une émotion de base (Johnson-Laird and Oatley 1992). Certaines méthodes sont connexes à plusieurs émotions. Il s'agit d'un recensement non exhaustif de méthodes, puisque celles-ci sont amenées à évoluer en fonction notamment des nouveaux médias. Nous questionnons aussi l'induction d'émotions complexes comme l'empathie et la compassion, car l'induction de ces émotions constitue un véritable défi pour les industries du jeu vidéo (Saarinen 2011) et la réalité virtuelle, notamment pour la cyberthérapie (Bouchard and Labonté-Chartrand 2010).

Nous ne limitons pas notre étude aux domaines de la peinture, mais à l'image d'Aristote qui relie les passions aux arts graphiques mais aussi et surtout à ceux de la dramaturgie, nous essaierons de déterminer les principes sémiologiques de l'image et des émotions dans le théâtre et le cinéma, mais aussi la motion design de générique, les notions de passages. Comment le cinéma produit des émotions fondamentales de base de peur et d'angoisse ou des émotions plus complexes comme l'empathie et la compassion ? Est-ce que les recettes dramaturgiques d'Aristote fonctionnent toujours dans les médias modernes du cinéma, du jeu vidéo, et de la réalité virtuelle ?

3.1 La surprise, vecteur émotionnel

La surprise est une des émotions les plus simples à créer dans le cinéma et les jeux vidéo. Si elle est définie par Ekman comme une des émotions de base (Ekman 2003), il nous semble qu'elle est souvent le vecteur d'autres émotions comme la joie ou la peur. L'utilisation de la surprise comme vecteur émotionnel dans les arts a constitué une des premières méthodes d'induction d'émotions.

Les peintures rupestres, comme celle de Lascaux ou de Chauvet nécessitent une mise en condition avant d'être vues. Les contemporains des artistes qui les ont réalisées à des fins probablement chamaniques devaient parcourir de longues distances, éclairés par une torche avant de découvrir pour la première fois de leur vie la représentation d'animaux. Imaginons un instant la stupeur de cet homo-sapiens qui voit pour la première fois des animaux, figés, emprisonnés dans la pierre... Cette technique d'induction d'émotion, est répétée constamment

dans l'histoire de l'art, jusqu'à apparaître aujourd'hui comme une des méthodes essentielle de l'induction d'émotion dans nos nouveaux médias. Cette magie est liée à la rationalité de notre système cognitif, qui porte une attention particulière à un nouveau stimulus, afin de lui donner une réponse émotionnelle appropriée. Cette réponse s'estompe avec le temps, jusqu'à ne plus provoquer aucune émotion quand le masque de la tromperie technologique est connu et reconnu par son utilisateur. Plusieurs travaux montrent que le degré de nouveautés est déterminant pour le niveau émotionnel (Finkenauer, Luminet et al. 1998).

La nouveauté technologique pour susciter la surprise

Dans son ouvrage sur le Gameplay, J. Schelle convoque tout un passage à la « surprise » en tant que moteur essentiel de la mécanique de captation d'intérêt (Schell 2008). Cette surprise peut être narrative, graphique, ou technologique. Dans le domaine des arts, la technologie a été utilisée dans le développement du théâtre occidental pour capter l'attention du public, notamment avec l'usage de la « machina » pour suggérer la descente des dieux, puis les plateformes mobiles dans la Grèce antique, jusqu'aux décors mobiles de la Renaissance (DeLahunta 2002, Delahunta and Shaw 2006). La surprise technologique est devenue essentielle pour les impressionnistes, qui dans une pratique quasi réactionnaire à l'arrivée de la photographie, ont développé une peinture scientifique traitant de la lumière et de la couleur (Puzniak 2002). L'art est toujours influencé par son contexte, qu'il soit du domaine de l'artiste, ou plus généralement politique, littéraire, scientifique et technologique : l'art est rarement autotélique³⁹. Dès lors, l'enjeu de la surprise technologique suscitant l'intérêt des foules devint majeur dans les domaines artistiques. Georges Méliès est nommé « *le génie de la surprise* » (Claude-Jean 1977). Méliès privilégie la surprise technologique et technique, elle est la dimension extraordinaire du comique méliésien (Malthête and Marié 1997). La première sensation quand on regarde une image stéréoscopique, c'est la surprise, comme aucune peinture ne peut en produire (Holmes 1859) ! Cette technologie de surprise a été et est toujours utilisée actuellement comme l'effet « Waouh ! » décrit par Bouvier (Bouvier 2009) mais, comme toutes les surprises technologiques, la réponse émotionnelle s'altère avec le temps et la connaissance du médium (Finkenauer, Luminet et al. 1998, Geslin 2012). Lynde Denig un critique du journal « *Moving Picture World* » disait en 1915 de la stéréoscopie : « *ces images vont plaire pour deux raisons, premièrement à cause de la surprise de leur nouveautés, et ensuite pour le magnifique effet obtenu, puis après un temps, quand*

³⁹ Autotélique : Qui n'est entrepris pour d'autre but que lui-même.

elles seront devenues familières, il y aura la même bonne vieille demande d'histoire intéressantes » (Zone 2007). Les arts numériques actuels utilisent souvent les nouvelles technologies du numérique pour produire des œuvres surprenantes, gageons qu'au-delà de leur aspect convoquant la surprise émotionnelle, l'intention de l'artiste est préservée. Pour Edmond Couchot, la technologie doit être appropriée par l'artiste pour qu'il puisse retourner à son état d'imageur dont la photographie du temps de Baudelaire l'a dépossédé (Couchot 1998). La technologie serait donc dépossédée de ses atouts émotionnels. D'autres auteurs mettent les artistes en garde face à la tentation de la technologie à tout prix, mal maîtrisée, ou mal anticipée. Elle peut pour Florent Aziosmanoff, entraîner chez l'utilisateur un rejet de l'installation artistique (Aziosmanoff 2010). Dans le cas d'un jeu vidéo ou de la conception d'un environnement virtuel, la surprise technologique peut constituer un élément déterminant du potentiel de captation d'attention émotionnelle des utilisateurs. Cette composante émotionnelle pourrait produire une meilleure mémorisation du jeu vidéo joué, quand cette composante est vécue positivement (Martins 1985). Gardons à l'esprit que la surprise technologique est éphémère, et que mal utilisée, ou non maîtrisée, elle peut produire un effet émotionnel de rejet.

3.2 Induire la peur

Nous devons dissocier deux types de peur : la première est basique et correspond au circuit rapide et réflexif de la peur : Thalamus - amygdale - hippocampe (Smith 1985), (LeDoux 1999). Cette peur dite fonctionnelle de base, correspond à des situations de surprise sensorielle, qu'elle soit visuelle, auditive ou tactile. Cette émotion de peur interne correspond à l'évitement et à la fuite (Öhman 2000). Ce type de peur peut créer une inhibition de la pensée, car elle prépare essentiellement à la survie par la fuite.

Dans ce domaine d'induction émotionnelle, les stimuli sonores fonctionnent mieux et plus rapidement que les stimuli visuels. Nous avons remarqué que lors d'un feu d'artifice, les spectateurs ferment les yeux de manière réflexives, jamais lors de la perception des explosions visuelles arrivant très rapidement dans le cortex occipital, mais de manière instantanée à chaque fois que les stimuli sonores arrivaient dans le cortex temporal traitant les informations auditives. Cette observation était rendue possible par la différence de temps nécessaire aux stimuli pour arriver aux cerveaux, l'image des explosions circulant à la vitesse

de la lumière et celle du son à 300 mètres par seconde seulement. Plusieurs études montrant que la simple expression d'une émotion pouvait conduire au sentiment de cette émotion (Damasio 1995), nous pouvons en déduire que l'exposition prolongée à des sons effrayants peut conduire au sentiment de peur. L'induction de peur est donc aisée par l'adjonction de manière inattendue d'un son fort et violent. Plusieurs travaux de recherche corroborent cette hypothèse. Par exemple, lors d'une expérience utilisant le jeu *Amnesia*, les relevés de données physiologiques ont montré de plus fortes réactions émotionnelles quand le son était actif que lorsqu'il n'était pas présent (Huiberts 2010). La surprise, et surtout la surprise induite par le son, est donc un moyen efficace d'induire la peur dans un EV ou un jeu vidéo. En se référant aux travaux de Pavlov (Pavlov 1963), nous pouvons imaginer que les sons peuvent aussi constituer un bon moyen d'induire la peur de manière conditionnée dans un environnement virtuel ou dans un jeu vidéo. Plusieurs expérimentations de Pavlov montrent comment le conditionnement sonore est facilement et rapidement associable à une émotion comme la peur quand ils constituent un SC, et nous savons grâce à l'étude de nombreux profils ayant des pathologies de PTSD que ces SC une fois induits peuvent devenir rapidement pérennes (Goleman 1995).

Le second type de peur inductible est plus cognitive, elle correspond à une incompréhension d'un stimulus externe et emprunte le chemin long décrit par Ledoux : thalamus, néocortex (LeDoux 2005). Celle-ci peut être induite par la narration, mais une situation environnementale hostile, jugée irrationnelle peut suffire pour engendrer ce type de peur. Cette peur angoissante est générée par la perception de situations incontrôlables ou inévitables (Öhman 2000), et elle est une peur consciente. Récemment, certains chercheurs ont montré que dans le cas de peurs conscientes comme celle des peurs externes les parties du cortex cingulaire antérieure rostral localisé au lobe frontal étaient mobilisées, ce qui correspond bien au cerveau de la cognition et moins au réflexif. Notons que les centres cérébraux de cette peur cognitive sont moins actifs quand d'autres émotions liés à l'altruisme, l'empathie ou au désir sexuel produisent de forts taux de l'hormone d'ocytocine (Gale 2009). De nombreux facteurs peuvent induire cette émotion de peur, ceux-ci peuvent être environnementaux, ou contextuels et ils peuvent faire appel à des peurs ancestrales comme la difformité, la maladie, l'inconnu, le noir ou la mort...

La nosophobie est inscrite dans nos gènes, la difformité représente la maladie, s'en éloigner et en avoir peur est un gage de survie quand les pathologies sont contagieuses. Pour

les mêmes raisons nous sommes portés vers la recherche de la symétrie car elle apparaît comme une source d'informations biologiques de la qualité génétique d'un potentiel partenaire (Perrett 2000). Nous rejetons naturellement la dysmorphie. Le difforme c'est le monstre, celui-ci fait partie de notre héritage culturel, collectif et individuel (Girardon and Dorey 2011). Le monstre devient pour l'adolescent la représentation imagée et augmentée de l'adulte en devenir. Les particularités physiques sont le réceptacle de projections inconscientes (Girardon and Dorey 2011). La place du monstre comme éléments inducteur de peur est importante dans le jeu vidéo et les EV, il sert de catalyseur émotionnel car il est le moi autant que l'autre. Il est souvent une des pièces principales de l'induction d'émotion dans le Gameplay du jeu vidéo (Perron 2005).

Plus encore que la peur du difforme, c'est la peur de l'inconnu... ne pas voir, ne pas comprendre c'est alimenter notre peur... Dès l'instant où l'utilisateur, le joueur, ou le spectateur dispose de suffisamment d'informations pour traiter rationnellement d'une situation anxiogène, l'émotion de peur diminue. S'il s'agit de la peur du monstre, au moment où celui-ci est contextualisé, et quand il est défini comme mortel, nous en avons moins peur. De nombreux films et jeux utilisent ce type d'induction de peur (Berens 2010). Dans le film « Alien le huitième passager », le spectateur ne perçoit le monstre que partiellement... il n'est pas identifiable dans sa totalité, il en résulte une incapacité cognitive à définir précisément la menace, à pouvoir identifier en elle une faille rationnelle qui permette de résoudre l'équation de survie (Cramer and Fong 1991). Les films suivants de la saga ne peuvent plus utiliser le même artifice d'induction de peur. Le stratagème cognitif mettant le spectateur dans une incapacité de résolution de l'énigme ne peut plus fonctionner, les scénaristes n'ont plus d'autre choix que de multiplier le nombre de monstres pour maintenir tant bien que mal les conditions de la peur, en jouant cette fois-ci sur l'incapacité des protagonistes à survivre devant le nombre croissant d'ennemis. La surenchère émotionnelle vient alors plus des artifices de surprises et de dégoût suscités par certaines scènes que par la capacité narrative à maintenir le spectateur dans une situation de frustration cognitive, issue du caractère irrationnel et inextricable de la narration. Les ouvrages littéraires du domaine de l'horreur usent de cette stratégie. Ainsi, qu'il s'agisse d'histoires de revenants, de possessions diaboliques ou de situations cocasses comme dans le film « Cube », c'est toujours l'impossibilité pour l'utilisateur ou le spectateur de traiter la menace rationnellement qui conduit aux réactions physiologiques d'évitement et de fuite de la peur (Cramer and Fong 1991).

La nuit est plus inquiétante et plus inductive de peur que le jour, surtout pour les femmes (Valentine 1989). Il existe de nombreuses références comme dans le film « la nuit des morts vivants » de George A. Romero, où les morts se relèvent d'outre-tombe pendant la nuit (Gauvin 2007). La nuit c'est l'inconnu, nous y percevons moins bien les choses, nous sommes vulnérables, c'est le moment où physiologiquement nous devrions nous reposer pour attendre la lumière du jour.

La peur naît de l'inconnu, c'est ce qui n'est pas connu ou identifiable qui fait peur (Acquas, Wilson et al. 1996). Le cerveau cherche constamment lors des appraisals à évaluer notre environnement (R. Lazarus 1984, Scherer 1984). Nous savons que cette méthode d'évaluation continue nous permet de survivre dans un environnement hostile. Mais de l'impossibilité de cette évaluation naît la peur qui fait fuir ou qui sclérose dans une posture de pierre non identifiable pour le potentiel prédateur. Quand le stimulus de la peur est clairement identifié, la peur diminue (Steenkamp, Baumgartner et al. 1996). Dans un environnement virtuel hostile comme dans le cinéma, la présence d'un événement ou d'un élément hostile non identifiable et non analysable constitue une peur intense. Une fois le monstre, et la menace clairement identifiée, seule l'augmentation du nombre de monstres peut conduire à un débordement non gérable et donc un nouveau niveau de stress (McIntee 2005).

Les auteurs de littératures ne sont pas en reste et par exemple Stephen King joue beaucoup de l'impossibilité du lecteur à comprendre la source de son angoisse. Ainsi, dans plusieurs de ses narrations, les monstres ou les événements ne sont pas compréhensibles pour un esprit rationnel. Cette irrationalité narrative génère une forte angoisse et le lecteur attend finalement la libération fournie par une explication conclusive rassurante.

La peur est l'émotion la plus contagieuse, plus encore que le rire. Par exemple, quand un groupe est soumis à un stimulus de peur comme la foudre, l'ensemble des participants cherche dans le regard du chef, du dirigeant ou du leader, en premier lieu un réconfort et en second lieu une consultation sur la conduite à tenir pour s'avoir s'ils doivent ou non céder à la panique (Binet 1895). Deux types de contagion de peur sont possibles : la contagion directe en présence de danger réel et qui se communique par les expressions de physionomie et l'imitation directe. La seconde contagion est la contagion sourde induite par un climat de conversations ou d'ambiances lourdes (Binet 1895) : on peut ainsi avoir peur du loup, sans jamais en avoir vu un.

La peur par mimétisme expressif

C'est notre capacité à être empathique qui produit ce type de peur : nous percevons la peur des autres et nous finissons par la reproduire, cette mécanique primaire étant un mécanisme de défense sociale qui permet au groupe de survivre face à un stimulus négatif commun. Ce moyen d'induction de la peur à parfois été utilisé dans la peinture, notamment dans le célèbre tableau de Edvard Munch, *le cri*, où le peintre expressionniste s'est représenté dans une expression de peur exagérée, déformée ; le spectateur partage cette émotion par mimétisme émotionnel (Damasio 1995). Le cinéma d'« horreur » reprend ce principe, avec de fréquents zooms sur des visages féminins exprimant la peur ou plus encore la terreur. Dans le film « *Scream* » (Craven 1996), le masque du tueur en série reprend les traits du personnage représenté sur le tableau d'Edvard Munch.

Dans le système narratif d'un EV, le défi correspond à celui de montrer à l'avance ce que potentiellement l'utilisateur va devoir subir ou affronter de désagréments. Ceci peut être réalisé par l'utilisation d'un PNJ⁴⁰. Lors du salon de « E3 2012 », la société Française Quantic Dream présenta une démo vidéo de son jeu « *Kara* » où l'empathie pour un personnage féminin humanoïde démantelée par des machines suscita l'émotion du public. David cage l'auteur de ce jeu, plaide pour une nouvelle génération de jeux vidéo plus compassionnels et empathiques (Cage 2010). Nous soutenons cette ambition, mais en restant vigilants à ne pas confondre les genres des différents médiums narratifs, pour développer des méthodes d'inductions propres aux médiums interactifs du jeu vidéo et plus généralement des EVs.

Mort et finitude

La peur de la mort est omniprésente car elle représente le terme ultime de tous les dangers. Pour autant elle n'est pas perçue de la même façon dans toutes les cultures. Elle représente parfois un passage entre deux mondes et nombre de théologies permettent ainsi d'échapper à la peur de cette fin ultime. Paradoxalement, la perte de repères théologiques dans nos sociétés modernes nous amène à considérer la mort comme une fin ultime, comme c'est le cas dans les sociétés marxiste (Jervolino 2001). La peur de la mort en est donc augmentée, et la perspective que nos actes du présent ne soit jamais jugés dans un autre espace-temps nous amène à vivre plus égoïstement (Goleman 1995). Le jugement de nos actes et la représentation d'un autre monde post mortem existent dans de nombreuses

⁴⁰ PNJ : Personnage Non Joueur, dirigé par le programme informatique, par opposition aux avatars des personnes réelles connectées par exemple dans un monde virtuel en ligne.

théologies. Si l'allégorie du paradis peut amener à la joie et au plaisir, la vision des enfers est souvent utilisée en peinture pour susciter la peur. En Europe c'est la peur du jugement dernier de Fra Angelico de Jan Van Eyck et de Jérôme Bosch jusqu'aux visions de l'enfer de Salvador Dali. Dans les théologies Bouddhistes avec les mandalas, l'enfer est toujours représenté par la douleur, la peur, la souffrance, les damnés, et le diable, sous la forme de représentations monstrueuses et bestiales. Les jeux vidéo ne sont pas en reste et c'est le jeu « Doom » (Carmack, Romero et al. 1993) qui a créé un genre à lui tout seul, le Doomlike, en faisant évoluer l'utilisateur dans un environnement inducteur de peur représentant un enfer rougeoyant de lave et de feux, où sont suspendus des cadavres écorchés et où les monstres sont des minotaures antiques.

Dans le jeu vidéo et les EVs la mort n'est pas une fin en soi, car une fois mort l'avatar renaît de nouveau. Ce diktat organisé autour des objectifs du gameplay de plaisir à court terme, finissent par ne plus produire d'émotions de peur. Le gameplay d'un grand nombre de jeux vidéo de type FPS⁴¹ est basé sur un mode répétitif d'action où la fin du jeu n'est pas convoquée : on parle alors de structure transfinie, ou de transfinitude du jeu (Oury 2008). Dans de telles conditions où seul le stress et l'angoisse de la perte des objectifs d'habileté à court termes sont convoqués, les fonctions corticales supérieures sont rapidement inhibées par l'introduction d'une routine neuro-motrice addictive (Jandrok 2011). Ces émotions sont peu mnésiques car elles sont plus fondées sur le sentiment d'angoisse que sur l'émotion de la peur.

De nombreux lecteurs entretiennent un « plaisir de la peur » (Flahault 1993). Nous pensons que ce plaisir existe aussi dans les autres médiums et notamment dans ceux du jeu vidéo et des EVs. Cette peur entretenue permet notamment le dépassement de soi, la fidélisation intellectuelle, la mémorisation et l'attachement. Si la notion de mort existe déjà dans de nombreux jeux vidéo, elle est souvent effacée par la possibilité de faire ressusciter notre avatar à l'instant de sa disparition. Ainsi nous pensons que l'introduction de la mort définitive de l'avatar et de la finitude dans le jeu vidéo et les EVs peuvent constituer un véritable enjeu des futures productions de ce domaine. Nous devons retrouver, comme le suggère Lacan, le véritable plaisir du jeu avec la mort, celui qui est caractérisé par le paisible et le raisonnable (Lacan 1986). Trop souvent notre société confond plaisir et jouissance (Auré 2011), la jouissance derrière laquelle découle l'idée de la transgression, du défi, parfois le mal, la douleur, et la laideur (Lacan 1986). C'est en ce sens que le Jeu vidéo doit orienter son

⁴¹ FPS : First Personal Shooter, ou jeu de tir en vue à la première personne.

développement plutôt vers les émotions complexes d'empathie et de compassion, plutôt que vers des émotions fondamentales de base de peur d'angoisse et de surprise.

Plusieurs jeux introduisent aujourd'hui la possibilité de jouer dans un mode permettant l'absolue finitude, la mort de l'avatar. C'est le cas de « Diablo III » (Blizzard 2012) : il est possible dans ce jeu RPG⁴² de jouer un personnage en mode « Hardcore » et de le voir définitivement mourir. Thierry Jandok décrit, dans un article sur la transfinitude dans les jeux vidéo, les effets émotionnels produits par la mort de l'avatar virtuel d'un joueur de jeu vidéo. Pour celui-ci la mort est un échec, une rupture dans le jeu, ce jeu virtuel que Pierre Levy décrit comme une réalité (Lévy 1995, Lévy 2002). Cette rupture est vécue par le joueur comme un choc, voire un trauma. Dans la psyché du joueur la possibilité de reprendre l'action du jeu immédiatement permet de valider l'aspect imaginaire et fantasmatique de la mort dans le jeu vidéo (Jandok 2011). Toutefois, dans le but d'éviter toute frustration, et de peur que les joueurs ne passent rapidement d'un produit trop difficile à un autre, l'industrie du jeu vidéo conçoit des produits émotionnellement moins impliquant, où la peur de la finitude n'existe plus. Dans les débuts de ce nouveau médium un jeu comme « Alex Kidd » (Hayashida and Kodama 1986) ne permettait pas de reprendre le fil de l'histoire à la mort du personnage, mais permettait toutefois de recommencer le jeu à son début, ce qui confirmait l'aspect imaginaire du médium. Ce jeu fut un immense succès et l'attachement émotionnel à ce produit est si fort que ses utilisateurs en parlent encore comme une expérience unique.

3.3 Induire la colère

La peur est une émotion souvent induite par la surprise. Dans le cas de la surprise, deux options de survie sont possibles : la fuite ou le combat. Si la fuite amplifie la peur, le combat et l'opposition peuvent mener à l'émotion de colère. La colère est une émotion fondamentales de base universelle (Ekman 2003), elle a la particularité de s'auto alimenter : « la colère se nourrit de la colère » (Goleman 1995). Elle est aussi plus forte quand elle suit un débordement émotionnel. Ce processus d'escalade est décrit par Zillmann dans ses nombreuses observations (Zillmann 1993). De fait, faire naître la colère dans une œuvre d'art, n'est pas chose aisée, et sa mise en place est généralement réservée aux média narratifs

⁴² **Role Playing Game** : Jeu vidéo inspiré des jeux de rôle sur table. Le joueur y incarne un personnage, évoluant au fur et à mesure de sa quête.

comme le cinéma et le théâtre. Elle participe généralement à la prise de conscience d'une injustice et, se met en place généralement lors de l'attaque. Les expressions de la colère dans la plupart des espèces revêtent les signes de la préparation à l'attaque : les oreilles se baissent pour ne pas être arrachées, les sourcils se baissent pour protéger les yeux, la bouche est ouverte pour préparer la morsure et montrer les attributs du combat (Darwin 1899, Damasio 1995). La colère peut donc être induite lors d'un combat furieux pour la survie ; elle sera plus forte encore si ce combat répond à un sentiment de perte qui a conduit à une tristesse augmentée d'une volonté de vengeance (Aristote 1990). La colère est souvent le fruit de la marque du mépris, ce dernier étant issu de la vexation d'une marque d'estime qui ne vient pas d'une personne dont on espère être honoré. La colère trouve son origine dans l'histoire personnelle de chacun, elle est produite par le sentiment d'être menacé, offensé, ou humilié, elle naît dans le désir de faire du mal à ceux qui nous en ont fait auparavant (Spinoza 1677).

3.4 Induire le dégoût

L'émotion de dégoût est un système neuronal d'évitement dont le mécanisme permet d'éviter les situations sociales physiologiquement et psychologiquement dégradantes, ainsi que les aliments susceptibles d'être porteur de maladies (Sherman 2011). Des recherches ont montré que le dégoût joue un rôle important dans le choix de la nourriture selon les espèces (Eckel 1996). Le dégoût est directement lié à l'idée de la déshumanisation. Cette émotion très contagieuse peut conduire à l'exclusion du groupe pour suspicion de pratiques sociales, émotionnelles ou sexuelles animales. Étant considéré comme animal, l'être impur et amoral crée les conditions cognitives de la répulsion et du dégoût. Celui-ci conduit au rejet (Sherman 2011).

Le dégoût est une des émotions universelles qui n'est pas déterminée par la culture mais qui a des origines biologiques (Ekman 2003). Dans l'expression de cette émotion, les sourcils se raccourcissent, la lèvre supérieure est courbée, la langue est souvent visible. Cette expression de l'émotion du dégoût est parfaitement interprétée par les aveugles et les sourds de naissance (Oaten 2009). Ce qui en fait une émotion réflexive, innée et phylogénique.

Le système neuronal fonctionnant en miroir est particulièrement actif dans l'émotion de dégoût : voir quelqu'un exprimer le dégoût, provoque le même dégoût (Keysers 2001).

Cette particularité permet la survie du groupe. De ce fait, l'induction du dégoût est assez aisée par mimétisme émotionnel. La partie du cerveau appelée Insula est particulièrement active dans l'activation de l'émotion de dégoût (Sprengelmeyer 1998, Wicker 2003). L'insula est activée par un goût désagréable, les mauvaises odeurs et la reconnaissance visuelle de dégoût dans les organismes de la même espèce (Wicker 2003).

Dans le cas des EVs l'utilisation des odeurs et du mimétisme émotionnel est assez aisée. Dans le jeu vidéo, il faudra en revanche privilégier le mimétisme émotionnel ainsi que le dégoût social provoqué par la vision d'actions amORAles ou bestiales.

Dans le domaine des Arts, de nombreux artistes convoquent le dégoût pour provoquer une surprise dérangement, parfois questionnant. Dans l'art performance, par exemple, de nombreux artistes comme Marina Abramovic⁴³ ou plus récemment Claudia Triozzi, brisent les tabous sociaux pour susciter le dégoût du public et permettre la mise en condition.

3.5 Induire la joie

La joie est généralement définie comme une émotion de base (Ekman 2003) qui est le fruit d'une grande activité psychologique, et d'une forte activation émotionnelle. Au sens défini par Russel (Russell 1980), c'est aussi un sentiment (Damasio 2005). Elle est proche de l'état de bonheur qui est lié au sentiment de satisfaction et au plaisir. Elle est pour Spinoza un des trois affects fondamentaux de l'être humain, avec ceux de la tristesse et du désir (Spinoza 1677). Pour ce philosophe la joie est définie, comme « *l'accomplissement d'un faire* », dans ce sens la joie est précédée d'une création.

Il y a deux types de joie. La première correspond à la fuite du désagrément : cette émotion est essentiellement conservatrice et fait partie de stratégies primaires de survie du SNC. La seconde est selon Bergson le signe d'un accomplissement, cette vision est proche de celle de Spinoza. La joie est alors un marqueur de l'accomplissement de l'existence humaine (Henri 1911). De nombreuses stratégies de gameplay, ont pour but de susciter la joie par la possibilité d'une réalisation, d'une création, d'un accomplissement (Jenova 2007).

Darwin avait très tôt montré qu'une émotion pouvait succéder rapidement à une autre qui lui semble totalement opposée (Darwin 1899). Dans son modèle schématique des émotion

⁴³ Marina Abramovic est une artiste monténégrine qui étudie les frontières du potentiel physique et mental.

Russel oppose les émotions négatives comme la colère, l'angoisse ou le dégoût aux émotions de joie, et de calme...(Russell 1980). Le cinéma, mais aussi les jeux vidéo, utilisent fréquemment une méthode simple visant à mettre les utilisateurs ou les spectateurs, dans une situation d'angoisse (généralement amenée par la peur de la perte d'un personnage, ou d'un objet précieux, etc...) pour les libérer très rapidement, parfois d'une manière inattendue, en les gratifiant de scènes joyeuses, ce qui renverse totalement la situation émotionnelle initiale.

Les mécanismes neurologiques miroirs sont particulièrement actifs dans l'émotion de joie, et un environnement social joyeux conduit à la joie et au désir sexuel visant la reproduction (Damasio 2005).

De forts liens existent entre la nostalgie, ou la mémoire de certains affects positifs, et la joie ou d'autres émotions. Quand la nostalgie est convoquée, une émotion mixte de joie et de tristesse est créée. Comme le suggère S. Holak et W.Havlena qui ont travaillé sur les liens émotionnels entre la nostalgie et la joie, la nostalgie pourrait être plus utilisée dans les mediums modernes de la communication mais aussi du jeu vidéo ou des mondes virtuels (Holaka and Havlenab 1998).

Enfin dans sa théorie de la joie et du Flow le psychologue Csikszentmihalyi rejoint la théorie de Baruch Spinoza. Pour lui, la joie est la résultante d'un accomplissement, mais il précise cependant que le challenge ne doit pas être trop élevé et inatteignable : il doit rester réaliste et à la mesure des compétences de chaque individu (Csikszentmihalyi 2004). Susciter la joie, c'est ainsi proposer des défis accessibles aux compétences des utilisateurs, mais aussi réguler la complexité de ces défis en fonction de l'augmentation de l'acquisition constante des compétences des utilisateurs.

3.6 Induire la tristesse

Exprimer sa tristesse s'apprend pendant l'enfance. Montrer ou cacher sa tristesse, permet à l'enfant d'apprendre la gestion de ses émotions. Les familles où l'on impose de ne pas être triste, ont des difficultés à faire face aux situations émotionnellement les plus bouleversantes de la vie (Skynner 1993).

La tristesse fait partie du mécanisme intellectuel de Coping (faire face...) (Goleman 1995). Elle consiste généralement à substituer à une activité émotionnelle passive, une activité

d'éveil émotionnel au sens entendu par Russel (Russell 1980). Darwin avait remarqué que, selon l'expression consacrée « un clou en chasse un autre », c'est le cas de la tristesse, qui peut être chassée par des émotions positives (Darwin 1899).

Il est très facile d'induire la tristesse par mimétisme des expressions d'émotions. Si les êtres humains reconnaissent facilement l'expression de l'émotion de la tristesse, ils sont encore plus sensibles aux dilatation des pupilles oculaires que cette émotion produit (Harrison NA 2006). Il est frappant de constater que plus la pupille des personnes tristes observées est dilatée, et plus le niveau d'empathie est important (Harrison NA 2007). Cette technique est couramment utilisée par le cinéma d'animation comme la société de production DreamWorks SKG : le Chat Potté utilise sciemment la dilatation de ses pupilles pour susciter l'empathie et la tristesse (Adamson, Asbury et al. 2004).

Darwin avait observé que la perte était à l'origine de la souffrance et de la tristesse : il cite la perte d'un être cher comme le fait le plus inducteur de tristesse (Darwin 1899). Cette technique est utilisée avec brio par David Cage dans le jeu « Heavy Rain » (Cage 2010). Pour Antonio Damasio également, la tristesse naît de la perte de quelque chose ou de quelqu'un (Damasio 1995). La fatalité de la finitude ou de la perte annoncée peut aussi être utilisée comme un élément narratif dramaturgique inducteur de tristesse. Le chercheur et développeur de jeux interactifs Jason Rohrer a utilisé cette technique narrative dans son installation « le passage » (Rohrer 2007). Enfin l'attachement et les liens de proximité créés entre l'utilisateur et les personnages virtuels peuvent induire de la tristesse lors de la disparition de ceux-ci. Il n'est pas forcément nécessaire que les personnages soient réalistes, mais il faut que l'expression de leurs émotions soit forte comme celles d'un animal familier.

3.7 Susciter l'empathie et la compassion

Comme nous l'avons précisé pour la tristesse, l'empathie peut être suscitée par la taille de la pupille des avatars ou des êtres observés, qu'ils soient humains, réalistes, animaux ou imaginaires (Harrison NA 2007). La pupille du spectateur prend alors elle aussi la taille de la pupille observée, dans un système qui peut ressembler à de la contagion émotionnelle (Harrison NA 2006). L'empathie peut donc être activée par la simple observation de la dilatation de la pupille d'un interlocuteur. Dans ce cas il semble que l'amygdale du cerveau soit clairement active et joue un rôle important dans la compréhension de l'expression des

émotions d'autrui (Shiori Amemiya and Ohtomo 2012).

En 2006, Mel Slater et son équipe reprennent l'expérience de Stanley Milgram (Milgram 1963) sur l'obéissance avec l'induction de chocs électriques sur des êtres humains, et recréent les conditions de l'expérience avec des avatars virtuels. Ils constatent alors que les résultats des chocs électriques administrés par les participants sont identiques à ceux observés par Milgram (Milgram 1963), et ceci bien que les participants aient pleinement conscience du caractère virtuel des avatars (Slater, Antley et al. 2006). Plus surprenant encore, le stress physiologique enregistré lors de l'administration de ces chocs électriques aux avatars est identique à celui de la première expérience *in vivo*. Ces résultats confirment le fait que, dans certaines conditions, les avatars virtuels peuvent susciter exactement la même empathie ou stress que les êtres réels, malgré la totale conscience de leur nature virtuelle. Cependant, dans certains paradigmes au réalisme paradoxalement trop poussé, le phénomène d'empathie se heurte à un rejet fonctionnel. Ce rejet a été décrit par le roboticien Masahiro Mori sous le terme d'« *Uncanny Valley* ». Dans sa théorie, plus un robot ressemble à un être humain, et plus ses défauts paraissent monstrueux (Mori 1970). Cette théorie est synthétisée dans la Figure 30.

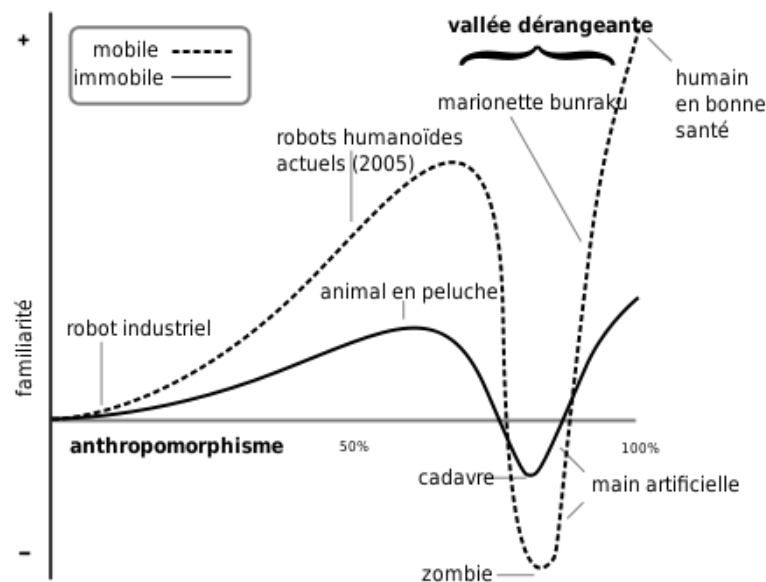


Figure 30, la théorie de l'Uncanny Valley. © Mori_Uncanny_Valley.svg: Smurrayinchester (2009).

La théorie de l'*Uncanny Valley* s'applique également aux films d'animation, aux jeux vidéo et aux mondes virtuels (Geller 2008). Les problématiques de l'*Uncanny Valley* doivent être dépassées pour pouvoir induire empathie et compassion : le réalisme expressif et émotionnel des avatars est crucial dans ce processus. Ce concept est complexe et la seule

condition d'un réalisme total pour se défaire de l'Uncanny Valley ne semble pas suffisante (Seyama and Nagayama 2007). Les travaux de neurosciences utilisant les IRM fonctionnelles permettent aujourd'hui de mieux comprendre le processus empathique, notamment face à la douleur d'autrui. D'après le neuropsychologue P. Jackson, l'empathie face à la souffrance est un système fonctionnel de survie permettant l'apprentissage de situations potentiellement dangereuses, sans pour autant avoir la nécessité de les expérimenter. Le néocortex semble clairement sollicité dans ces fonctions, spécifiquement le cortex insulaire antérieur et le cingulaire antérieur (Jackson, Meltzoff et al. 2004). Il est ainsi possible d'induire de l'empathie dans les EVs et les JVs en mettant le joueur, ou l'utilisateur, en situation d'apprenant face à la douleur d'un autre avatar. Ce sentiment peut être décuplé si la probabilité pour le joueur ou l'utilisateur de subir les mêmes souffrances que celles des personnages virtuels observés est grande. Les développeurs de Raven software ont utilisé ce principe dans une phase transitionnelle du jeu « Quake4 » (RavenSoftware 2005). Dans cette scène, où le joueur (qui perçoit l'EV en vue subjective) est attaché sur un tapis roulant pour être transformé par des machines en Strogg⁴⁴, une forte empathie est créée par la vue des autres participants, devançant l'expérience et exprimant leur souffrance à chaque transformation. « *L'empathie fait partie intégrante du Gameplay* » (Schell 2008).

⁴⁴ Strogg : race d'extraterrestre fictive, d'humains et d'humanoïdes cybernétique hostiles (Quake).

Chapitre 4 **Modèle circomplexe d'induction d'émotion pour les jeux vidéo et les environnements virtuels**

Selon qu'elles soient de base ou complexes, les méthodes d'inductions d'émotions peuvent être bien différentes. Toutefois à la lumière de nos lectures, nous avons synthétisé dans un tableau les 10 méthodes d'induction que nous avons retrouvées le plus fréquemment dans la littérature ainsi que les 5 émotions fondamentales de base de P. Ekman (Ekman 2003), en ajoutant l'émotion sociale complexe d'empathie.

Méthodes inductives d'émotions						
Utiliser l'onirisme et la contemplation						
Utiliser la surprise technologique						
Récompenser, faire progresser						
Invoquer la difformité, la maladie						
Briser les tabous						
Invoquer la mort, la finitude						
Convoquer la Nostalgie la mémoire						
Invoquer la perte						
Utiliser les ressorts dramaturgiques						
Utiliser le mimétisme des émotions						
	Colère	Dégoût	Tristesse	Empathie	Peur	Joie

Figure 31, Fréquence des méthodes inductives d'émotion dans les médias numériques.

Si peu de méthodes inductives semblent exister pour les émotions de colère, ou de dégoût, ce n'est pas le cas de la peur ou de la joie qui peuvent cumuler jusqu'à 8 méthodes d'induction différentes.

Il apparaît que de nombreuses méthodes d'inductions d'émotions de base et complexes existent et sont couramment utilisées par empirisme dans de nombreux médium. Il nous a ainsi semblé intéressant de créer un parallèle entre la catégorisation dimensionnelle des émotions de J. Russel et nos observations de chromatiques et de dynamiques issues de nos travaux de synthèse et de nos échanges avec Vladimir Sierra, scripteur émotions et stéréographe de Disney Pixar (Sierra 2011).

Il nous est apparu qu'un lien significatif existe entre, d'un côté, l'activation chromatique ou la désaturation et la valence positive ou négative des émotions, et d'un autre côté, la rapidité, la dynamique ou la lenteur des scènes et des animations en rapport avec

Modèle circomplexe d'induction d'émotion pour les jeux vidéo et les environnements virtuels

l'activation ou la non activation des émotions. Sur la base de ce modèle, un concepteur de jeu vidéo ou d'environnement virtuel, désireux de générer les conditions de la tristesse (Russell 1980), générera un environnement sombre, désaturé et lent. Si, au contraire, il veut créer les conditions de l'induction de la joie, il créera un environnement dynamique, ouvert, et coloré. Si ces concepts sont généraux, nous devons convenir qu'il est aussi possible sous certaines conditions de générer de l'angoisse, avec des environnements entièrement blancs et éclairés quand ceux-ci évoquent l'univers hospitalier par exemple, une fois de plus tout est une question de contextualisation. Si ces concepts sont essentiellement visuels, nous les appliquerons également aux environnements sonores de nos expérimentations, afin de ne pas créer les conditions d'une incohérence cognitive.

Nous avons créé le schéma circomplexe méthodologique Figure 32, afin de nous permettre de définir les environnements visuels et sonores d'un jeu vidéo ou d'un monde virtuel en fonction des émotions que nous cherchons à induire.

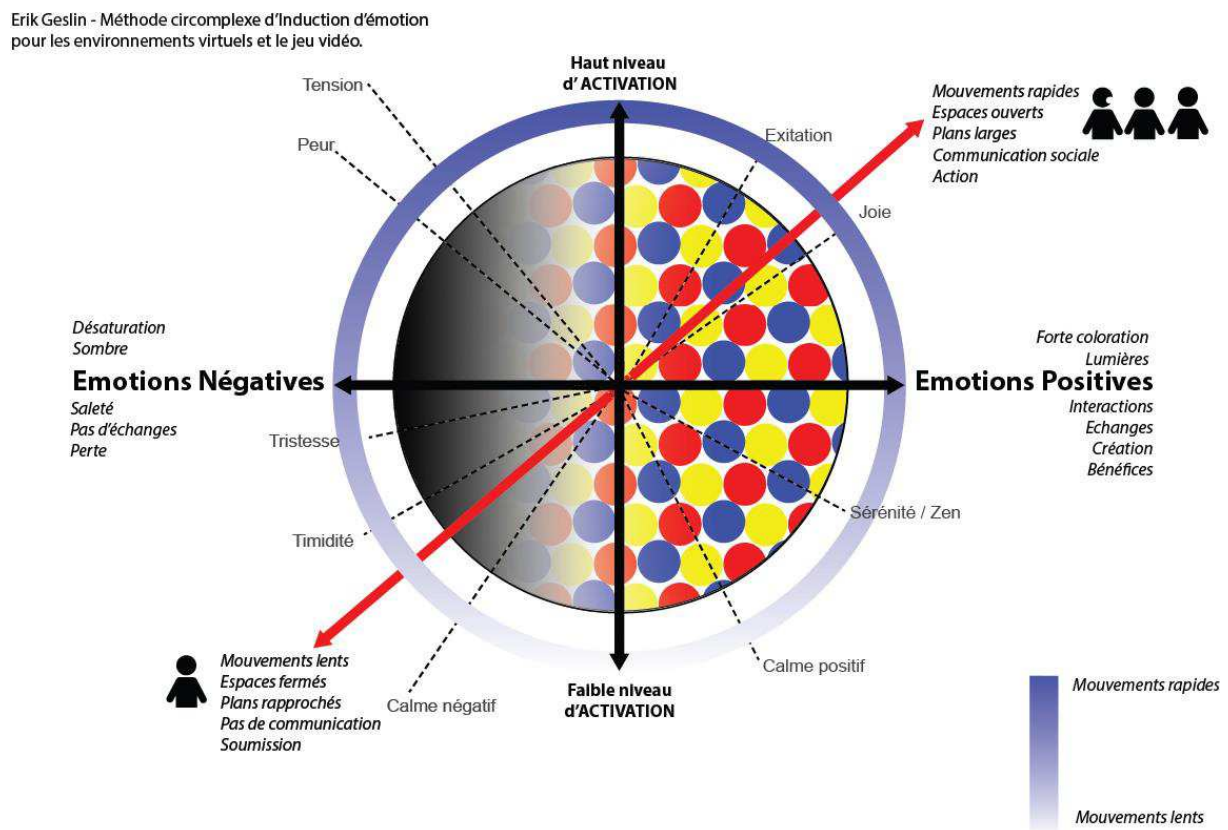


Figure 32, Méthode circomplexe d'induction d'émotion dans les mondes virtuels (E. Geslin).

Notre modèle schématique circomplexe combine le modèle dimensionnel des émotions de Russel, et les méthodes empiriques d'induction d'émotions mises en place par Disney en 60 ans d'analyses internes et qui nous ont été reportés lors de nos échanges avec Wladimir Sierra (Sierra 2011). Celles-ci sont utilisées dans les domaines du « Emotional Staging », nous les utilisons en combinaison de notre synthèse des méthodes comparées d'induction d'émotions dans les médias visuels. Nous avons utilisé, dans nos expérimentations, ce schéma méthodologique d'induction d'émotions pour la mise en place d'environnements virtuels de jeux vidéo inducteurs d'émotions.

Nous proposons dans les paragraphes suivants, une traduction de notre méthode ainsi qu'une explication de son principe de fonctionnement. Celle-ci est basée sur le schéma de «the circumplex model of affect» proposé par J. Russel (Russell 1980), qui propose une classification dimensionnelle des émotions. Rappelons que sur l'axe horizontal, les émotions sont placées selon leur valence, et que sur l'axe vertical, elles sont placées selon leur niveau d'activation (Figure 33).

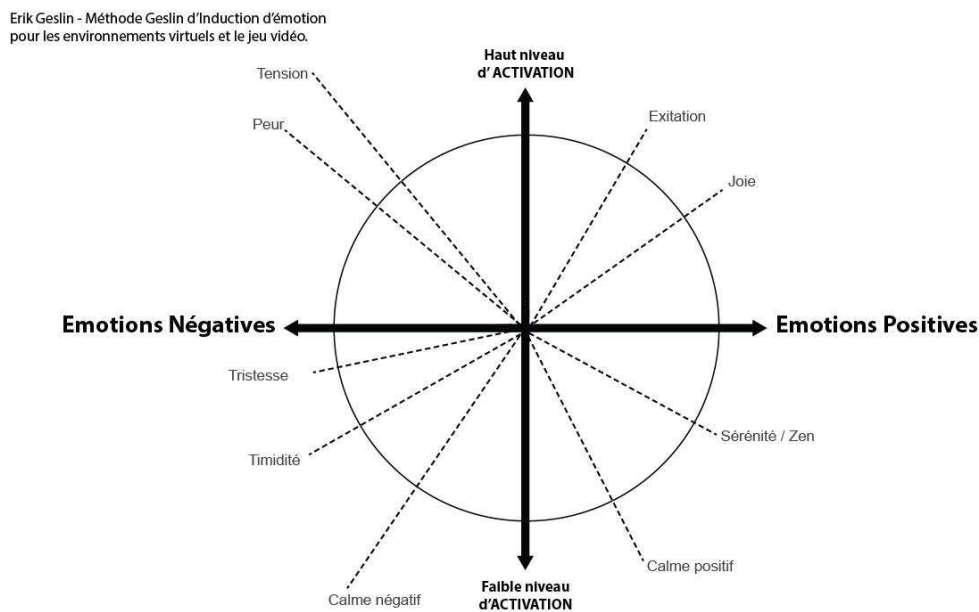


Figure 33, Schéma circomplexe basique référent au modèle de Russell.

Nous introduisons un plan sécant à 45° dans ce schéma : celui-ci positionne à son extrémité la plus haute (à l'intersection des émotions positives et hautement actives) la création d'EVs avec de larges espaces, des environnements très ouverts. A son autre extrémité, dans le cadre d'émotions à la valence négative et d'une faible activation, les

Modèle circomplexe d'induction d'émotion pour les jeux vidéo et les environnements virtuels
 espaces seront fermés, et réduits, les cadrages plus intimistes et centrés sur les personnages
 (Figure 34).

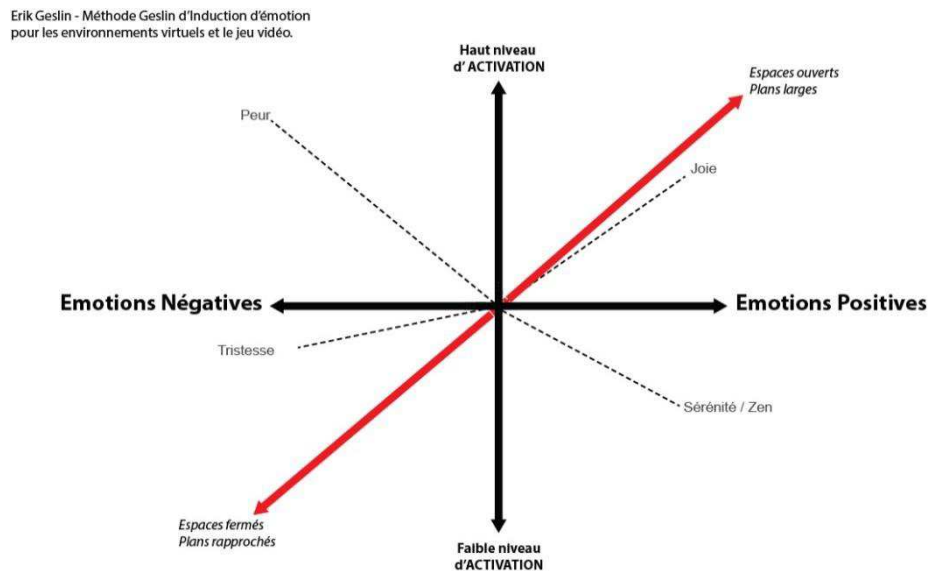


Figure 34, Schéma circomplexe des ouvertures des espaces d'EV.

Nos travaux exploratoires et théoriques ont également portés sur le rythme et la vitesse de mouvement des productions, en lien avec différentes émotions. Cette vitesse d'action est généralement définie par le « Pace Scripting ». La création d'un « Pace Scripting » définit spécifiquement de quelle manière, les émotions devront être induites et à quel moment dans la narration. La gestion du « Pace », qui pourrait être traduite par le rythme ou le tempo en français est essentielle à la production cinématographique, que ce soit dans la création de films d'animation ou dans la narration de film plus « traditionnels ». Les scénaristes hollywoodiens ont, depuis de nombreuses décennies, adopté la gestion en pré-production de l'écriture du rythme ou du tempo, qui définissent les moments d'engagements émotionnels des spectateurs (Sierra 2011). Généralement, le rythme est assez soutenu en début de narration, afin d'accrocher (en anglais on utilise le terme de « Hook ») l'attention des spectateurs au contenu de l'histoire. La suite du « Pace scripting » est composée d'une succession de phases de pics émotionnels et de temps de repos, tout ceci étant dépendant du type de narration. La Figure 35 présente un exemple de Pace Scripting pour le film de « Star Wars ».

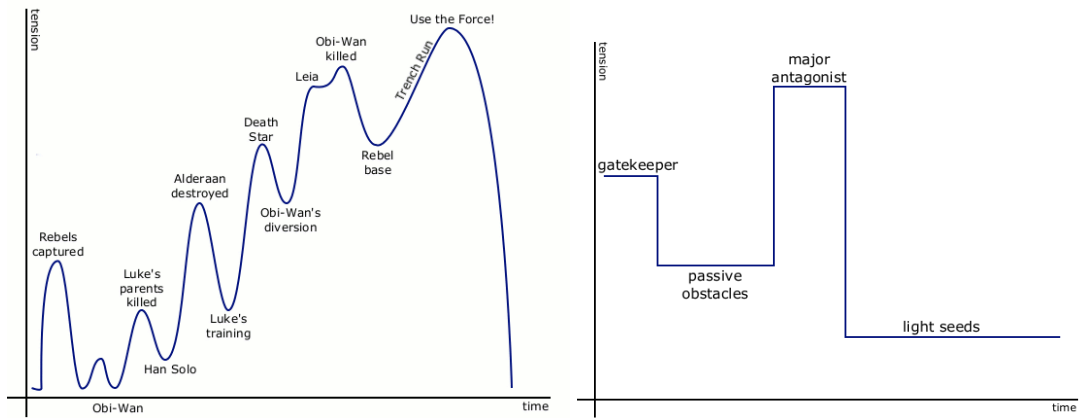


Figure 35, Pace scripting de « star Wars » représentant une succession de vagues croissantes. Chaque pic correspond à un moment émotionnellement fort de l'histoire. © Lucasfilm Ltd
A droite, Pace Scripting du jeu vidéo. © LucasArts.

De nombreux « Game Designers » utilisent aujourd'hui des méthodes de « Pace Scripting » issues du média cinématographique. Ces méthodes sont aussi appelées « *courbes d'intérêts* » « *courbes de tension* » (Natkin 2004), ou « *fractal interest curve* » dans le domaine du jeu vidéo (Schell 2008).

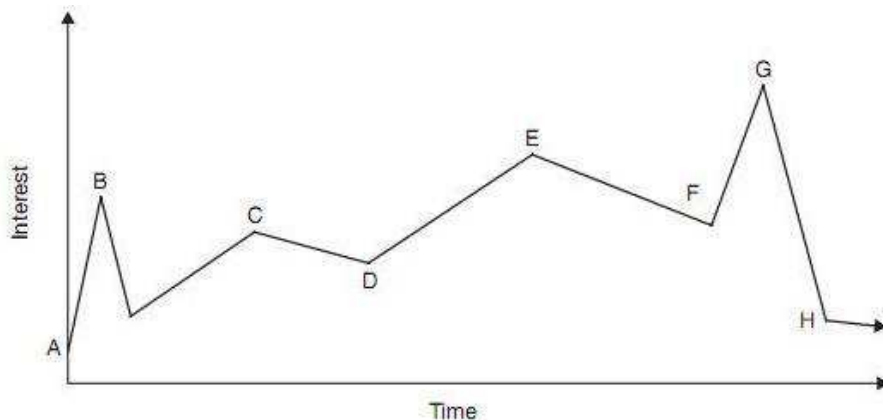


Figure 36, courbes d'intérêts d'un jeu vidéo © Schell's book (2008).

Mais, comme le précise Jacek Wesołowski, les jeux vidéo ne sont pas des films Hollywoodiens (Wesołowski 2012). Notre point de vue rejoint celui de cet auteur et notre engagement va vers la mise en place de méthodes plus spécifiques à nos médiums interactifs caractérisés par le libre arbitre et l'équilibre des règles. Dans la plupart des « Pace Scripting » que nous avons observés, les émotions à forte valeur d'activation, comme la peur, ou la joie, correspondent à des scènes très mouvementées, dans lesquelles les actions sont rapides. Dans le cas de faibles activations émotionnelles, comme pour la tristesse ou les états de plénitude, les mouvements sont lents. Nous avons reporté ces constats dans notre méthode schématique. Ainsi dans la Figure 37, nous avons inclus un cercle de couleur bleue. Plus la partie interne de ce cercle est d'un bleu soutenu et plus l'EV que nous créerons devra être dynamique, tant

Modèle circomplexe d'induction d'émotion pour les jeux vidéo et les environnements virtuels dans le mouvement des objets qui le composent, qu'en termes d'action narrative ou interactive. Quand le cercle se rapproche de la couleur blanche, les actions devront être lentes, laissant place à la contemplation.

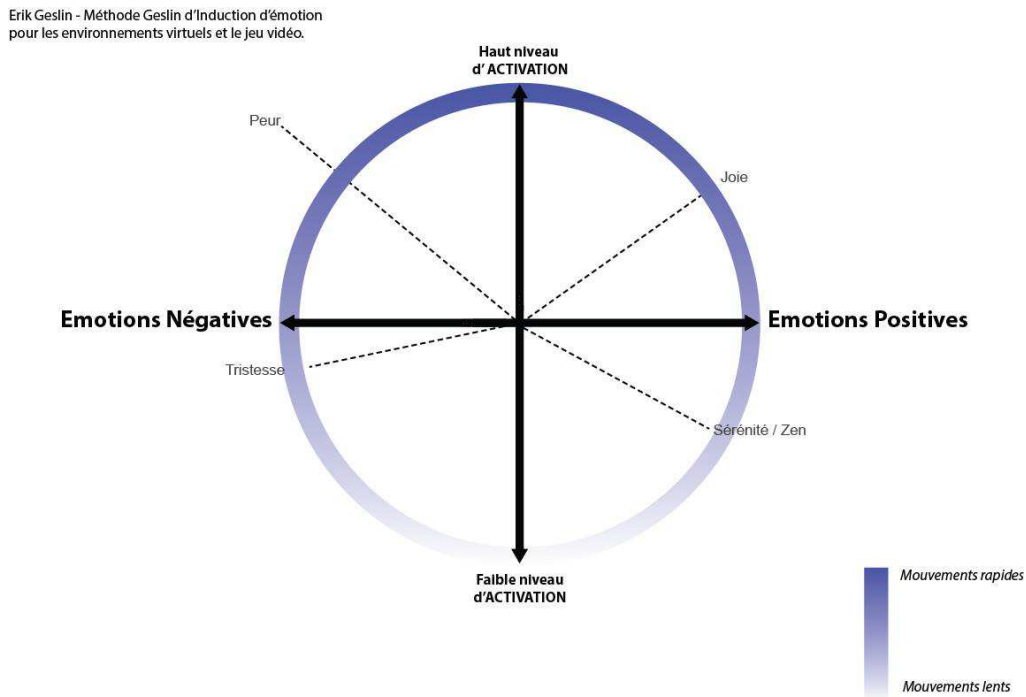


Figure 37, Schéma circomplexe de représentations des vitesses de mouvement dans les EVs.

Enfin, nous avons fait les mêmes observations sur la chromatique des scènes de films et de jeux vidéo associées à des pics émotionnels dans les courbes de « Pacing Scripting ». Nos échanges avec Vladimir Sierra (Disney Pixar) vont aussi dans le sens d'une forte utilisation des couleurs primaires dans les environnements émotionnels inducteurs d'émotions positives et d'une désaturation menant presque au noir et blanc pour les valences négatives. Ces mêmes concepts ont été utilisés avec efficacité dans le cadre d'induction d'émotions dans les EVs (Riva, Mantovani et al. 2007). Nous avons donc inclus dans notre schéma une figuration fortement colorée quand la valence des émotions est positive, liée également à un environnement très lumineux. Quand la valence émotionnelle est en revanche négative, les couleurs seront absentes, l'environnement dés-saturé et peu éclairé. La Figure 38 permet de visualiser cette proposition (plus les émotions se rapprochent du centre du schéma et moins les valeurs sont fortes).

Erik Geslin - Méthode circomplexe d'Induction d'émotion pour les environnements virtuels et le jeu vidéo.

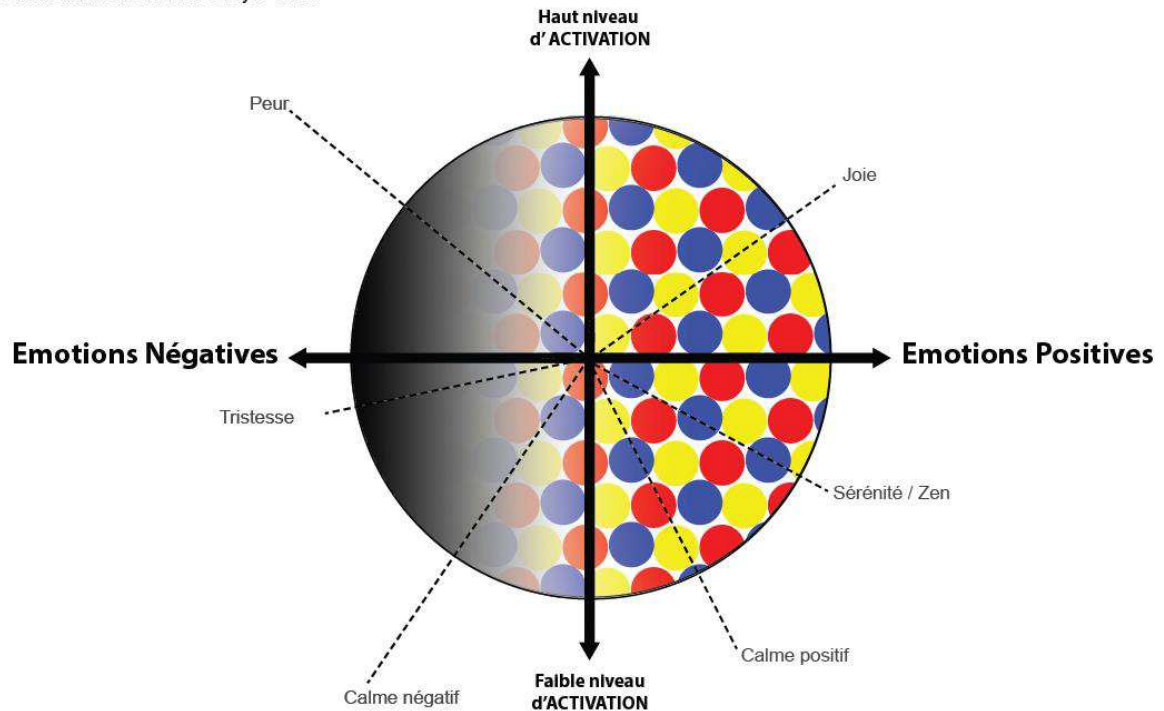


Figure 38, Schéma circomplexe de représentation de gestion des chromatiques et des lumières dans les EVs.

Le modèle schématique circomplexe d'induction d'émotions que nous avons obtenu, est utilisé dans nos expérimentations. La construction de nos EVs qu'ils soient de type simulation ou de type ludiques est réalisé avec le support de ce modèle. Ce méthode constitue une base de travail, et plus encore un outil basique pour la conception d'environnements inducteurs d'émotions dans les média interactifs, toutefois ce modèle reste systématiquement à contextualiser, en fonction de l'âge du genre et de la culture propre aux utilisateurs ciblés, mais aussi en fonction de la finalité de l'environnement, ludique, pédagogique, de sensibilisation ou autre. Enfin au sein même de ces différents genres il faut contextualiser le schéma en fonction de la catégorie du produit à réaliser.

Chapitre 5 **Analyse du contexte et formulations d'axes de recherche**

Les chapitres précédents ont mis en évidence les liens intrinsèques cognitifs existants entre un utilisateur et l'environnement virtuel visité, qu'il soit ludique comme dans le jeu vidéo, ou qu'il ait d'autres buts.

Si la science a longtemps dissocié cognition et émotions, les travaux les plus récents montrent au contraire que les deux notions sont loin d'être opposées, et peuvent même être intimement liées (Goleman 1995). C'est à partir de ce constat que nous proposons d'intégrer l'activation des émotions, au triangle sémiotique cognitif proposé par A. Grumbach (Grumbach 2003).

La présence est la résultante d'une parfaite harmonie dans une application de réalité virtuelle, elle est aussi le saint graal de la réalité virtuelle. Si la présence est aujourd'hui très étudiée, les thèses abordant la problématique émotionnelle et son rôle dans la sensation de présence sont peu nombreuses. Comme nous l'avons vu précédemment, Slater a proposé un modèle incluant les deux notions de « Place Illusion » et de « Plausability Illusion » (Slater 2009). Du point de vue de Slater et al, la Place Illusion est affectée par les retours sensorimoteurs. Les émotions n'en font pas partie, mais elles sont une composante de la Plausability Illusion. Nous pensons également que les émotions jouent un rôle important dans la mise en place de ce concept essentiel de la présence. Nous proposons d'étudier les liens existants entre le niveau de présence perçue de manière sémantique et physiologique, et les émotions. La présence est une composante essentielle de la réalité virtuelle, mais également une notion importante dans le jeu vidéo, puisque ce médium, à l'image de la réalité virtuelle est immersif et interactif en plus d'être ludique. La présence représente pour le jeu vidéo les garanties d'une attention émotionnelle soutenue, propre à favoriser la création de liens affectifs importants avec les personnages et l'environnement du jeu vidéo.

Si les émotions sont les premières manifestations visibles de la perception d'un environnement virtuel, celles-ci semblent altérées avec le temps. Il se pourrait que la cause soit l'habitude et la connaissance du médium. De nombreuses études montrent combien le

niveau d'activation des émotions baisse en comparaison avec le niveau de connaissance des stimuli. Nous proposons donc dans un premier temps d'étudier les conséquences de l'augmentation du nombre d'utilisateurs de joueurs de jeu vidéo sur le niveau de présence et d'émotions ressenties dans les environnements virtuels. Si un tel lien existe, les conséquences peuvent être importantes pour des systèmes thérapeutiques ou d'apprentissages utilisant les émotions et nécessitant un grand sentiment de présence dans leurs applications.

Dans une seconde expérimentation, nous essaierons de voir si une stratégie d'induction narrative d'émotions, intégrée grâce à une gestion d'un « *pace scripting* » et de la prise en considération des objectifs du Flow Zone, peut permettre d'inverser les résultats significatifs de nos premiers travaux. Pouvons-nous, grâce à ces méthodes, permettre aux joueurs habitués aux jeux vidéo d'atteindre l'état extatique de présence ? Nous intégrerons aussi dans notre proposition de schéma de la présence les notions d'attention contrôlée et incontrôlée. En effet, ces deux notions participent à l'engagement de l'utilisateur dans une expérience d'environnement virtuel (Laarni 2003, Ravaja, Saari et al. 2006). Nous pensons qu'elles contribuent, par l'action de « *jouer le jeu* », à favoriser la cognition dans le triangle sémiotique décrit par A. Grumbach (Grumbach 2003). En favorisant la cognition nous formulons la théorie que les émotions, et par là même la présence sont augmentées. Nous étudierons également dans cette expérimentation les niveaux émotionnels ainsi que les sentiments de présence associés, en fonction de la connaissance des IHM dans le contexte d'un scénario narratif immersif. Ceci afin de déterminer si ce type de scénarisation peut avoir un effet significatif sur les utilisateurs ayant déjà une connaissance accrue du medium utilisé.

5.1 Hypothèses :

Peu de travaux ont étudié l'impact que l'habitude de jouer à des jeux vidéo pouvait avoir sur les émotions ressenties dans les mondes virtuels. Nous développons l'hypothèse selon laquelle, la connaissance des mediums immersifs, et particulièrement de ceux des jeux vidéo, entraîne une baisse de la sensibilité aux émotions dans les environnements virtuels. Nous proposerons dans cette expérimentation de comparer les niveaux émotionnels de peur, d'anxiété et de surprise de deux groupes de joueurs et de non joueurs de jeu vidéo. Nous supposons que le niveau émotionnel des participants habitués aux jeux vidéo sera moins élevé que celui des utilisateurs novices face à ces médiums immersifs. Ces travaux permettront

aussi de répondre plus précisément à la question de ce qu'est un habitus de jeu vidéo. Comment le type de jeu vidéo joué, ainsi que le volume de temps passé à la réalisation de cette activité, influencent la sensibilité à l'induction d'émotion dans les environnements virtuels. Nous cherchons également à déterminer si des moments d'inattention, des BIPs peuvent influencer le niveau de présence comme cela a été montré précédemment (Brogni, Slater et al. 2003). Nous essayerons de définir à quels moment précis de l'expérience de jeu ces BIPs interviennent, avec le but de pouvoir à terme préciser, dans une méthode créative, quels sont les moteurs narratifs ou technologiques qui perturbent l'immersion des joueurs. Comprendre quels sont les éléments qui ne permettent pas de susciter émotions et présence d'une manière efficace, permet aussi de mettre en place de nouvelles stratégies pour atteindre présence et Flow Zone.

Au regard de ces suppositions, nous avons décidé de formuler deux hypothèses, que nous proposons de tester à l'aide d'une démarche expérimentale :

- Hypothèse A : les joueurs de jeu vidéo sont moins sensibles aux inductions d'émotions dans les EVs que les non joueurs.
- Hypothèse B : les niveaux d'émotions des joueurs de jeux vidéo comme ceux des non joueurs peuvent être motivés significativement par la mise en place d'une narration inductive d'émotion prenant en charge les problématiques de niveau de « challenge » et de niveau de « compétences » mis en évidence par la théorie du Flow Zone.

L'hypothèse A se base sur le postulat que : plus le niveau de connaissance d'un médium est important, et plus il est difficile d'y induire des émotions (même de base). Nous considérons dans cette expérimentation, que les médias du jeu vidéo et de la réalité virtuelle présentent suffisamment de grandes similitudes, pour produire cet effet d'essoufflement émotionnel. L'hypothèse B s'appuie sur la capacité supposée des techniques narratives et de gameplay associées au « Flow Zone », pour induire des émotions dans une expérimentation favorisant l'immersion par le temps. La littérature montre les liens existants entre Gestalt, attention volontaire et involontaire et émotions. Nous utiliserons le potentiel de cristallisation de l'attention du gameplay et de la narration dans le contexte du « Flow Zone », pour augmenter la captation de l'attention des participants (joueurs et non joueurs).

Chapitre 6 Expérimentations

6.1 Protocole expérimental

Les émotions construites pour ces expérimentations seront délibérément des émotions définies comme de base (Tomkins 1995, Ekman 2003, Panksepp 2003). Ce choix est essentiellement motivé par le caractère inconscient généré par le chemin court des émotions démontré par Ledoux (LeDoux 1999), car ces émotions sont plus difficilement contrôlées par le système cognitif du néocortex et les réponses physiologiques générées par l'hypothalamus sont donc plus facilement identifiables. Notre choix s'est donc porté vers les émotions de Peur, d'angoisse et de surprise, car comme nous l'avons montré dans la Figure 36, de nombreuses méthodes d'inductions existent pour ce type d'émotions.

Nous utiliserons également des questionnaires sémantiques subjectifs. Les théoriciens de l'Intelligence Emotionnelle, ayant précisé que les réponses introspectives étant plus facilement accessibles aux participants pour ce type d'émotions fondamentales de base (Goleman 1995), que pour des émotions complexes, comme l'empathie ou la honte par exemple.

Nous construisons les environnements virtuels de nos expérimentations en utilisant le modèle circomplexe d'induction d'émotions pour les EVs et les jeux vidéo que nous avons créé précédemment, et dont l'usage est détaillé dans le chapitre 4.

Dans la mesure où nous choisissons d'induire des émotions de peur, et comme nous utilisons un modèle de *pace scripting* alternant phases d'excitations et de calmes précaires ; nous allons créer des environnements :

Pour la peur : Peu colorés et sombres, les monstres étant eux dotés d'une relative rapidité de mouvement. Les points de vue laisseront percevoir des espaces assez confinés, et les interactions sociales ne seront pas favorisées.

Pour le calme négatif : Peu colorés et sombres, une grande lenteur dans tous les mouvements d'objets ou de personnages hostiles. Les points de vue seront très fermés et laisseront percevoir peu d'options de sorties, enfin les interactions sociales seront inexistantes.

L'ensemble de ces niveaux changeront dans le laps de temps des expérimentations en fonction de l'intensité des émotions à induire. Ainsi si dans un premier temps les niveaux de chromatiques, de luminosité, de vitesse ou de fermeture des espaces correspondent aux

valeurs numérotées 1, elles correspondront aux valeurs numérotées 2 au milieu de l'expérimentation, et aux 3 à la fin de celles-ci.

Erik Geslin - Méthode circomplexe d'Induction d'émotion pour les environnements virtuels et le jeu vidéo.

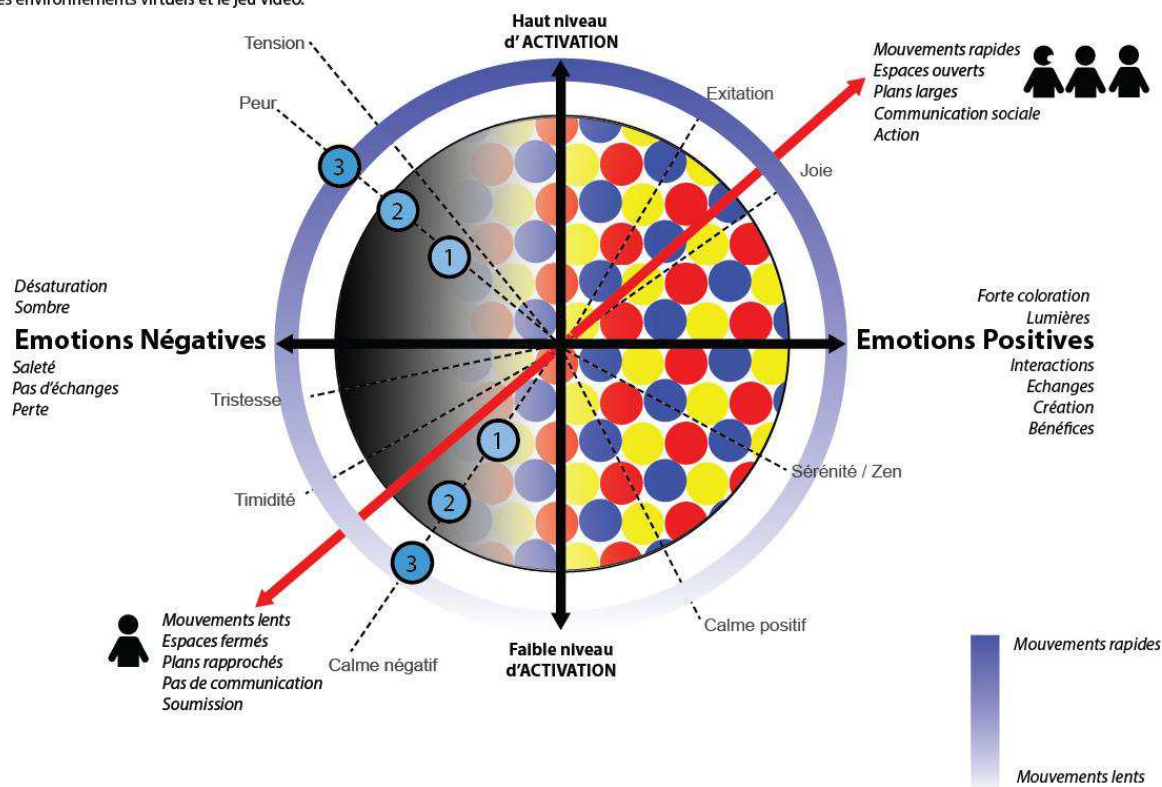


Figure 39, Modèle circomplexe d'induction d'émotions dans le protocole d'expérimentation.

Les environnements seront donc de moins en moins colorés, de plus en plus sombres, et ceci selon les émotions souhaitées.

6.2 Expérimentation 1 : « Fear Theory », pour un meilleur contrôle de l'expérience des joueurs de jeu vidéo

6.2.1 Introduction

Comprendre les réactions émotionnelles dans les environnements virtuels est essentiel pour y développer la présence, selon les mécanismes décrits par Mel Slater (Slater). Si de nombreuses recherches traitent des problématiques immersives et de la notion de présence ou de télé-présence (Mair), la dimension émotionnelle est souvent utilisée comme stimulus dans le cas de thérapies comportementales (Bouchard 2008) . Rares sont les cas où l'induction

d'émotions est perçue comme un des éléments essentiels de la notion de présence. Avec l'objectif de formaliser des processus inducteurs d'émotions dans les EV (Environnement Virtuel) et le JV (Jeu vidéo), et dans un environnement social où le JV prend une part prépondérante des loisirs, il nous semble essentiel de définir si le fait de jouer régulièrement aux jeux vidéo a des conséquences sur la sensibilité aux émotions induites dans les EV. Nous souhaitons vérifier dans cette expérimentation l'hypothèse selon laquelle : les personnes habitués à l'usage des jeux vidéo sont moins sensibles aux méthodes d'induction d'émotions de base dans les EVs.

6.2.2 Contexte

Il est admis aujourd'hui que les émotions découlent de la signification perçue des situations constamment évaluées par les individus (Lazarus 1999, LeDoux). Les *appraisals* sont des évaluations continues, tant d'un point de vue de l'urgence, de la valence, que d'un point de vue hédonique (Fridja, Manstead et al.). Les modèles cognitifs contemporains introduisent l'idée de deux modèles parallèles du traitement des informations dans les *appraisals* (Smith 1985). Le premier traitement est schématique, il est rapide et fait appel à des associations mnésiques traitées par le système nerveux central notamment au niveau de l'amygdale et de l'hippocampe. Le second est conceptuel, il s'agit du trajet long de l'information décrit par J.LeDoux (LeDoux) et représente un traitement de l'information raisonné par le néocortex.

Les émotions jouent un rôle significatif sur le sentiment de présence en réalité virtuelle. Par exemple, les études montrent que qu'elle que soit la valence des émotions induites, la présence augmente significativement (Riva, Mantovani et al. 2007, Bouchard and Labonté-Chartrand 2010). Cependant, les mesures des corrélations entre le niveau d'expérience du jeu vidéo et les niveaux de sensibilités émotionnelles dans les environnements virtuels, montrent que les expériences antérieures ont une incidence dans les mondes virtuels (Smith and Du'Mont 2009). Il est constaté que plus l'expérience du jeu est importante plus la présence spatiale diminue. Ces travaux montrent bien un niveau de corrélation significatif entre le niveau d'activité dans les jeux vidéo de type FPS et les performances dans les tâches de navigation en EV basées sur le temps. Toutefois l'étude ne montre pas comment les auteurs arrivent à conclure que plus l'expérience du jeu est

importante et plus la présence spatiale diminue. C'est probablement parce que ce constat ne correspondait pas à la recherche essentielle de cet article, que cette constatation est peu étayée.

Notre expérimentation a pour but de mettre en évidence l'impact de l'expérience passée avec les jeux vidéo sur les émotions que peut engendrer l'immersion. Nous utilisons pour notre expérience l'induction de l'émotion de peur car, comme nous l'avons montré auparavant, celle-ci correspond au traitement schématique rapide du cerveau (LeDoux), et elle est une émotion plus difficilement maîtrisable par les sujets.

6.2.3 Méthode et dispositif

Cent quarante et un participants adultes des deux sexes ont participé à notre expérience (81 personnes se définissant elles-mêmes comme des joueurs de jeux vidéo, et 60 personnes se définissant elles-mêmes comme des non joueurs de jeux vidéo), par le biais d'un système de visualisation Head Mounted Display (HMD) de 180 degrés de champs de vision (Crescent), Ils ont parcouru virtuellement un univers inducteur de peur en 3D temps réel réalisé avec les outils Autodesk 3Dmax, Adobe Photoshop et Dassault systèmes Virtools. Le point de vue est à la première personne, et les sujets peuvent visualiser leurs mains virtuelles dont la position est récupérée dans le monde réel grâce à des traqueurs optiques. Ces traqueurs sont repérés par 8 caméras Vicon disposées autour du sujet. Le HMD dispose lui aussi de traqueurs optiques, permettant son positionnement dans l'environnement Virtuel (EV). Les déplacements dans l'environnement virtuel sont réalisés grâce à l'utilisation d'un PAD de type Xbox360 connecté en USB.

Cette expérience a eu lieu pendant les journées professionnelles et grand public du Salon International de la Réalité Virtuelle de Laval, du 7 au 11 avril 2010 (Virtual 2013). Une telle manifestation présente pour nous l'avantage de faciliter le recrutement des participants, autant professionnels (très habitués des environnements virtuels) que néophytes (principalement lors des journées grand public). Les participants sont des hommes et des femmes (27% de femmes dans la condition de joueurs et 34% dans celle de non joueurs, $X^2_{(1)} = 4.02$, $p < .05$) et leur âge varie entre 12 et 50 ans.



Figure 40, L'expérimentation pendant Laval Virtual 2010.



Figure 41, Le HMD HEWDD-1080 Crescent.

6.2.4 Equipment & Environnement virtuel

Matériel

Le HMD utilisé est le HEWDD-1080 fabriqué par la société Crescent, Inc. La technique d'affichage est du type rétroprojection LCOS, la définition est de 12.2 mégapixels $(R+G+B) \times (\text{Œil Gauche} + \text{Œil Droit})$, pour une résolution de 1920×1080 . Le FOV Horizontal est de 140 degrés et le FOV vertical de 90 degrés, avec un Overlap de 90 degrés.

Le PC qui diffuse l'application est un ordinateur portable workstation HP xw9400

avec 2 cartes graphiques Quadro 5800 (une pour chaque œil). Nous faisons un rendu semi cylindrique de trois caméras par œil, soit un total de 6 cameras, avec une double passe de correction des déformations.

Le système de tracking optique est composé de 8 caméras Vicon T40S de 4 mégapixel (2336 x 1728) capables de traiter 512 Frame par seconde, et du logiciel propriétaire Vicon Tracker.

L'environnement virtuel

L'environnement est modélisé en 3D selon les techniques polygonales LPM (Low Polygons Modeling) propres aux EV, le tout sous le logiciel Autodesk 3DSmax. Le volume total de la modélisation est de 35 000 triangles. Les textures réalisées sous Adobe Photoshop sont enregistrées au format DDS (Direct Draw Size) et les dimensions en pixels des images sont par convention du type 2^8 , 2^9 , 2^{10} , 2^{11} . Il est fait usage de plusieurs couches de textures : textures diffuses 30 Mo, textures spéculaires, textures bumps, textures Normal Maps et Height Maps : 8 Mo.

Les Shaders⁴⁵ utilisés sont programmés en HLSL, DirectX, ils sont du type Light Map (textures de lumières) et Normal Map (textures de reliefs).

L'environnement utilise fréquemment les éclairages sombres pour induire l'angoisse et la peur. Nous avons utilisé un éclairage combiné utilisant les lightmaps au format 2^9 ainsi que plusieurs lumières temps réel du logiciel Virtools, celles-ci utilisent des ombres du type « stencil shadows ».

Seize sons d'ambiance et de contacts sont utilisés pour l'application : Vent, porte qui grince, grésillement des lumières néons, cri et coup de couteau de l'humain virtuel agressif lors de la surprise finale.

Le moteur 3D temps réel utilisé pour l'application est le logiciel Virtools 4.0 de la société Dassault Systèmes. Il s'agit d'un logiciel de prototypage 3D temps réel utilisant un langage de programmation en graphes de scènes.

⁴⁵ Shaders : Dans le domaine de l'infographie, un shader est un programme informatique qui s'exécute sur le processeur graphique GPU et est utilisé pour faire des ombres. Actuellement les Shaders permettent également de produire des effets spéciaux ou du post-traitement.

6.2.5 Procédure

L'expérience est courte et elle dure moins de 5 minutes. Elle propose au participant de réaliser un trajet virtuel au travers de ruelles sombres. La liberté du sujet est contrainte par la topologie des lieux. Bien que l'utilisateur dispose d'une relative liberté de mouvement, il n'y a qu'un seul chemin possible : ce chemin l'emmène inévitablement des ruelles froides aux souterrains. Les participants ont la consigne de se déplacer jusqu'au bout d'une série de ruelles sombres, puis de pénétrer dans une cave. Une fois arrivés dans cette grande cave, il est demandé verbalement aux participants de se rendre près d'une table de dissection.

L'environnement virtuel a été conçu en utilisant la méthode d'induction d'émotion que nous avons précédemment développée dans le chapitre 3 de notre mémoire.

Dans le cadre de cette première expérimentation, l'environnement est donc sombre, peu coloré, avec peu d'échanges et d'interactions. Nous faisons se succéder les moments lents et les phases rapides.

Déroulement de l'application

L'utilisateur se retrouve au départ d'une petite rue, encombrée de poubelles et de débris. Après avoir parcouru une vingtaine de mètres en ligne droite, le sujet doit tourner sur la gauche. A l'angle de la prochaine rue, un chien de type Bulldog noir se jette sur le sujet en aboyant fortement, mais il est retenu dans son élan par une chaîne.

La progression vers la gauche est rendue impossible par le chien.

Après quelques mètres sur la droite, la seule issue possible est une vieille porte entrouverte. Le sujet ouvre la porte puis il descend un escalier dont la dimension se réduit vers le bas afin de créer une sensation d'étouffement. L'escalier est mal éclairé et lors de la progression, certaines des lumières du couloir scintillent puis s'éteignent. En bas de l'escalier, le sujet doit tourner sur la gauche et progresser dans un couloir d'une dizaine de mètres. Sur la gauche, une pièce abandonnée et mal éclairée est bloquée par plusieurs planches sur le devant d'une porte.

Cette porte s'ouvre sur un laboratoire clandestin souterrain, avec un plafond voûté et assez bas, et des murs humides. Plusieurs objets sur les tables font penser à un bloc opératoire. Au bout de la pièce, sur une table d'opération, gît un corps démembré. Lorsque le sujet s'approche de celui-ci un individu menaçant surgit bruyamment de derrière la table.

L'expérience prend alors fin par un fondu au noir.



Figure 42, L'environnement virtuel de l'expérience Fear Theory.

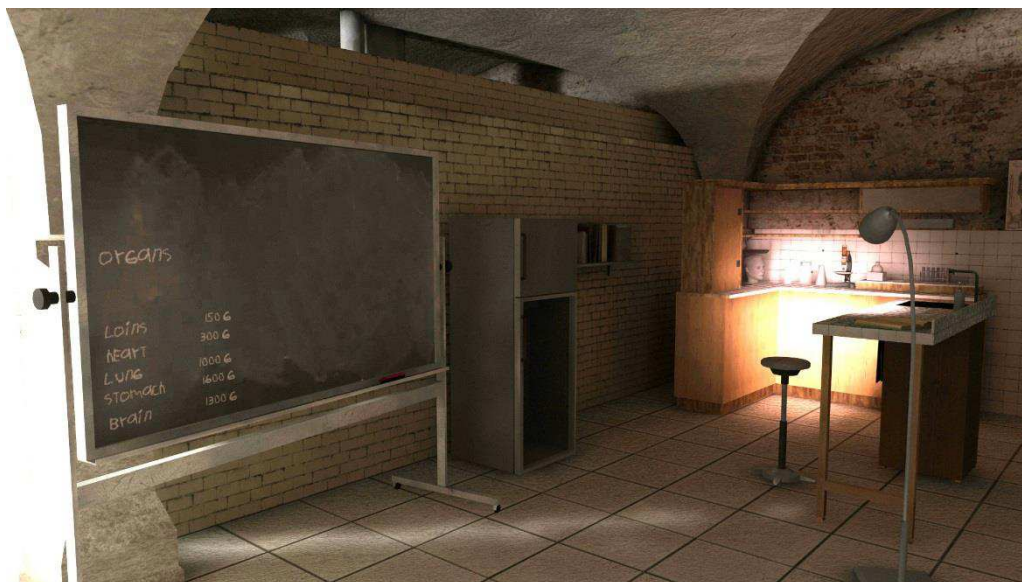


Figure 43, L'environnement virtuel de l'expérience Fear Theory.

Après l'expérience chaque utilisateur remplit un questionnaire de type différentiel sémantique et numérique basé sur trois réponses émotionnelles (Likert 1974, Osgood). Les trois questions sont :

- Avez-vous eu peur ?
- Étiez-vous angoissé ?
- Avez-vous été surpris ?

Les sujets inscrivent un point sur une échelle de 0 à 21 pour chaque réponse. L'ensemble des informations recueillies sont analysées au moyen d'ANOVA et de tests de Khi-deux. Nous cherchons à mettre en évidence les différences de niveaux émotionnels ressentis et interprétés par les participants, selon qu'ils soient joueurs de jeu vidéo ou non joueurs. Si initialement nous avions envisagé une étude psychométrique détaillée utilisant des questionnaires émotionnels existants, le contexte de notre expérimentation ne nous permettait pas de bloquer les participants pendant un long laps de temps. Aussi nous avons opté pour trois questions simples, sans croisement d'items.

6.2.6 Résultats

Les joueurs sont d'une manière générale plus jeunes que les non joueurs (voir la Figure 44 ; $X^2_{(2)} = 15.47$, $p < .001$). L'analyse de covariance du genre et de l'âge des individus ne change pas les résultats des ANOVAs dans les trois études différentes sur les niveaux des émotions de peur, d'angoisse et de surprise, aussi nous n'avons reporté ici que les résultats de ces ANOVAs.

Groupe d'âge	Condition expérimentale	
	Joueurs	Non-joueurs
12-25	44	15
26-35	16	11
36-50	21	34

Figure 44, Nombre de participants dans les trois catégories d'âge dans les deux conditions expérimentales.

Variable mesurée	Condition expérimentale	
	joueur	Non-joueur

Peur	6.62	9.2
	(5.41)	(5.89)
Angoisse	5.12	5.8
	(5.19)	(5.22)
Surprise	11.83	14.63
	(6.04)	(5.32)

Figure 45, Résultats (et écart-type) des participants pour les trois émotions évaluées après la passation.

Les ANOVAs pour la peur et la surprise sont toutes les deux statistiquement significatives [$F_{(1,139)} = 7.81$, $p < .01$ and $F_{(1,139)} = 8.22$, $p < .01$, respectivement]. L'ANOVA pour la mesure de l'angoisse n'a pas donnée de mesure significative [$F_{(1,139)} = 0.53$, ns]. L'eta-squared de .004 montre que le niveau des effets de la différence entre les deux conditions est infime. Nous avons comparé les niveaux d'émotions évaluées pour les deux conditions de joueurs et de non joueurs, et vérifié que ces différences n'étaient pas dues au hasard, indépendamment des conditions de sexes et d'âges, puisque ceux-ci se révélaient non significatifs. Ces résultats sont significatifs pour les émotions de peur et de surprise, mais non pour l'évaluation de l'angoisse.

6.2.7 Discussion

L'objectif était de vérifier si le fait d'être un joueur expérimenté ou non aux jeux vidéo influence la sensibilité aux émotions de peur dans les environnements virtuels. Les résultats concernant la peur et la surprise sont significatifs. Ils montrent que les sujets se considérant comme joueurs de jeux vidéo ont moins peur et sont moins surpris dans les environnements virtuels, que les sujets se considérant comme des non-joueurs de jeux vidéo. En revanche, l'expérience n'a pas montré les résultats attendus en ce qui concerne l'émotion d'angoisse.

Avec des valeurs respectives de 9,2 sur 21 pour la peur et de 14,63 sur 21 pour la surprise, nous pouvons dire que notre méthode d'induction d'émotion a produit sur nos sujets une peur modérée et une surprise relativement forte. Ces résultats sont à contextualiser, nous

pensons que l'environnement de salon de la Réalité Virtuelle ne permettait pas une immersion totale, ne serait-ce que par l'impossibilité de s'extraire totalement de l'ambiance sonore du salon. D'autre part de nombreux participants ont considéré que l'ambiance générale de l'environnement virtuel a fortement participé à un fort niveau de surprise, ce qui va dans le sens d'une efficacité de la méthode d'induction.

Certes l'utilisation d'un questionnaire psychométrique à trois questions sans items croisés, constitue certainement une des limitations de notre expérimentation. Si ce questionnaire simple nous a permis de tester un grand nombre de participants, il serait intéressant de réitérer notre expérimentation avec un nombre plus faible de sujets, et des questionnaires sémantiques et physiologiques plus conséquents.

L'une des conséquences de ces résultats est qu'il est fort probable que, pour les concepteurs de jeux vidéo ou d'environnements virtuels, la tâche d'induction d'émotion sera de plus en plus complexe avec le nombre grandissant de gens ayant déjà joué à des jeux vidéo, eu égard au nombre croissant de joueurs et au rapport chronophage de ce média. De même, les thérapies cognitives comportementales utilisant la réalité virtuelle pour induire des émotions risquent aussi d'être affectées, si les patients (de plus en plus consommateurs de jeux vidéo) deviennent moins sensibles aux environnements virtuels.

En ce sens il semble que la connaissance même partielle du système de médiation puisse créer une habitude qui inhiberait en partie la réponse émotionnelle lors de l'immersion.

Si c'est bien le cas, les recherches travaillant avec la réalité virtuelle pour les troubles mentaux par exemples, devront contrôler le niveau d'expérience de jeu de leur sujet, à une échéance relativement courte car les patients seront aussi des joueurs.

Une des limitations de la généralisation de notre étude et le type d'environnement virtuel utilisé. L'EV inducteur de peur utilisé dans notre expérimentation était typiquement lié à des stimuli issus des jeux vidéo d'horreur (Perron 2005) comme les ambiances glauques et les éléments de surprise. Les stimuli utilisés pour produire des émotions dans les applications cliniques sont davantage définies par le type de pathologie de chaque patient (e.g. un supermarché pour le traitement de l'agoraphobie) et ne déclenchent pas la même réponse sur les gens qui ne sont pas affecté par les mêmes troubles (Robillard et al., 2003). Un support potentiel pour lutter contre l'habitude d'un stimuli spécifique pourrait être le travail de Gamito et al (Pedro Gamito 2010) qui montre que la présence augmente en fonction de l'expérience en RV.

D'autres faits peuvent expliquer que les joueurs sont moins sensibles à la peur et à la surprise. Les travaux de Darken et Allard (Darken 1998) montrent un lien important entre le phénomène d'habitude des médias et les notions d'attention contrôlée et incontrôlée.

Les travaux concernant la télé-présence (Darken 1998) ont montré que dans le cadre d'une médiation télévisuelle les mécanismes de la perception et de la cognition peuvent être dirigés vers un stimulus pour deux raisons :

- 1- les utilisateurs peuvent consacrer volontairement leur attention au produit des médias, cette action est définie comme l'orientation volontaire d'attention. Nous souhaitons introduire cette notion dans le modèle schématique de la présence en réalité virtuelle. Dans le cas de notre expérience l'attention des usagers joueurs de jeux vidéo pourraient être moins dirigée vers les stimuli de la médiation car leur connaissance du système est plus importante que pour les non- joueurs de jeux vidéo. Il semble notamment qu'il existe un lien entre l'habitude de l'utilisation d'une partie du medium et le niveau d'attention spécifique à la construction du « Spatial Situation Model (SSM) (Wirth, Vorderer et al. 2007) : celui qui induit un niveau émotionnel.
- 2- Le milieu peut déclencher l'attribution d'attention sans que l'utilisateur soit attentif, ceci est nommé « involuntary attention allocation ». Il apparaît que si les deux notions ont été mises en évidence (Anderson 1991), les études n'ont pas permis de déterminer ce qui définit le niveau d'« involuntary attention allocation ». Lors de notre expérimentation, les facteurs émotionnels comme la peur pourraient apporter un élément de réponse. Lors de notre expérience, la réponse émotionnelle de quelques sujets claustrophobes a été très forte, au point que pour l'un d'entre eux l'expérience ait dû être stoppée. Comme l'attention des claustrophobes se centre sur les stimuli phobogènes comme les endroits clos, il se peut qu'en focalisant leur attention sur certains stimuli, leur attention à l'environnement virtuel en général est possiblement décuplé de manière involontaire. Cette augmentation involontaire d'attention envers l'EV favoriserait l'immersion et la présence et augmenterait de ce fait considérablement leur niveau de stress émotionnel. La présence spatiale est déterminée par deux étapes (Wirth, Vorderer et al. 2007), dans un premier temps le sujet construit un modèle mental de la situation de médiation. Nous pensons que ce modèle se construit d'une manière à la fois consciente et subconsciente lié à notre niveau d'attention (que celui-ci soit volontaire ou involontaire). Il est corrélé au niveau de connaissance des médias utilisés. Plus le niveau de connaissance des médias

est important et plus l'attention volontaire est faible. Dans un second temps le sujet crée le modèle de présence spatiale, via une PERF-hypothèse (PERF = primary egocentric reference frame), celui-ci émerge du SSM : le sujet se pose la question « suis-je dans cet espace/pièce ? ».

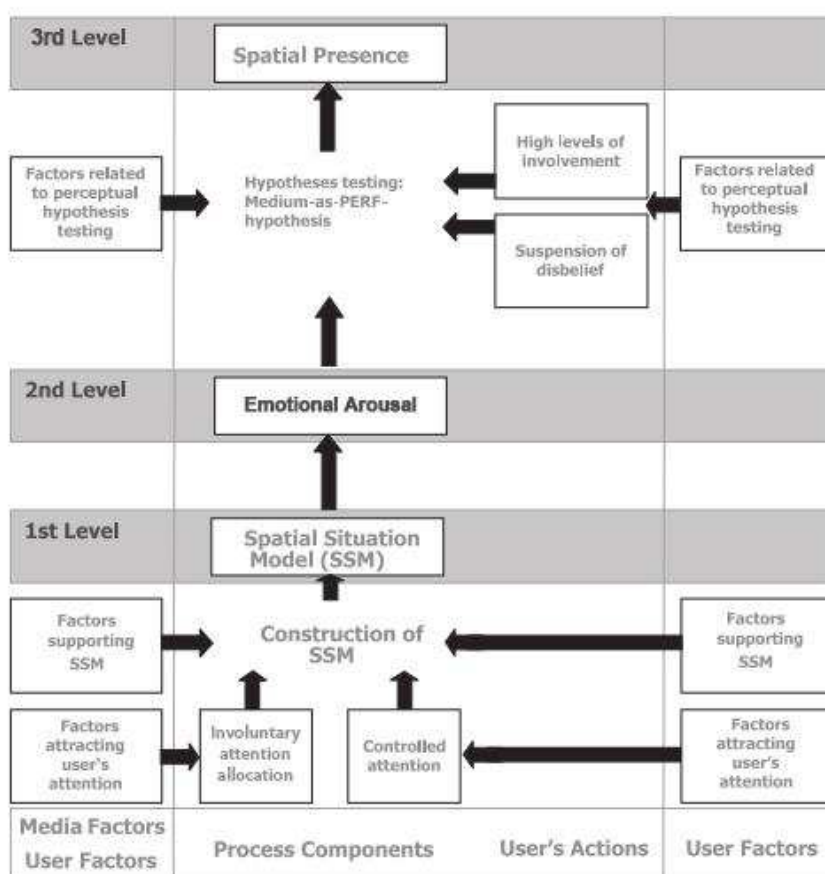


Figure 46, Proposition de construction de la présence incluant l'activation d'émotions, sur la base des travaux de Wirth & al.

Nous pensons que la réponse au PERF peut être directement induite par le niveau d'activation des émotions. Il est le lien direct qui permet le passage entre les deux étapes de la création d'un modèle spatial de présence. Ceci nous amène à introduire la notion de « Emotional Arousal » dans le tableau de la présence spatiale proposé par Wirth & al.

Dans le schéma de la présence initialement proposé par Wirth & al. (Wirth, Vorderer et al. 2007), l'orientation volontaire d'attention est issue de facteurs dépendants de l'utilisateur. Notre expérience montre effectivement que plus le système de médiation est connu et moins la construction du SSM est effective, et les émotions importantes. En revanche dans le tableau initial de Wirth, la notion de « Involuntary attention allocation » a

fait place à l'« automatic attention » et celle-ci est issue des facteurs du média. Nous pensons que les facteurs d'allocation involontaire d'attention peuvent aussi être dépendants de l'utilisateur (c'est le cas des participants souffrant de phobies) : l'attribution d'attention dans ce cas nous semble plus involontaire qu'automatique. Nous intégrons donc l'« Involuntary attention allocation » dans ce schéma.

L'expérience média dans laquelle un utilisateur est personnellement et physiquement présent dans l'application projetée est nommée « présence » ou plus particulièrement « présence spatiale » (Lombard and Ditton 1997) Lombard et Ditton définissent la présence comme « l'illusion de l'absence d'une médiation », dans ce concept seul la réalité virtuelle et son évolution technologique pourra amener à une expérience totale de présence (Lombard and Ditton 1997). Si la présence peut être synthétisée par la notion « d'être ici » (*« the 'sense of being there' in the environment depicted by the virtual reality system »* (Held 1992)), de nombreuses recherches montrent que dans la plupart des cas observés, la présence augmente de manière significative quelle que soit le type d'émotion induite (Riva, Mantovani et al. 2007), l'anxiété augmente aussi la sensation de présence dans un environnement virtuel (Bouchard 2008) . Il est également reconnu depuis plusieurs années (les travaux de Finkenauer dans « Memory & Cognition » le démontrent) que les émotions jouent un rôle important dans la mémorisation. Le degré de nouveauté détermine le niveau de surprise ce que Brown & Kulik's définissent comme égale au niveau émotionnel. Cette mémorisation est appelée FBM (Flashbulb memory) par Finkenauer. Plus le déclencheur, ou la conséquence perçue (appelé aussi l'objet par William James (James 1884)) de l'émotion est importante et plus le FBM est détaillé (Finkenauer, Luminet et al. 1998).

Si le degré de nouveauté influence le niveau émotionnel, il convient d'admettre que plus ce degré est faible et moins les émotions seront fortes. Il semble qu'il en soit de même pour la l'orientation volontaire d'attention, dans la mesure où les deux valeurs sont liées à celle de la présence. Les travaux de Patrice Bouvier montrent le rôle important de l'implication du sujet dans l'émergence de la présence (Bouvier) : il introduit l'idée que l'acceptation de se prendre au jeu est essentielle à la présence. Cette acceptation réfère à l'obligation pour une personne d'accepter un EV comme un PERF (Primary Ego reference Frame) (Wirth, Vorderer et al. 2007) un PERF étant défini comme un modèle mental d'un monde organisé à partir d'une vue à la première personne (Mou and Mcnamara 2002). Dans le cas de nos sujets, les joueurs de jeu vidéo seraient moins sensibles aux émotions, car leur attention contrôlée est moindre que celle des non joueurs. Ceux-ci sont plus sensibilisés au

caractère artificiel du monde virtuel. La connaissance des EV des joueurs de jeux vidéo, de leur mécanique visuelle induit une attention moindre de l'EV comme PERF. Une faible attention contrôlée, induit un plus faible état émotionnel, et une émergence de la présence inférieure pour les sujets joueurs que pour les non joueurs. De fait l'implication est moindre.

Nous proposons une nouvelle illustration de la présence, incluant les notions d'orientation volontaire ou automatique de l'attention ainsi que celle du niveau de charge émotionnelle. La conjonction des trois notions crée les conditions de la présence. Au centre de cette illustration, le sujet n'est plus en capacité de faire la différence entre le monde physique et le monde virtuel, celle où la conscience de la virtualité n'est plus.

Diagramme de Venn
Erik Geslin illustration of presence

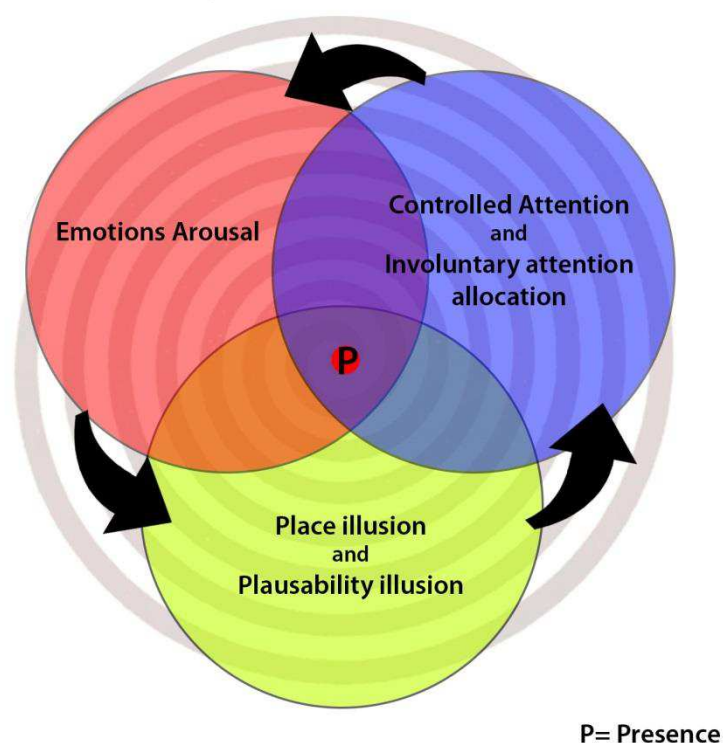


Figure 47, Illustration de la présence.

Une très forte « attention contrôlée » mène à un état émotionnel plus réceptif et une sensation de présence accrue. Les trois notions étant liées, il suffit qu'une seule d'entre elles soit plus élevée pour que les autres augmentent. Un haut niveau de présence influence probablement notre attention et le niveau de nos émotions. Dans cette perspective, le schéma linéaire de la présence est remplacé par un diagramme de Venn placé sur une spirale. Cette

illustration pourrait permettre d'apporter un nouvel éclairage sur les addictions aux environnements virtuels.

6.2.8 Conclusion

Les résultats observés lors de l'expérimentation montrent une sensibilisation aux émotions moindres en EV en fonction de l'habitude de l'exposition aux jeux vidéo. Au regard de notre recherche, ces résultats pourraient s'expliquer par un plus faible investissement psychologique, une plus faible implication, pour les personnes ayant l'habitude des systèmes de médiation utilisés. D'autres signes sont pour nous éloquentes, puisque que pour les sujets ayant participé à l'expérience lors des journées professionnelles du salon Laval Virtual, les valeurs enregistrées pour les trois niveaux émotionnels évalués lors de l'expérimentation étaient exceptionnellement bas. Ces sujets sont de facto habitués à l'utilisation des systèmes de médiation de la réalité virtuelle.

Nos travaux semblent mettre en évidence le lien intrinsèque entre le niveau de connaissance du médium et le niveau de charge émotionnelle. Ils laissent supposer un rôle important des émotions dans la mise en place de la présence en EV via les notions d'orientation volontaire ou automatique de l'attention. Ces deux notions pourraient constituer le lien entre la création d'un « Spatial Situation Model (SSM) » et un « Primary Ego Reference Frame (PERF) » essentiel à la construction de la présence en EV.

6.3 Expérimentation 2 : Amnésie, les liens entre attention, émotions et présence dans les environnements virtuels.

Notre première expérience a montré les liens significatifs entre la connaissance du médium du jeu vidéo des utilisateurs et leur sensibilité aux inductions d'émotions dans les environnements virtuels. Nous avons cherché à déterminer dans cette seconde expérimentation si la narration immersive d'un jeu vidéo pouvait changer le niveau d'induction des joueurs et des non-joueurs, et ceci malgré leur niveau de connaissance du médium.

6.3.1 Contexte et objectifs

Dans l'expérimentation précédente les résultats ont montré comment les émotions des joueurs de jeu vidéo semblent moindres que celles des utilisateurs non joueurs dans le cas d'une déambulation dans un monde virtuelle inducteur d'émotions de peur (Geslin, Bouchard et al. 2011). La théorie que nous proposons est la suivante : l'implication très forte des émotions dans les conditions de présence. L'EA (Emotion Arousal) ou la charge émotionnelle intervient d'une manière itérative et non linéaire (comme les précédents schémas de la mise en place de la présence dans les EV le proposait). Elle est corrélée aux notions d'IAA (d'Involuntary Attention Allocation) de CA (Controlled Attention), et aux notions de PI (Place Illusion) et de PsI (Plausability Illusion).

- Dans le schéma actuel (selon Slater) : Présence = PI + Psi
- Dans notre schéma : Présence = (EA) U (CA+IAA) U (PI+Psi)

Cette théorie basée sur le diagramme de Venn, prendrait la forme schématique présentée à droite dans la Figure 48. Nous reprenons en somme notre précédent diagramme à ceci près que nous avons remplacé la présence par la combinaison : *Place Illusion* plus *Plausability Illusion*.

Diagramme de Venn
Erik Geslin illustration of presence

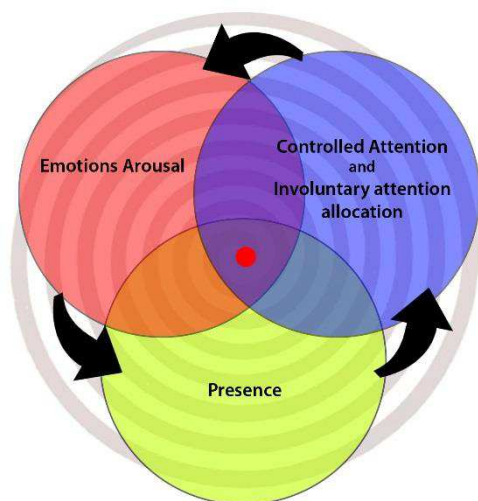


Diagramme de Venn
Erik Geslin illustration of presence

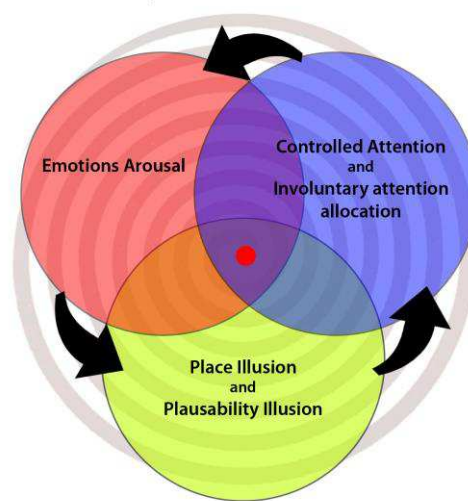


Figure 48, Illustration de la présence (E.Geslin).

L'expérimentation Amnésia cherche à valider plusieurs hypothèses, la première est que la sensibilité aux émotions et le sentiment de présence des joueurs peuvent être augmenté,

malgré un fort niveau de connaissance du médium, en utilisant comme stimulus la narration immersive propre à générer l'état extatique de Flow Zone ? (Une des composantes de la Psi).

Dans cette hypothèse principale, nous pouvons significativement motiver le niveau émotionnel des joueurs comme des non-joueurs, par la mise en place d'une narration inductive d'émotion prenant en charge la théorie du Flow Zone. Ces méthodes permettent la capture des attentions : volontaire, et involontaire des participants. Plusieurs travaux ont montré combien de nombreuses pertes d'attention, ou Breaks In Presence (BIPs) (Brogni, Slater et al. 2003) peuvent nuire à l'atteinte d'un sentiment élevé de présence dans les environnements virtuels (Brogni, Slater et al. 2003). Nous chercherons à déterminer dans cette expérience si les joueurs ont plus ou moins de perte d'attention en fonction de leur connaissance du médium du jeu vidéo, mais aussi quand ces pertes d'attention interviennent dans le cycle narratif immersif du jeu vidéo. BIPs, voluntary et involuntary attention allocation, sont de notre point de vue intimement liés. Parallèlement à notre hypothèse principale, nous chercherons à mettre en évidence si une corrélation existe entre le volume de pertes d'attention et le niveau de connaissance du médium du jeu vidéo.

Déroulement

Les personnes retenues pour l'expérience sont isolées, dans une grande pièce avant l'expérience, pendant une durée de 15 à 20 minutes, pour répondre à un questionnaire « avant expérimentation » de 30 questions. Il est aussi un moment de calme que nous considérons comme transitionnel avant de rentrer dans la pièce de l'expérience interactive. 29 participants ont participé à cette expérimentation : 8 étaient de sexe féminin et 21 masculin.

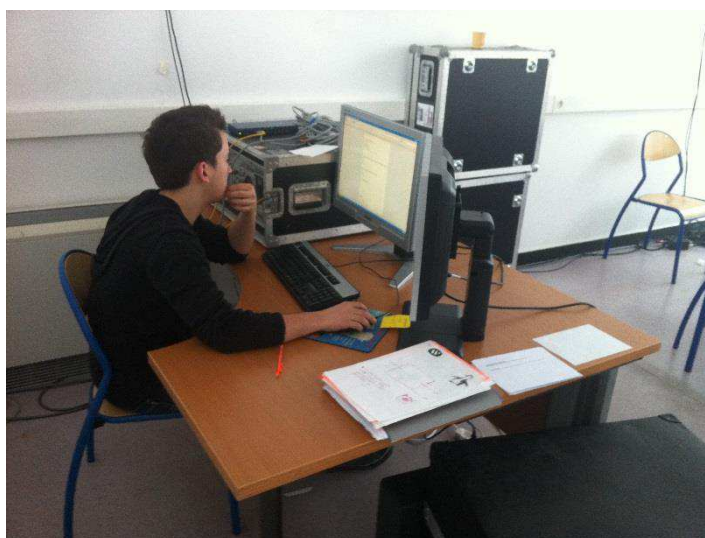


Figure 49, Questionnaire avant expérience Amnesia, isolement des participants.

Une fois le premier questionnaire rempli, les participants sont invités à rentrer dans une plus petite pièce sans lumière où ils doivent s'installer sur un siège placé devant un écran triptyque. Ils sont invités à lire un document leur précisant les modalités de navigation et d'interaction grâce au clavier et à la souris. L'opérateur les équipe alors du capteur OxyMètre de pouls 0101 EKS et leur passe le casque audio sur la tête, puis lance le jeu. L'opérateur se retire en arrière puis au bout d'une minute d'expérience il retire discrètement le cache devant l'écran distant qui diffuse régulièrement les mots capteurs d'attention. Il surveille le déroulement de l'expérience et prend note des pertes d'attention relevées depuis son point de vue, identique à celui de la Figure 49.

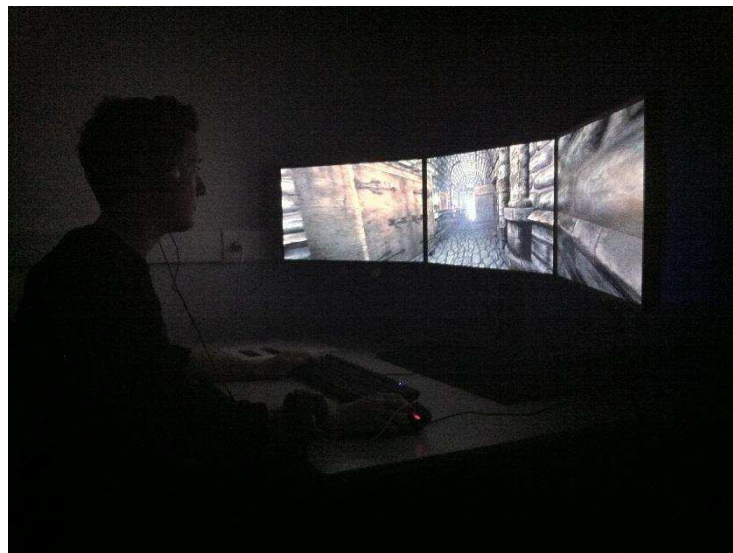


Figure 49, Participant a Amnesia, devant l'écran triptyque.

Les participants lisent d'abord un document précisant, les points les plus importants du Gameplay et de l'ergonomie des IHMs (Interface Homme Machine) clavier et souris. Ils sont ensuite équipés par l'opérateur du casque audio et des capteurs physiologiques de poignée et de doigt. Après l'expérience chaque participant répond à un premier questionnaire de 9 questions, utilisant une échelle de Likert à 7 points (Likert 1974), ce questionnaire vise à mesurer l'état émotionnel des participants pendant l'expérimentation et le souvenir qu'ils ont de celui-ci, il reprends les questions de l'expérience « Fear Theory ». Les participants doivent par la suite répondre à un questionnaire PQ de 32 questions (Witmer and Singer 1998) et à un questionnaire SUS de 6 questions sur une échelle de 5 points (1=Désaccord total, 2=Désaccord, 3=Plus d'accord que en désaccord, 4=D'accord, 5=Très en accord), regroupés en sous-groupes (Slater, Usoh et al. 1994), une étude de corrélation avait montré un lien

significatif ($R=.51$) entre ces deux questionnaires (Usoh, Catena et al. 2000, Van Baren and Wijnand. 2004).

6.3.2 Dispositif expérimental

L'environnement virtuel

L'environnement virtuel inducteur d'émotion a été réalisé avec le moteur 3D temps réel de Frictionnal Games sur la base d'un niveau du jeu « Amnesia The Dark Descent ». Le jeu Amnesia a été noté très positivement par la presse spécialisée, et les chroniqueurs spécialisés ont relevé sa caractéristique d'induction de l'émotion de peur : *"The gameplay, graphics and sound all coalesce into a perfectly-paced, unforgettably terrifying experience."* (Berens 2010). L'univers d'Amnesia The Dark Descent est largement inspiré de l'œuvre de HP Lovecraft, « *Un homme se réveille, seul, dans un vieux château prussien. Il ne se souvient plus de rien, si ce n'est de son nom, Daniel, et de son problème : quelque chose le pourchasse. Alors qu'il tente de fuir cette prison de pierre, il tombe sur quelques pages d'un journal qui semble avoir été écrit de sa main. Son "ancien moi", qui s'est volontairement plongé dans un état d'amnésie pour éviter de sombrer dans la folie, lui conjure de supprimer le maître des lieux, un certain Alexandre de Brennenburg. Daniel se lance donc dans l'exploration de l'immense et sinistre bâtisse.* »

L'utilisateur incarne cet homme, la vision est de type subjective, à la première personne, les actions sont réalisées à l'aide de la souris, dans des mouvements cognitifs assez intuitifs : pour ouvrir un tiroir ou une porte par exemple, il faudra cliquer sur la poignée et tout en maintenant le clic de la souris, la déplacer en arrière, dans un mouvement mimétique de celui d'une ouverture. Nous pensons que ces types d'interactions permettent de limiter les incohérences cognitives, propres à faire naître des pertes d'attentions.



Figure 50, EV de l'expérience Amnesia © Frictional Games.

Le temps moyen du parcours de l'expérience est de 20 minutes. L'ensemble de l'environnement a été modifié avec le « Amnesia Tools Editor », afin de correspondre aux contraintes de temps et d'induction d'émotions de l'expérience.

Le gameplay est défini en fonction d'un « *Pace Scripting* » (Figure 52) respectant les objectifs de challenges corrélés au niveau de compétence dans la théorie du « *Flow zone* », celui-ci fait intervenir trois stimuli importants : la perte de contrôle des fonctions cognitives du personnage, puis l'apparition fantomatique d'un personnage décharné, enfin un monstre invisible dont le joueur ne perçoit que le bruit et les mouvements des pas dans l'eau qui inonde alors l'EV.

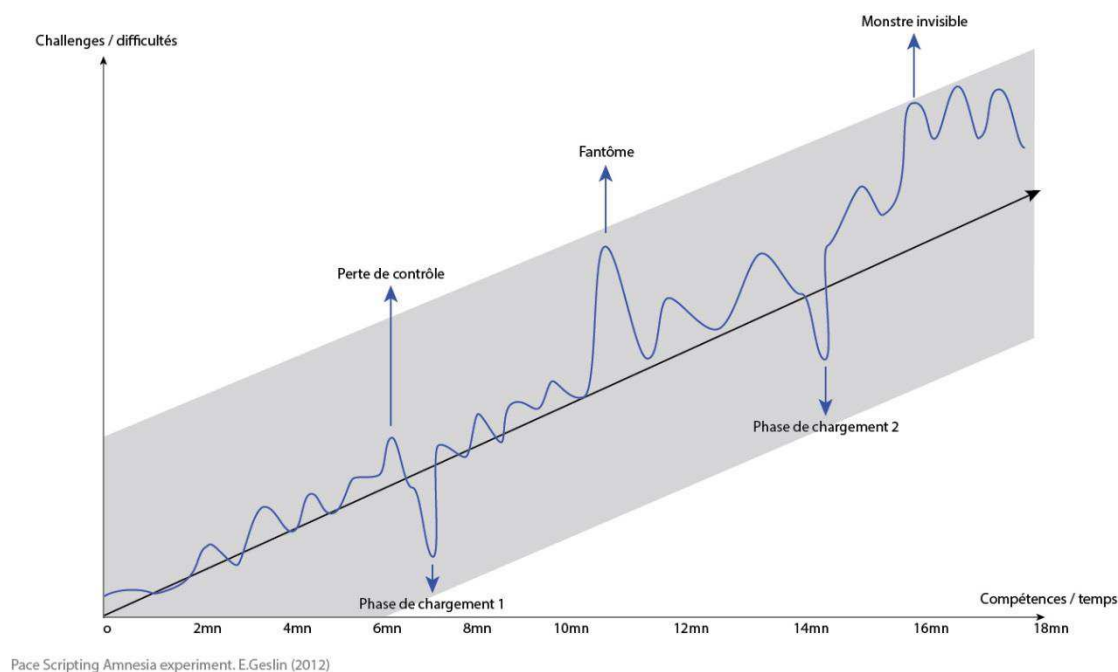


Figure 52, Pace Scripting Amnesia.

Nous avons utilisé notre modèle circomplexe d'induction d'émotion (Figure 32) pour concevoir et valider l'infographie et la narration de l'environnement de notre jeu. Comme dans la précédente expérience, l'environnement est très sombre, chromatiquement désaturé. Le pace scripting du jeu passe par des phases successives de lenteur et de grande rapidité, propre à l'induction de la surprise et à l'émotion de peur.

Matériel

Le jeu est diffusé sur un système d'écran en triptyque, de résolution 3x WSXGA (3 x 1680 x 1050), afin de garantir une immersion maximum. Dans le même but la salle d'expérimentation est plongée dans le noir total et le son stéréo est diffusé par un casque audio immersif. Plusieurs données physiologiques de l'utilisateur sont récupérées en temps réel via bluetooth sur un ordinateur situé en arrière du poste utilisateur afin de ne pas créer de perturbations d'attention dans le champ visuel de l'utilisateur pendant l'expérience. Le capteur physiologique est du type oxymètre de pouls 0101 EKS. Il dispose d'un moniteur déporté compact (7 x 4 cm) et léger de 26g, et fonctionne même en mouvement. Il permet un monitoring SpO2 et de la fréquence cardiaque.



Figure 53, matériels de l'expérience Amnesia.

6.3.3 Procédure

Nous utilisons les mesures physiologiques du rythme cardiaque (RC) afin de repérer les signes de l'activité émotionnelle des sujets. Ces mesures physiologiques du RC, seront corrélées aux informations sémantiques subjectives que nous recueillons post expérimentation

dans plusieurs questionnaires. Notre oxymètre de pouls 0101 EKS est un ECG (Electrocardiogramme) portable permettant d'enregistrer les pulsations cardiaques entre 30 et 235 battements par minute.

Dans le même temps nous essayons de mesurer si les sujets sont soumis à des pertes cognitives d'attention lors de la procédure. Ceci avec l'objectif de voir si une corrélation existe entre l'activité émotionnelle de nos sujets et le volume de leurs pertes d'attention. C'est précisément une mesure des Breaks In Presence (BIPs) comme ceux décrits par M. Slater (Slater and Steed 2000) que nous proposons. Notre méthode propose de diffuser sur un écran distant de plusieurs mètres des mots, initialement peu perceptibles. A la fin de l'expérimentation nous récupérons dans un questionnaire post-expérimentation le nombre et l'orthographe de chacun des mots retenus.

Dans le champ visuel actif de l'utilisateur, sur un angle de 55° droite et à une distance de 3.50 m et à une hauteur de 1,80m, nous avons disposé un écran de 22 pouces où nous diffusons les images d'une suite de 5 mots et de deux yeux iconographiques afin de mesurer l'attention involontaire des utilisateurs pendant l'expérimentation. Ces 5 mots sont : CHIEN, ROBOT, SEXE, CLEF, POMME. Ils apparaissent dans une police de caractère « Impact » grasse et dans une proportion =75% de l'écran, en couleur blanche RGB 100.100.100 sur un fond noir RGB 0.0.0. Chacun de ces mots disparaît après 5 secondes, un nouveau apparaît 20 secondes plus tard. Ce second écran est placé dans le champ de vision binoculaire du sujet, mais il est situé au-delà du champ de concentration décrit par Levy-Schoen (Levy-Schoen 1974). Levy-Schoen montre que même si la luminosité du second écran est supérieure à celle des écrans en triptyque : $L > P$ (L = stimulus éloigné et P stimulus proche présenté en vision fovéale (figure 21)), la réponse d'attention reste focalisée sur P . Cependant, et par précaution, L est dans un premier temps obturé par une planche de carton afin que la luminosité inhérente au principe LCD, (même quand l'écran est noir et ne diffuse rien) ne retienne pas l'attention de l'utilisateur. Les mots sont diffusés continuellement toutes les 20 secondes pendant la totalité des 20 minutes d'expérimentation.

L'écran diffusant les messages reste dans le champ de vision binoculaire du sujet, mais étant situé au-delà du champ de concentration décrit par Levy-Schoen (Levy-Schoen 1974). Dans ses différentes études sur les « valeurs d'appels » du regard dans les champs visuels humains, l'auteur montre que cette valeur varie en fonction de l'emplacement du stimulus dans le champ visuel, c'est à dire que cette valeur décroît régulièrement quand on accroît

l'excentricité du signal visuel. Levy-Schoen a également montré que même si les conditions de luminance des stimuli sont $L > P$ (L = stimulus éloigné et P stimulus proche, présenté en vision fovéale), la réponse d'attention reste focalisée sur P .

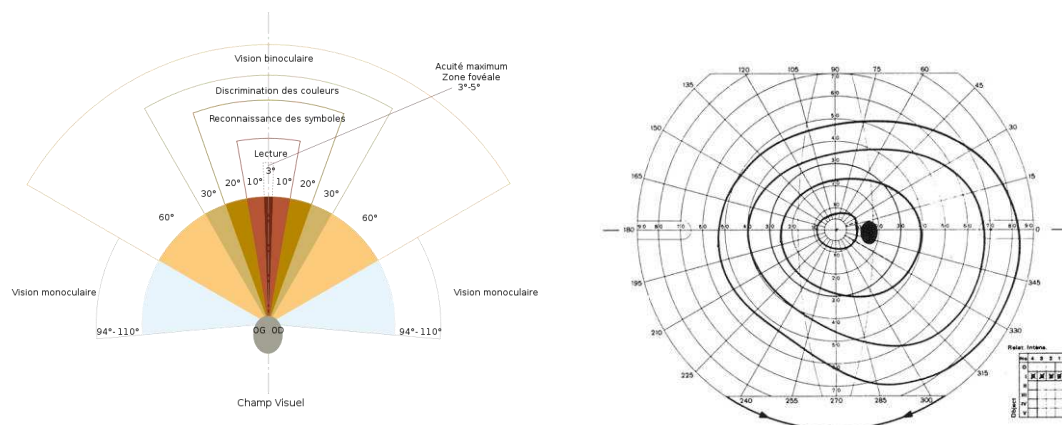


Figure 54, Activités oculaire de l'œil droit © Levy-Schoen.

Le regard est plus facilement tourné vers le haut (Figure 54), situation que nous avons choisie pour notre écran de mots. Quant aux valeurs : gauche droite, elles semblent égales, avec une légère priorité à la lecture sur la gauche, c'est pourquoi, nous avons volontairement choisi la valeur droite pour dissimuler plus fortement les stimuli L aux sujets. Enfin, si la priorité va naturellement à la fixation de l'objet le plus proche, Levy-Schoen précise que cette activité oculaire est « peu soumise à la volonté » et que l'orientation de la vue dans une direction est plus aisée par une préparation volontaire (Levy-Schoen 1974). Notre théorie est que si l'attention du sujet est focalisée par P représenté dans notre expérience par les écrans Multi Monitor Display, chaque mesure de l'attention portée à L (l'écran diffusant les mots) montrera une perte d'attention consacrée à l'EV.

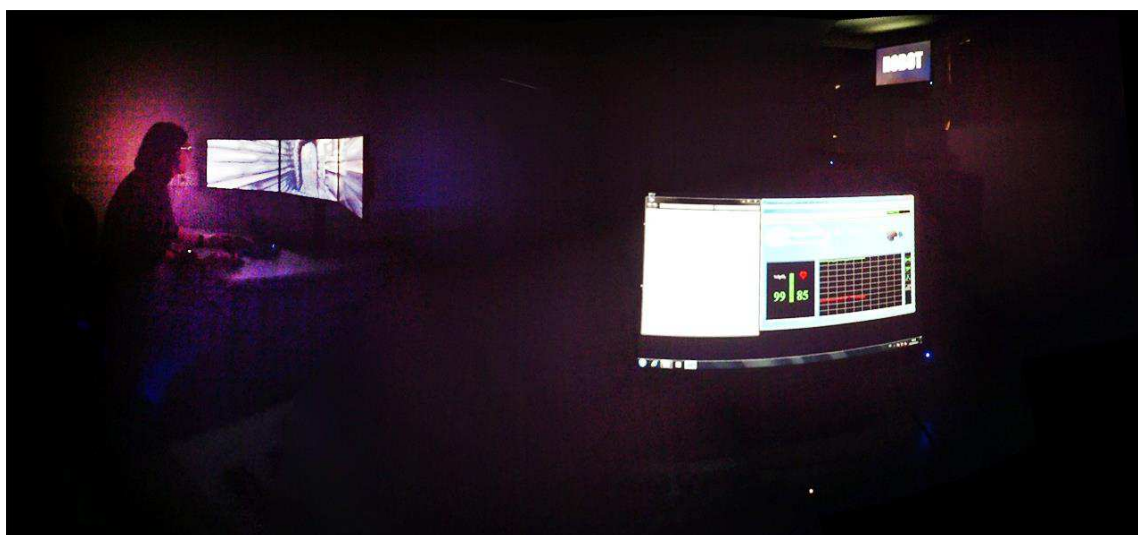


Figure 55, Conditions de l'expérience Amnesia, dans la pénombre.

La Figure 55 présente la salle de l'expérimentation, celle-ci est entièrement calfeutrée afin de ne pas laisser entrer de lumière et faciliter l'immersion. Le sujet est assis face au multi monitor display et il interagit avec l'environnement virtuel avec un clavier et une souris. Il est muni d'un casque audio permettant une grande immersion sonore. L'écran du premier plan à droite et un écran de contrôle de l'activité physiologique du sujet. En haut à droite nous percevons l'écran de 22 pouces, diffusant la suite de 5 mots. Le siège des participants est réglé en hauteur afin que leur tête reste sensiblement toujours à la même hauteur, et permette de voir l'écran diffusant les mots.

Dans un second temps nous étudions la corrélation entre le nombre de mots retenus correspondant à un nombre de pertes d'attention consacrée à l'EV et le niveau de présence évalué dans des questionnaires sémantiques de type PQ et SUS.

Nous utiliserons pour cette expérimentation le cadre d'IHMs habituels des domaines de navigation dans les environnements FPS du jeu vidéo, soit le binôme : clavier et souris.

6.3.4 Résultats

Initialement, 35 participants ont été retenus pour réaliser cette expérience mais, à l'issue de l'analyse des données, certaines des données physiologiques que nous avons recueillies n'étaient pas exploitables. 6 personnes ont été exclues de l'expérimentation car pour 5 d'entre elles, les données physiologiques recueillies étaient illisibles, et pour la dernière, ses liens avec un des chercheurs laissaient supposer qu'elle pouvait connaître les objectifs de la recherche. Nous avons divisés l'ensemble de nos participants en deux groupes. Un groupe de non joueurs (n'ayant jamais joué au jeu vidéo), et un groupe de joueurs (comprenant des joueurs occasionnels, moins de 2 heures de jeu par semaine et des joueurs assidus, avec pour certains plus de 15 heures de jeu par semaine) L'âge varie de 20 à 49 ans et l'âge moyen est de 25.3 ans. Il y a 6 sujets dont deux femmes dans le groupe des Non-joueurs et 21 sujets dont 6 femmes dans le groupe des Joueurs.

Si initialement nous avons enregistré les mesures de la saturation artérielle en oxygène (SpO2) de chaque participant, il nous est apparu malheureusement à la lecture de celles-ci qu'aucune variance n'avait été enregistrée. Nous n'avons pas pu identifier la nature de ces problèmes. Nous avons donc concentré nos travaux sur les données de la fréquence

cardiaque qui étaient les seules significatives dans la mesure des émotions des participants. Ces données étaient enregistrées à chaque seconde pour chaque participant. Nous avons retenu les 1200 premières mesures pour tous les participants, car nous avons remarqué que les mesures devenaient inconstantes après 20 minutes d'utilisation, probablement à cause des mouvements de mains sur la souris. Nous remarquons que ces courbes physiologiques présentent de grandes similitudes avec la courbe que nous avons définie dans le Pace Scripting.

Nous avons réalisé une moyenne des données enregistrées pour chaque seconde dans chaque groupe, et nous les avons mis en forme dans le schéma proposé ci-dessous (Figure 51).

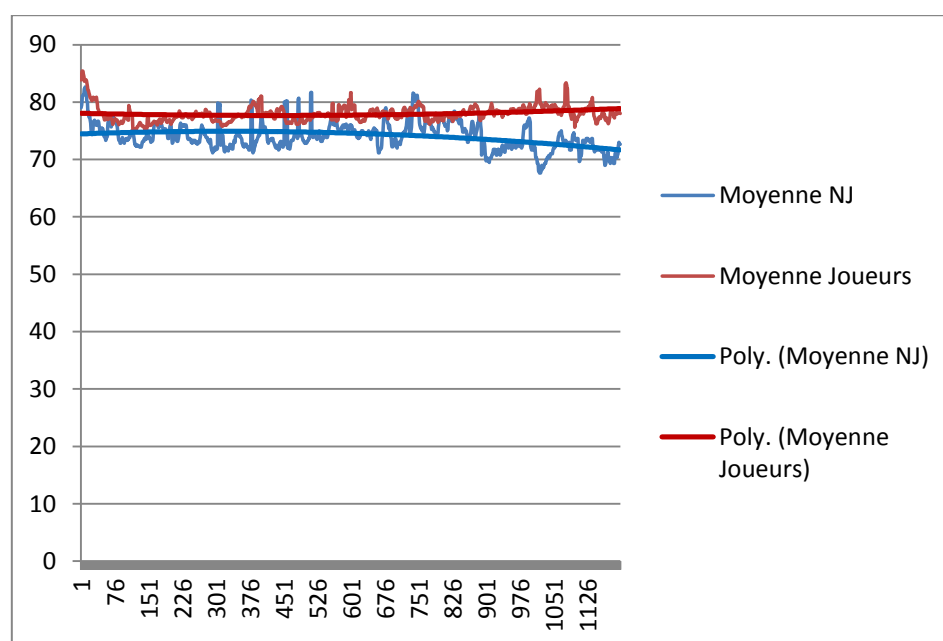


Figure 51, Coubes des fréquences cardiaque par groupe de participants

Si les deux lignes présentent des profils similaires au début de l'expérimentation, les deux courbes de tendances polynomiales montrent clairement des tendances directionnelles opposées en relations avec le temps passé dans l'expérimentation.

Nous avons délimité des segments de temps correspondants à des blocs de 100 mesures (notre oxymètre nous renvoyant une mesure par seconde, chaque segment correspond donc à 1 minute 66 secondes de temps d'expérience), nous avons réalisé une moyenne des données durant ces 12 segments. Les moyennes de nos segments sont représentées dans la

figure ci-dessous.

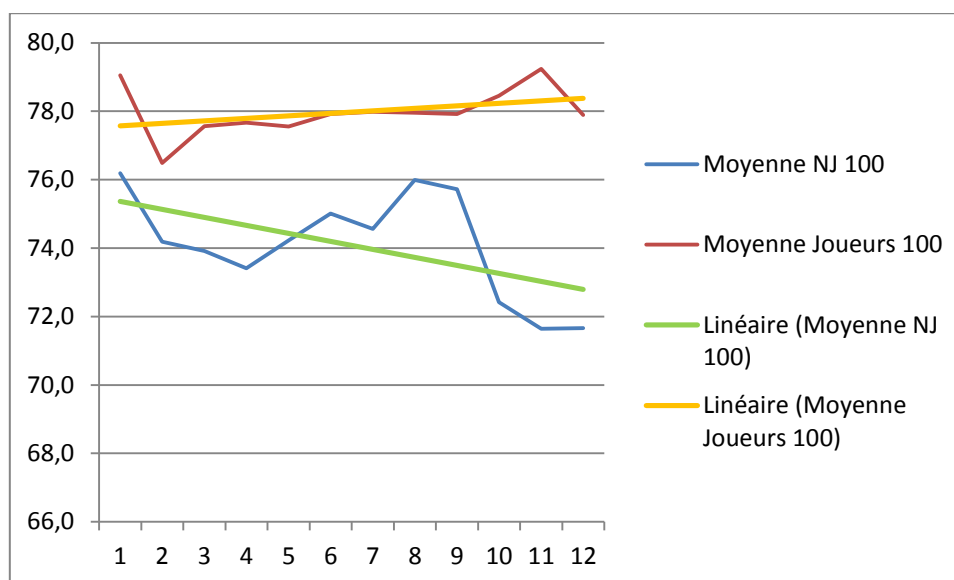


Figure 52, Courbes des fréquences cardiaques

Les courbes de tendance linéaire des groupes de Non-joueurs (NJ) et de Joueurs montre des orientations très différentes. Avant d'analyser statiquement ces résultats, nous notons des différences de rythme cardiaque (RC) entre les deux groupes dès le début de l'expérimentation. Malgré que nous ayons pris soin de demander aux participants s'ils souffraient de maladie cardiaque ou d'insuffisance respiratoire connue, nous devons constater que le groupe des Joueurs débute l'expérimentation avec un RC plus élevé que le groupe des Non-joueurs. Ces différences sont sans doute dues à des biais non contrôlés, dépendant du poids, de la forme physique, de la consommation de cigarette ou d'alcool, etc... Afin de déterminer un niveau de base dans nos calculs d'analyses répétées, nous baissons de moins 3 unités toutes les valeurs des moyennes du groupe des joueurs. Cette modification permet de commencer nos analyses sur une première moyenne de 76,2 pour le groupe des Non-joueurs et à 76,1 pour le groupe des Joueurs.

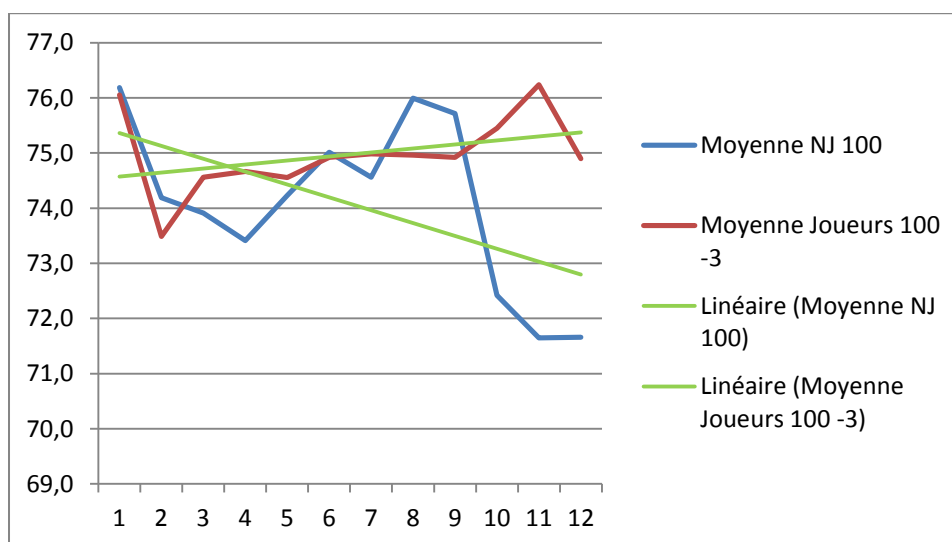


Figure 53, Courbes des fréquences cardiaques, avec modération de la courbe Joueurs.

Cette valeur de moins trois unités correspond à la différence des moyennes du premier segment entre les groupes Non-joueurs et Joueurs (2,8). Nous n'avons considéré dans différence que les valeurs du premier segment, car les différences observables par la suite peuvent être dues aux facteurs d'induction d'émotions que nous avons mis en place.

Nous avons ensuite confronté les résultats de nos analyses descriptives à des analyses statistiques ANOVAs répétées, sur les 12 segments de 100 secondes. Ces résultats vont dans le sens de nos premières observations, ainsi : la différence entre les courbes dans le premier segment de temps n'est pas significatif avec un sigma $P=0,29$, puis ces différences sont significatives pour les segments 2 à 4 avec un $P<0,00$. Les ANOVAs répétées réalisés par la suite ne sont pas significatifs pour les segments de temps 5 et 6, avec respectivement des probabilités de $P=0,207$ et $P=0,612$, enfin à partir du septième segment les valeurs de sigma P sont toujours inférieures à $P<0,00$ et les analyses ANOVAs en comparaison par paire montrent que plus on avance sur l'échelle du temps et plus les écarts sont significatifs. Ces résultats robustes semblent montrer si dans un premier temps, les rythmes cardiaques des Joueurs comme des Non-joueurs ne diffèrent pas, ils deviennent plus élevés au début de l'expérience pour les Non-joueurs, ce qui confirmerait comme dans notre première expérience « Fear Theory » un investissement émotionnel moindre pour les joueurs en fonction de leur niveau de connaissance du média. Par la suite en revanche, plus le temps d'immersion est long, et plus le RC des Joueurs est fluctuant et important, ce qui va dans le sens d'une plus grande sensibilité émotionnel avec le temps. Cette sensibilité pourrait être, selon nous, fonction d'un engagement psychologique supérieur des Joueur, en relation avec leur intérêt

pour les aspects ludique de la narration interactive.

Dans le but d'évaluer le niveau de présence dans l'expérimentation, nous avons comparé les questionnaires référents PQ (Witmer and Singer 1998) et SUS (Slater, Usoh et al. 1994). Nous avons utilisé ces deux questionnaires de manière combinatoire pour consolider la robustesse de nos résultats. Les scores du PQ étaient $m=4.76$ sur 7 (37.9%), et pour le SUS $m=4.14$ sur 7 (59.1%). En comparant les résultats des deux questionnaires, nous avons noté une corrélation positive (Corrélation de Pearson coefficient $r=0.481$, $p=0.0083$).

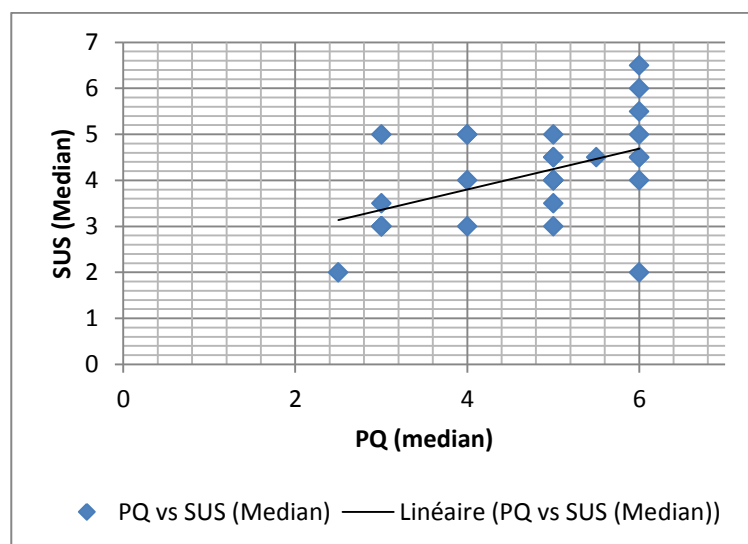


Figure 54, La diffusion de points montre une corrélation positive

Dans la figure de comparaison de la présence en fonction du la connaissance du médium « jeux vidéo » nous observons : Joueur (moyenne) = 4.58 ; Non-joueur (moyenne) = 4.29 ; PQ : $m= 4.91$ (Joueur), $m= 4.58$ (Non-Joueur) ; SUS : $m= 4.25$ (Joueur), $m= 4$ (Non-Joueur).

SUS		PQ
Joueurs	4,25	4,91
Non-joueurs	4	4,58

Ces résultats montrent que le niveau de présence et d'expérience des Non-Joueurs est inférieur à celui des Joueurs, et ceci dans les deux questionnaires PQ et SUS. Ils sont identiques à ceux révélés par les résultats physiologiques enregistrés, mais aussi à ceux des résultats des autres questionnaires sémantiques subjectifs. Si les perceptions visuelles et auditives étaient les mêmes pour tous les sujets, le niveau de connaissance de l'interface de

contrôle a pu la différence. Il n'est pas possible pour les Non-joueurs de produire rapidement ce que Fuchs appelle un « *schème comportemental importé* », qui correspondrait à une organisation mentale inconsciente, des activités à développer pour réaliser une tâche répétitive (Fuchs and Arnaldi 2006). Ceci car la tâche d'interaction « clavier / souris » ne correspondent en rien à un schème d'environnement réel. Le développement d'une « *métaphore* » cognitive, qui correspond à une habitude d'usage, et qui peut devenir inconsciente, demande, elle, un apprentissage (Fuchs and Arnaldi 2006).

Parallèlement aux questionnaires de mesures psychométriques SUS et PQ qui nous donnent des variables de présence grâce à l'utilisation d'items multiples, nous avons souhaité poser de nouveau les trois questions de l'expérimentation « Fear Theory ». Les résultats obtenus confortent nos analyses physiologiques et sémantiques précédentes. Le groupe des Joueurs obtient des valeurs supérieures pour l'évaluation des trois émotions de Peur : 3,5 contre 3,2 pour les Non-joueurs, de surprise : 4,3 pour 3,8 pour les NJ et étonnamment 4,0 pour 3,8 en ce qui concerne l'Angoisse. Toutes ces valeurs sont supérieures aux valeurs relevés avec le même questionnaire lors de la précédente expérimentation « Fear Theory » ce qui laisse supposer que notre méthode d'induction d'émotions a été plus fonctionnelle cette fois-ci, dans un cadre immersif plus approprié. En comparant les résultats obtenus sur ces évaluations psychométriques émotionnelles et ceux de « Fear Theory » nous constatons des valeurs élevées pour l'Angoisse.

Variable mesurée	Expérience AMNESIA		Expérience FEAR THEORY	
	Moyenne NJ	Moyenne Joueur	Moyenne NJ	Moyenne Joueur
PEUR	3,2	3,5	3	2,2
SURPRISE	3,8	4,3	4,9	3,9
ANGOISSE	3,8	4,0	1,9	1,7

Figure 55, Moyennes des résultats NJ et J

Hors, l'Angoisse est définie dans son approche psychologique Behavioriste, comme un comportement émotionnel durable de peur, sans que le, ou les stimuli ne soient clairement identifiés. Les forts niveaux d'Angoisse relevé, de 3,8/7 pour les non-joueurs et de 4,0/7 pour les Joueurs laissent supposer une peur importante, générant de l'angoisse sur la longueur de l'expérimentation Amnesia. Ce que la précédente expérimentation « Fear theory » n'avait pu produire vu le laps de temps très court de l'expérimentation (6 minutes environ). C'est

résultats d'analyse descriptive, ne sont en revanche pas significatifs dans les tests ANOVAs que nous avons réalisés, avec notre échantillon $P = 0,05$.

Nous avons également procédé à une analyse des relevés des pertes d'attention consacrée à l'EV, par la lecture des mots présentés sur l'écran L. Nous avons relevé les résultats suivants : Groupe Non-joueurs : 6 participants, 12 mots relevés, soit une moyenne de 2. Groupe Joueurs : 23 participants, 52 mots relevés, soit une moyenne de 2,3. Deux des sujets du groupe Non-joueurs n'ont relevés aucun mots, soit une proportion de 33,3% semblant ne pas avoir subi de perte d'attention, et 8 des sujets du groupe Joueurs, n'ont relevé aucun mots, soit 34,7% de ceux-ci, les deux valeurs sont extrêmement proches et ne semblent pas révéler de différence significative entre les deux groupes. Les 10 participants n'ayant pas relevés les mots de l'écran L représentent 34,5 pourcent des sujets. Ces 34,5% des participants n'ayant subi de perte d'attention comparable à des BIPs sont plus en présence dans le test SUS que les autres sujets : 4,4/7 pour 3,9/7 pour les participants qui ont relevés des mots sur L. En revanche les valeurs sont pratiquement identiques pour le questionnaire de présence PQ.

	SUS	PQ
Moyenne non BIPs	4,4	4,7
Moyenne Présence BIPs	3,9	4,8

Figure 56, Moyennes des BIPs, SUS et PQ

L'analyse Oneway ANOVA se révèle non significative avec notre échantillon à $P = 0,05$, avec respectivement pour le questionnaire SUS $F=,496$ $Sig=0,48$ et pour le questionnaire PQ $F=,588$ $Sig=0,45$. Il ne nous est pas possible à la lecture de ces seuls résultats de conclure à un lien significatif entre perte d'attention et niveau de présence, toutefois, nous notons avec intérêt que l'analyse descriptive du questionnaire SUS révèle une différence qui va dans le sens des autres données recueillies dans notre expérimentation.

6.3.5 Discussion

Notre hypothèse était que la narration scénarisée pouvait maintenir l'attention des

participants ayant une grande expérience du jeu dans un état psychologique propre à la réceptivité émotionnelle. Nous avons en effet montré dans une expérience précédente « The Fear Theory » (expérience immersive sans système narratif immersif) que les joueurs de jeu vidéo étaient moins sensibles aux inductions d'émotions que les non joueurs (Geslin, Bouchard et al. 2011). Nous avons utilisé pour la conception de l'environnement de notre jeu vidéo, les principes méthodologiques d'induction d'émotion que nous avons formalisés dans le schéma (Figure 32) « Méthode d'induction d'émotion dans les mondes virtuels (E.Geslin) ». Nos observations des réactions des participants, comme l'ensemble des données physiologiques et sémantiques subjectives que nous avons recueillies montrent que nos buts ont été atteints en termes d'induction de peur et d'angoisse.

Quand nous détaillons plus précisément les résultats des données physiologiques que nous avons recueillies, celles-ci semblent montrer que dans les premières minutes du jeu, l'attention et le niveau émotionnel des joueurs baissent plus que celui des non-joueurs. Nous attribuons cette baisse de la réponse émotionnelle au phénomène d'habitude du médium décrit dans « The Fear Theory ». Nous observons ensuite le phénomène inverse, plus les participants progressent dans l'expérience et plus le groupe des joueurs montre une augmentation significative de leurs réponses physiologiques et donc de leur implication émotionnelle, alors que le groupe des Non Joueurs peine à rester concentré sur l'EV.

Les résultats des enquêtes sémantiques subjectives que nous avons effectuées montrent le même caractère significatif. Ceux-ci corroborent les résultats des données physiologiques. Il semble après questionnement des sujets que les Non-Joueurs aient rencontré quelques difficultés à appréhender les systèmes de modalités d'interactions avec l'EV (Clavier / Souris) qu'ils n'aient pas eu la capacité à « entrer totalement » dans la narration de l'EV. En revanche, plus les participants sont joueurs, et plus les modalités d'interactions leur sont invisibles, dans ce cas, l'ensemble de leur cognition est focalisée par l'EV, et plus ils progressent dans la narration, plus ils sont immergés dans celui-ci. Ces résultats mettent en évidence la nécessité de disposer d'IHMs invisibles dans les domaines du jeu vidéo comme dans ceux de la réalité virtuelle, afin d'augmenter dans un cas le Flow Zone et dans l'autre la Présence. Les capteurs de type Kinect de Microsoft peuvent grandement faciliter cette invisibilité cognitive, mais la prise en compte des habitus culturels des joueurs est aussi à prendre en considération dans la conception des modalités d'interaction des EVs et des jeux vidéo. Attention toutefois, car Stéphane Zinetti (Ubisoft) rapporte que des systèmes Kinect mal conçus peuvent aussi provoquer un rejet de l'application par les joueurs. Nous pensons

également que les joueurs de jeu vidéo « jouent le jeu » de l'immersion, au sens entendu par P. Bouvier et que nous avons développé précédemment. L'analyse descriptive des courbes de tendances polynomiales des RC montre qu'il n'y a pas d'incohérences entre nos études Fear Theory et Amnesia, si nous avions arrêté l'expérience Amnesia au bout de 6 minutes, nos résultats auraient été dans le sens des observations de la première étude. Il semble que les joueurs ont besoin d'un laps de temps avant que leur attention soit complètement allouée au média, et « qu'ils ne jouent le jeu » de l'immersion.



Figure 57, Courbes de tendances polynomiales, bleu NJ et rouge J.

Nous voulions également étudier dans cette expérience les liens existants entre niveau de Présence, Flow et Break In Presence. Bien que nous n'ayons pas anticipé de corrélation entre le niveau de connaissance du médium du jeu vidéo et les pertes d'attention, nous avons voulu tester si des différences existaient entre nos groupes de participants. Nos analyses n'ont pas permis de montrer de différences significatives entre les différents groupes. Dans 56,6 % des cas, les participants ont montré des moments de BIPs et ont détourné leur attention de l'écran P diffusant l'EV, pour regarder l'écran L où étaient diffusés les stimuli sous la forme de mots. L'observation de ces moments de BIPs nous semble ici plus importante en somme que le % de participants affectés par les BIPs. En effet dans la majorité des cas, nous avons relevé que la plupart des BIPs avaient lieu pendant les phases de chargement de nouvelle zone du jeu vidéo, mais aussi au moment où les participants quittaient la visualisation 3D en FPV (First Person View) pour visualiser une page 2D représentant leur inventaire. Presque systématiquement quand un mot apparaissait sur L pendant une phase de chargement sur P, le participant manifester de l'intérêt pour celui-ci. En revanche quand les phases de chargement ou de consultation de l'inventaire coïncidaient avec des moments où aucuns stimuli n'apparaissaient sur L, les participants ne notaient pas la présence de mots, pas même quand ceux-ci apparaissaient pendant leur phase de jeu. Ces constats mettent en lumière le rôle important des phases de chargement de jeu vidéo et des inventaires 2D, dans la création de BIPs. Dans la mesure où des études antérieures ont montré le lien important existant entre le nombre de BIPs et le niveau de Presence (Slater and Steed 2000, Slater, Brogni et al. 2003), nous conseillons l'intégration invisible des étapes de chargement de données numériques, pendant les phases actives d'interaction dans les EVs et les jeux vidéo, ainsi que l'intégration

d'inventaire 3D en vue à la première personne dans les EVs et les jeux vidéo FPS ou FPV.

6.3.6 Conclusion

L'expérimentation d'Amnesia avait pour but d'apporter un élément de réponse à la question soulevée par notre précédente expérience « The Fear Theory » : Peut-on stimuler les émotions et la présence des utilisateurs d'EV grâce à l'insertion d'un scénario narratif et d'un Gameplay immersif, sachant que ces mêmes joueurs expérimentés de jeux vidéo sont moins sensibles aux inductions d'émotions dans les EVs. Cette hypothèse a été validée par les corrélations observées entre questionnaires émotionnels sémantiques, questionnaires PQ et SUS, ainsi que données physiologiques. Si l'expérience des joueurs de jeux vidéo est un frein à l'immersion béate dans les EVs, et qu'ils ne sont plus surpris par les artifices technologiques, celle-ci est véritablement un gage d'immersion et d'augmentation de la présence, car elle permet d'ignorer la complexité des IHMs par l'habitude de leur utilisation.

Nous avons cherché si des liens existaient entre le niveau d'expérience des joueurs de jeux vidéo et l'apparition de pertes d'attention propres à briser les mécanismes de l'immersion et de la présence. Il ne semble pas qu'il y ait plus de perte d'attention chez les Non-joueurs que chez les Joueurs. Des liens entre la perte d'attention et le niveau de présence semblent apparaître pour un des deux questionnaires de présence que nous avons utilisé, cependant il faudra vérifier plus en amont ces résultats dans d'autres travaux de recherche avant de pouvoir conclure à un lien significatif. En revanche nous avons pu établir une grande probabilité d'interactions négatives, entre certains mécanismes inhérents aux fonctionnements technologiques et ergonomiques des jeux vidéo : les phases de chargement du contenu, et l'intégration d'éléments 2D comme inventaire ou des documents de lecture, et le niveau de pertes d'attention comparables à des BIPs chez les utilisateurs. Nous conseillons aux concepteurs de Jeux vidéo et d'EVs de vérifier que l'utilisation de ces procédés correspond bien à leurs objectifs d'induction d'émotion et d'immersion des utilisateurs.

Comme dans l'expérience précédente « The Fear Theory », les résultats d'Amnesia montrent significativement de véritables réponses émotionnelles physiologiques et sémantiques pour l'induction de peur et de surprise. Nous pouvons en déduire une efficacité significative pour l'utilisation de notre modèle circomplexe d'induction d'émotions. Nous devons continuer de valider ce modèle schématique avec d'autres émotions.

Conclusions

Au-delà de l'inexistence de consensus sur ce que sont les émotions, nos quatre années de travaux nous ont permis de mieux définir leur origines physiologiques et psychologiques. L'étude de cette importante bibliographie a mis en évidence le caractère inné et réflexif des émotions. Cette recherche a aussi montré que les différences supposées par les anciens philosophes et les dogmes sociaux et religieux, entre émotion et raison, n'ont pas permis une recherche scientifique objective pendant de longs siècles. Nous avons relevé, quelques fondements physiologiques au travers du système limbique de Papez et des circuits rapides et lents des émotions démontrés par LeDoux. De la même façon les théories des psychologues behavioristes et cognitivistes trouvent de nouvelles réponses dans les possibilités de l'imagerie à résonance magnétique fonctionnelle.

L'analyse de ces travaux nous a permis de construire nos expérimentations, en privilégiant l'induction d'émotions fondamentales de base de peur et d'angoisse par le biais du vecteur surprise. Ces choix étaient dirigés d'une part par la facilité à induire ce type d'émotions, et d'un autre côté par le niveau de lecture plus aisé des marqueurs physiologiques expressifs de ces émotions.

La définition d'une bibliographie étayée nous a également permis de proposer un diagramme de Venn schématique itératif de la présence. Ce nouveau modèle inclus les notions de charge émotionnelle et d'attention. Nos expérimentations nous permettent de valider ce schéma.

Finalement nous avons construit un modèle circomplexe qui permettra, nous l'espérons, au concepteur d'environnements virtuels à destination de la simulation, de l'apprentissage, de la cyberthérapie ou du jeu vidéo, de concevoir des mondes virtuels inducteurs des émotions. Cette méthode doit être constamment contextualisée, et son évolution permettra un affinement des résultats recherchés. Nous utilisons ce modèle schématique dans l'élaboration des environnements virtuels de chacune de nos expérimentations, afin de le valider, et de construire un « Pace Scripting » efficace.

Si l'état extatique de Flow Zone est une composante essentielle mais non obligatoire du domaine des jeux vidéo, nous avons montré que celui-ci pouvait aider à mener au sentiment de présence. Nous pensons que si le Flow Zone augmente l'attention comme les niveaux de charge émotionnelle, il peut augmenter par itération le sentiment de présence. Considérer le Flow Zone dans le domaine de la réalité virtuelle et la Présence dans le jeu

vidéo pourrait faire considérablement avancer ces deux média dans les principes de l'induction d'émotions fondamentales et complexes. Enfin nous avons noté avec intérêt combien les méthodes classiques d'inductions d'émotions utilisées dans le jeu vidéo comme les cinématiques narratives, pouvaient créer des pertes d'attention propres à favoriser les Break in Presence. Ces analyses descriptives montrent de notre point de vue, combien il est important de considérer la spécificité de nos média interactifs et de trouver de nouvelles méthodes d'induction d'émotions par le biais, par exemple, de stimuli intégrés à la narration interactive qui les caractérise.

Chapitre 7 **Apports de la thèse.**

Nous avons montré que les utilisateurs habitués à l'utilisation des jeux vidéo semblent moins sensibles aux inductions d'émotions fondamentales de base comme la peur et la surprise dans un environnement virtuel inducteur d'émotions, sans dramaturgie et sans scénarisation immersive. Nos conclusions nous amènent à penser que l'habitude des technologies crée une lassitude physiologique et psychologique due à la mémorisation et à la perte d'intérêt des stimuli, ainsi les conditions de l'émerveillement émotionnel qui permet de se détacher du réel ne sont plus remplies.

Notre seconde expérimentation a montré une corrélation de résultats avec la première dans le sens où les réactions émotionnelles des joueurs expérimentés sont faibles au début mais elles prennent, au fur et à mesure de l'expérience immersive, une dimension très importante. Nous avons également montré, que la perte d'intérêt émotionnel due à la connaissance du médium pouvait être compensée par une scénarisation et une dramaturgie de transition entre le monde réel et le virtuel. Dans ce cas, non seulement les joueurs assidus sont aussi sensibles aux émotions induites par le monde virtuel, mais ils présentent moins de difficultés à être immergés en situation de présence grâce à leur connaissance des interfaces d'interaction comme le binôme clavier / souris, qui deviennent pour eux transparents, à l'inverse des non utilisateurs de jeux vidéo focalisés sur les tâches interactives non naturelles. Nous avons mis en évidence la nécessité de rendre les IHMs transparentes pour les non utilisateurs de jeux vidéo dans le but d'induire des émotions. Nous proposons, en ce qui concerne les joueurs de jeux vidéo expérimentés de prendre en considération l'immersion narrative pour augmenter la présence et l'induction d'émotions. Nous pensons que l'immersion narrative favorise l'action de « *se prendre au jeu* », de « *jouer le jeu...* ». Paradoxalement si les « Hardcores gamers » sont, à cause de leur très grande connaissance des médias, moins sensibles à une application de réalité virtuelle dépourvue de scénographie narrative immersive, leur habitude des médias leur permet de ne pas concentrer leur attention sur les mécanismes sensori moteurs et de jouer le jeu du Game Play, qui conduit à une plus forte immersion.

Nous avons aussi montré dans cette expérience que, quel que soit le niveau de connaissance des médiums utilisés, la lecture de documents 2D dans les interfaces ALcogs de l'expérimentation comme les phases de chargement du jeu, était propice à la mise en place de

BIPs (break in présence) et donc de déconnexion narrative et émotionnelle. Nous conseillons donc de privilégier les inventaires à la première personne en FPS, mais aussi les phases de chargement transparentes pendant les phases de jeu.

Nous avons également créé une méthode schématique permettant de définir quels sont les stimuli artistiques qui doivent être introduits dans une production de jeu vidéo ou de réalité virtuelle en fonction du type d'émotions que l'on cherche à créer ou à susciter (voir le Chapitre 4). Dans les deux expérimentations réalisées, nous avons pu vérifier que les stimuli de Peur et de Surprise engagés par cette méthode s'étaient révélés significativement inducteurs de ces émotions.

Cette méthode peut être utilisée par les game designers ainsi que les designers d'environnements virtuels. Indifféremment des objectifs fonctionnels des EVs, qu'il s'agisse de jeu vidéo, de simulation, de reconstitution patrimoniale, de formation, ou de cyberthérapie. Nous conseillons aux designers d'introduire notre méthode circomplexe d'induction d'émotion, au plus tôt dans la chaîne de production. Dans le cas de nos expérimentations, la méthode a été utilisée dès la mise en place du Pace Scripting et pendant la réalisation des artworks⁴⁶ qui ont permis de définir l'ambiance générale des environnements. Dans la mesure où cette méthode définit le volume des échanges sociaux à réaliser (selon la valence et le niveau des émotions recherchées), nous conseillons également d'utiliser le modèle circomplexe d'induction des émotions pendant la définition des stratégies narratives des EVs.

La figure 58, montre comment un designer de jeux vidéo ou d'EVs doit procéder pour utiliser notre modèle. Dans la figure située en haut à gauche (correspondant au modèle circomplexe des émotions de Russell), le designer doit définir quelle émotion il veut induire par le biais de l'EV. Dans le cas présent il s'agit des deux émotions de : en « 1 » la peur, et en « 2 » une joie intense. La peur en « 1 » est modérée, c'est la raison pour laquelle le repère bleu est situé au niveau 3 de l'échelle présentée sur le schéma de droite. La joie qui doit être importante est-elle située sur le niveau 5 de cette échelle. Les designers ou les concepteurs d'EVs devront conserver cette échelle à l'esprit une fois leurs repères positionnés. Sur le troisième schéma, les repères sont superposés au modèle circomplexe tel qu'il est présenté en Figure 32. Les utilisateurs doivent alors comparer le positionnement de leur repère émotionnel avec les cinq items questionnés par le modèle circomplexe :

- La chromatique

⁴⁶ Travaux artistiques de préparation permettant d'illustrer les aspects visuels des futurs environnements virtuels.

- La lumière
- La vitesse des mouvements
- La dimension des espaces
- Le volume des communications sociales

Pour chacun de ces cinq items les utilisateurs relèveront le niveau de positionnement sur l'échelle de niveau introduite dans le second schéma. Ainsi pour la peur modérée définie par les repères numérotés « 1 », la chromatique sera nulle, la lumière sera d'un niveau de 3 points sur une échelle de 0 à 5, la vitesse des mouvements sera également de 3, les espaces et le volume des communications sociales seront modérés à 3 sur la même échelle de 0 à 5, car nous prenons pour ces deux derniers items, la mesure sur le plan sécant entre la flèche rouge des « espaces et communications » avec l'échelle des niveaux tel que précédemment définie.

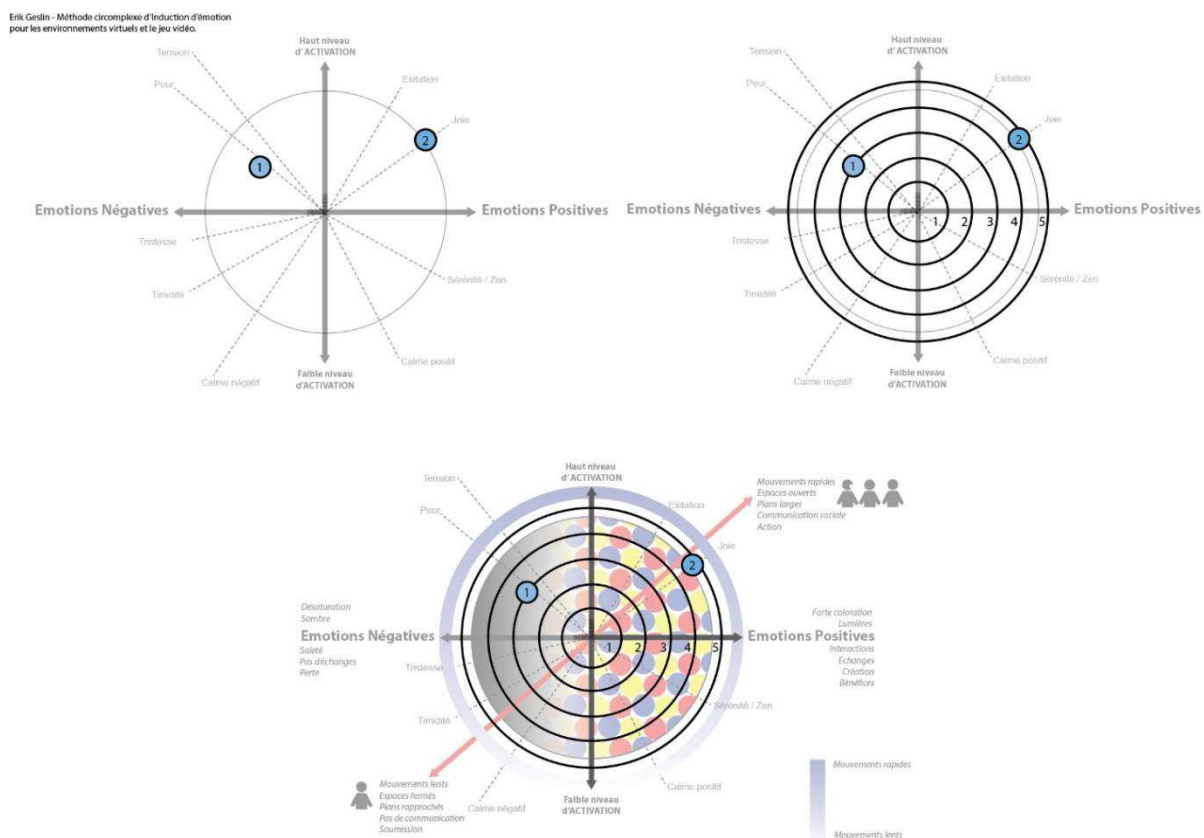


Figure 58, Fonctionnement du modèle circulaire d'induction d'émotion dans les EVs et les jeux vidéo.

La valeur de l'échelle des niveaux dépend du contexte de chaque type d'EVs ou de jeux vidéo. En effet le volume maximum des communications sociales dans un MMORPG⁴⁷ sera différent de celui d'un RPG⁴⁸, tout comme le niveau d'obscurité acceptable dans l'EV d'un simulateur de vol sera différent de celui d'un EV de cyberthérapie. C'est aux utilisateurs du modèle circomplexe d'induction d'émotion dans les EVs et les jeux vidéo de contextualiser et de pondérer l'échelle des niveaux de chacun des 5 items précités.

7.1 Perspectives

Plusieurs champs de recherche s'ouvrent aujourd'hui en fonction de nos premiers résultats. L'objectif de nos futurs travaux sera de valider l'illustration schématique de présence, incluant les émotions et les notions d'orientation volontaire ou automatique d'attention comme éléments constitutifs de la présence. Ces recherches mettront en corrélation des mesures de la présence utilisant l'équation *Presence = f (Creative Imagination; Absorption; Empathy → Fantasy Subscale; K)* (Sas., Corina. et al. 2003), et des mesures subjectives et physiologiques des émotions. D'autres travaux de recherche devront être engagés pour déterminer les liens entre le niveau de charge émotionnelle dans les environnements virtuels et les notions d'orientation volontaire ou automatique d'attention dans l'illusion d'une non-médiation. Ces recherches seront développées sur des sujets joueurs et non joueurs de jeux vidéo, certains relevant de cas cliniques de phobies pathologiquement avérées.

Les résultats significatifs relevés montrent que la méthode schématique d'induction d'émotions semble efficace pour les émotions de peur et de surprise. Nous utiliserons de nouveau cette méthode d'induction d'émotions dans nos prochaines recherches. Dans un premier temps, nous devons tester notre modèle circomplexe, pour induire des émotions, opposées à celle de la peur, comme la sérénité et la joie. Ceci devrait consolider ces résultats et affirmer le bienfondé de cette méthode.

Nous avons régulièrement soulevé la question de la spécificité de nos médias interactifs que sont le jeu vidéo et la réalité virtuelle, il nous semble essentiel de continuer à développer des méthodes spécifiques d'induction d'émotions, qu'elles soient du domaine du

⁴⁷ Massively Multiplayer Online Role-Playing Game : jeu de rôle en ligne massivement multi joueur.

⁴⁸ Role Playing Game : jeu vidéo de rôle.

Pacing Scripting du Flow Zone, ou de la narration interactive.

Notre étude bibliographique a contribué à la mise en place de nouveaux questionnements, tant pour le domaine du jeu vidéo que de celui de la réalité virtuelle. La question de la finitude et de l'implication émotionnelle des participants ou des joueurs, en relation avec le risque de mort réelle, ou supposée réelle, induite par le monde virtuel ou le jeu vidéo nous semble un axe de recherche essentiel pour l'induction d'émotions de base et complexes dans nos médias interactifs. Depuis quelques années, plusieurs tentatives de jeux vidéo avec feedback physiologiques qui engagent l'intégrité physique des joueurs, avec chocs électriques, non létaux, sont apparus sur le marché, comme « the Shocking tanks » (Shocking Tanks, 2004). L'engagement psychologique et l'attention allouée des utilisateurs changent alors radicalement (S.Bloco, 2013). Il nous paraît intéressant de questionner, dans une nouvelle expérience, le rôle supposé du sentiment de finitude sur le niveau de Flow Zone dans les jeux vidéo et de Présence dans les EVs. Nous avons commencé dans ce cadre, le développement d'une expérimentation nommée « Finitude 2.0 ». Cette expérience met un participant dans une situation de stress émotionnel à l'intérieur d'un EVs qu'il suppose réellement létale. Nous proposons de tester deux groupes : les participants du premier groupe évoluent dans un EVs inducteur d'émotions de peur, mais sans craindre pour leur intégrité physique. Dans le second groupe, les participants reçoivent des petits chocs électriques et sont conditionnés par de nombreux SC (Stimuli Conditionnels) qui leur laissent craindre pour leur vie.

Nous avons également déjà commencé à travailler sur d'autres hypothèses : Nous développons actuellement avec N. Sivadier Master 2 Art et Technologie du Numérique de l'université Rennes2, une méthodologie intégrant les aspects de transition artistique, permettant de favoriser la mise en condition émotionnelle des utilisateurs d'environnements virtuels, pour favoriser la présence. Les artistes produisent depuis les débuts même de l'humanité des œuvres génératrices d'émotions. Parfois, dans un but chamanique d'accès à d'autres univers, cette allégorie rappelle bien les objectifs de la réalité virtuelle.

Les problématiques transitionnelles sont questionnées depuis plus d'un siècle dans le média du cinéma. De nombreux artistes investissent le spectre du générique (espace préparatoire à l'expérience du cinéma) tant celui-ci est ouvert en terme de créativité, de

transmission, de mise en condition émotionnelle avant l'expérience du film. Parmi les plus connus, nous pouvons citer Emile Cohl dans les années 1930, puis Saul Bass aux Etats-Unis, célèbres pour avoir réalisé les génériques des films d'Hitchcock, puis Pablo Ferro et Laurent Brett et Kook Ewo en France.

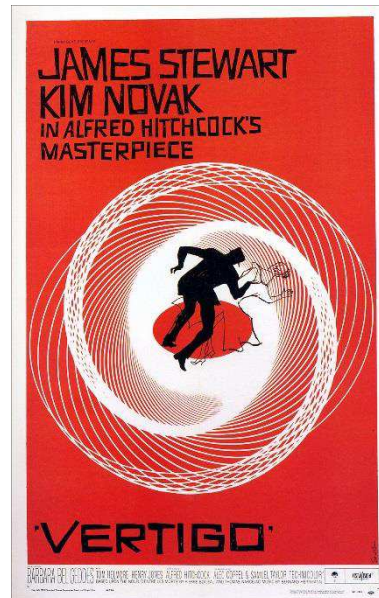


Figure 59, Saul Bass - Tittle Credits for Vertigo © Saul Bass (1958).

Cet espace-temps n'est pas questionné aujourd'hui dans les applications de réalité virtuelle. La plupart du temps, l'entrée dans le monde virtuel est brutale, non préparée, jamais scénarisée. Nous pensons qu'il en résulte une perte de repères qui ne favorise pas l'immersion. Nous proposons de questionner cet espace-temps en comparant les niveaux de présence et d'émotions de deux groupes, le premier accédant au monde virtuel via un générique artistique inducteur d'émotions, le second sans celui-ci. Notre but étant de favoriser la prise en considération du médium du « Motion design » dans les applications a vocation immersive et inductive de présence. Avec par exemple l'intégration de Motion Design de générique dans des processus de conception d'environnement virtuels.

Nous travaillons avec le laboratoire de neuroscience et de psychologie de l'Université Laval au Québec (Canada) et le concours du studio de Jeux Vidéo Ubisoft, sur les problématiques d' « *affective Gaming* », les avatars émotionnels et sur la mise au point d'une expérience nommée « Bernardo Agent ». Il s'agit de définir de nouvelles méthodes de narration interactive pour le jeu vidéo. Dans ce médium, le générique d'introduction est largement pris en considération, il est constamment présent et prend souvent le nom de

cinématique. Cependant il ne joue plus son rôle transitionnel mais crée souvent les conditions d'une perte d'attention de l'utilisateur, favorisant les BIPs. Considérés par beaucoup de studios de jeu vidéo comme un élément narratif essentiel de ce médium, le générique d'introduction est pourtant parfaitement inadapté à une narration dont la particularité réside dans l'interactivité et le libre arbitre. Notre hypothèse réside dans l'utilisation d'agent intelligent que nous nommerons « Bernardo » (en référence à l'acolyte du légendaire Zorro). Notre expérience propose de tester l'utilisation de deux jeux vidéo du type FPS identiques en tous points à quelques exceptions près. Dans le premier que nous nommerons « traditionnel », des cinématiques préenregistrées permettent de suivre la narration. Dans le second, nous n'utiliserons pas de cinématiques préenregistrées, mais nous essayerons via les agents « Bernados » de capter l'attention du joueur pour diriger son regard spécifiquement vers certains points de l'action permettant la narration. A l'image du Bernardo de Zorro, obligé de se tenir face à celui-ci pour pouvoir communiquer d'une manière exagérément expressive à cause de son handicap l'empêchant de parler. Notre propos n'est pas la disparition totale des cinématiques de génériques traditionnelles, car il est incontestable que celles-ci favorisent une transition entre le réel et le virtuel, mais aussi qu'elles sont essentielles à l'économie de teasing augmentant les préventes de jeux vidéo. Nous voulons proposer avec les agents Bernardos une nouvelle alternative favorisant la narration interactive du médium du jeu vidéo.

Parallèlement, nous travaillons au développement de deux expérimentations sur la création d'empathie du joueur vis-à-vis de son avatar. Ces expériences sont résumés par l'hypothèse suivante : « *More an Familiar Than an Avatar !* ». Notre théorie réside dans le constat que dans la plupart des jeux vidéo en vue à la troisième personne, (qu'ils soient en 2D ou en 3D), l'avatar dirigé par le joueur n'exprime aucune émotion, celui-ci est censé être une projection de la psyché du joueur, cependant cette relation ne va pas de soi (Park 2009). Nous proposons dans deux expérimentations de considérer l'avatar comme un familier qui réagit émotionnellement aux contraintes de son monde virtuel, et essaye d'impliquer le joueur en sollicitant son empathie ou sa sympathie, par une gestuelle émotionnelle et par le regard : une première en 3D, nommée « Dia de los Muertos » (réf : annexe).

Nous envisageons d'autres expérimentations en lien avec les émotions et la cyberthérapie et le laboratoire de S. Bouchard à Ottawa.

Plusieurs conférences internationales en cyberthérapie à Ottawa CT16 (Cybertherapy

2013) et à Singapour au Siggraph ASIA (Siggraph 2013) nous ont permis de rencontrer les acteurs majeurs des domaines de la réalité virtuelle et du jeu vidéo. De ces rencontres sont nés plusieurs projets de collaboration, notamment avec le laboratoire innovation de la société Ubisoft (Ubisoft 2013).

Enfin, nous avons établi de nombreuses relations avec des Universités du Canada : Québec en Outaouais et le professeur Stéphane Bouchard, Université de Québec avec le professeur de psychologie et de neurosciences Philip Jackson, et les Universités Japonaises de Tokyo Kanagawa IT (University 2013), professeur Akihiko Shirai, et l'université Ritsumeikan de Kyoto (Ritsumeikan 2013) professeur Toshikazu Hoshima. Chacune de ces nouvelles relations permet d'envisager des collaborations de recherches internationales et l'écriture de nouveaux articles scientifiques.

Au regard de quatre années d'engagement dans notre recherche, l'importance de la gestion des émotions des utilisateurs d'environnements virtuels ou des joueurs de jeu vidéo nous apparaît comme une évidence. Celle-ci semble essentielle pour atteindre les états extatiques de Présence et de Flow. Paradoxalement, l'industrie du jeu vidéo, peut paraître encore très immature dans ces domaines de recherche, eu égard aux sommes colossales qui sont investies dans la production. Ces entreprises, se sont construites autour du pragmatisme et de la rigueur de la chaîne de production, et il est difficile pour elles d'investir dans des recherches plus fondamentales développées en interne. Aussi il nous semble que dans les prochaines années de nombreuses connexions devront être créées entre les laboratoires universitaires et les entreprises du jeu vidéo, aux bénéfices des deux parties.

Table des illustrations

Figure 1 Un chariot à deux chevaux sur amphore, Exekias 530 AJC, © British Museum B273.	3
Figure 2 GB Duchenne déclenchement d'une expression de frayeur par stimulation électrique, Domaine public : Mécanisme de la Physionomie Humaine (1862).	8
Figure 3 Planche de mécanisme de la physionomie humaine de GB Duchenne, stimulation électrique, Domaine public : Mécanisme de la Physionomie Humaine (1862).	8
Figure 4 La colère du chien : "the expression of emotion in man and animal", Domaine public, Mr Rivière.	9
Figure 5 Les six émotions de base définies par P. Ekman. © Owl Books (NY).	13
Figure 6 les Théorie des émotions primaires et dérivées de Plutchik. Domaine public.	16
Figure 7 Modèle dimensionnelle des émotions de Russell. © Yik, M., Russell, J. A., & Steiger, J. H. (2011). A 12-point circumplex structure of core affect. Emotion 11(4), 705–731.	17
Figure 8 La régulation des émotions par les appraisals les mécanismes pré-attentifs. © Leventhal & Scherer's.	29
Figure 9 Anatomie simplifiée du cerveau. © Allina Patient Education, Understanding Stroke ISBN 1-931876-13-4.	32
Figure 10 Circuit des émotions de Papez. Domaine public.	37
Figure 11 Système Limbique des émotions. Sources © Universe-review.	40
Figure 12 Localisation des différents cortex et de leurs fonctions. Domaine public.	41
Figure 13 Carte des zones cyto-architectonique de Brodmann. Domaine public.	43
Figure 14, Les deux chemins de l'émotion de peur dans le système nerveux central. © HowStuffWorks (2005).	49
Figure 15, Mise en évidence de la LTP. © Nature Reviews / neuroscience (2005).	53
Figure 16, Abbaye de Cluny en R.A. © Arts & Métiers ParisTech / On-situ.	63
Figure 17, Robert Baker panorama 360°. © Aquatint by Henry Aston Barker, after Robert Barker.	64
Figure 18, Le « Sensorama » de Morton Heilig. © Morton Heilig (1962).	65
Figure 19, Le HMD d'Ivan Sutherland. © Photo courtesy of Ivan Sutherland.	66
Figure 20, Schéma d'interaction entre l'homme et la réalité Virtuelle P. Fuchs. © Philippe Fuchs.	69

Figure 21, Triangle sémiotique et triangle sémiotique du virtuel. © Alain Grumbach GET/ENST Paris (2003).	73
Figure 22, Proposition de schéma évoquant les niveaux de présence.....	78
Figure 23, Le Flow Channel selon Csikszentmihalyi. © Csikszentmihalyi : Flow: The Psychology of Optimal Experience - Harper Perennial Modern Classics (2008).....	84
Figure 24, Les zones de difficulté et d'ennui du Flow. © FastCoDesign.....	87
Figure 25, L'ajustement de la difficulté pour rester dans le Flow. © courtesy of Jenova Chen.	88
Figure 26, Le Vase de Rubin, entre perception du tout et des entités. Domaine public.	91
Figure 27, Exemple de Tracés EEG. © Biogetic (2004).....	97
Figure 28, emotion de surprise avec « video analytics ». © Nviso (2013).	98
Figure 29, Quelques questionnaires subjectifs de présence (W. I. Joy Van Baren, 2004).....	102
Figure 30, la théorie de l'Uncanny Valley. © Mori_Uncanny_Valley.svg: Smurrayinchester (2009).	120
Figure 31, Fréquence des méthodes inductives d'émotion dans les médias numériques.	122
Figure 32, Méthode circomplexe d'induction d'émotion dans les mondes virtuels (E.Geslin).	123
Figure 33, Schéma circomplexe basique référent au modèle de Russell.	124
Figure 34, Schéma circomplexe des ouvertures des espaces d'EV.	125
Figure 35, Pace scripting de « star Wars » représentant une succession de vagues croissantes. Chaque pic correspond à un moment émotionnellement fort de l'histoire. © Lucasfilm Ltd A droite, Pace Scripting du jeu vidéo. © LucasArts.	126
Figure 36, courbes d'intérêts d'un jeu vidéo © Schell's book (2008).....	126
Figure 37, Schéma circomplexe de représentations des vitesses de mouvement dans les EVs.	127
Figure 38, Schéma circomplexe de représentation de gestion des chromatiques et des lumières dans les EVs.	128
Figure 39, Modèle circomplexe d'induction d'émotions dans le protocole d'expérimentation.	133
Figure 40, L'expérimentation pendant Laval Virtual 2010.....	136
Figure 41, Le HMD HEWDD-1080 Crescent.....	136
Figure 42, L'environnement virtuel de l'expérience Fear Theory.	139
Figure 43, L'environnement virtuel de l'expérience Fear Theory.	139
Figure 44, Nombre de participants dans les trois catégories d'âge dans les deux conditions	

expérimentales.....	140
Figure 45, Résultats (et écart-type) des participants pour les trois émotions évaluées après la passation.	141
Figure 46, Proposition de construction de la présence incluant l'activation d'émotions, sur la base des travaux de Wirth & al.	144
Figure 47, Illustration de la présence.	146
Figure 48, Illustration de la présence (E.Geslin).....	148
Figure 49, Participant a Amnesia, devant l'écran triptyque.....	150
Figure 50, EV de l'expérience Amnesia © Frictional Games.	152
Figure 51, Courbes des fréquences cardiaque par groupe de participants.....	157
Figure 52, Courbes des fréquences cardiaques	158
Figure 53, Courbes des fréquences cardiaques, avec modération de la courbe Joueurs.	159
Figure 54, La diffusion de points montre une corrélation positive	160
Figure 55, Moyennes des résultats NJ et J	161
Figure 56, Moyennes des BIPs, SUS et PQ	162
Figure 57, Courbes de tendances polynomiales, bleu NJ et rouge J.	164
Figure 58, Fonctionnement du modèle circomplexe d'induction d'émotion dans les EVs et les jeux vidéo.	170
Figure 59, Saul Bass - Tittle Credits for Vertigo © Saul Bass (1958).	173

Bibliographie

Bibliographie

- Acquas, E., C. Wilson and H. C. Fibiger (1996). "Conditioned and unconditioned stimuli increase frontal cortical and hippocampal acetylcholine release: effects of novelty, habituation, and fear." *The Journal of neuroscience* 16(9): 3089-3096.
- Adams, E. (2009). *Fundamentals of game design* : 2nd editio, Berkeley.
- Adamson, A., K. Asbury and C. Vernon (2004). *Shrek 2*. USA, DreamWorks SKG.
- Adolphs, R., H. Damasio, D. Tranel and A. R. Damasio (1996). "Cortical Systems for the Recognition of Emotion in Facial Expressions." *The Journal of neuroscience* 16(23):7678–7687 (Department of Neurology, Division of Cognitive Neuroscience, University of Iowa College of Medicine, Iowa City, Iowa 52242, and 2 The Salk Institute for Biological Studies, La Jolla, California 92037).
- Alvarez, J., D. Djaouti, R. Ghassempouri, J.-P. Jessel and G. Methel (2007). "Genèse d'une classification du jeu vidéo."
- Alvarez, J., D. Djaouti, J.-P. Jessel, G. Methel and P. Molinier (2007). "Morphologie des jeux vidéo." *H2PTM, Hammamet, Tunisie* 29(10): 2007-2031.
- Ambinder, M. (2008). *Valve's Approach To Playtesting The Application Of Empiricism*. Valve.
- Ambinder, M. (2011). "Biofeedback in Gameplay: How Valve Measures Physiology to Enhance Gaming Experience." GDC.
- Amsterdam, I. L. a. t. U. v. (2012). "eMotion Recognition Software." from <http://www.visual-recognition.nl/News.html>.
- Anderson, D. R., & Burns, J. (1991). : (). Hillsdale, NJ: Erlbaum. (1991). "Paying attention to television. In D. Zillmann & J. Bryant (Eds.), ." *Responding to the screen : Perception and reaction processes*: pp. 3–26.
- Anthropologia. (2011). "Emotion & cognition." from <http://psychobiologie.ouvaton.org/textes/txt-p04.31-traitementinformation.htm#Emotion&Cognition>.
- Aristote (1990). *Poétique*.
- Arnold, M. B. (1960). "Emotion and personality. Vol. I. Psychological aspects."

- Artaud, A. (1973). *Le théâtre et son double*.
- Auré, M. (2011). "A risque de mort." from <http://af.bibliotherapie.free.fr/Article%20A%20risque%20de%20mort.htm>.
- Averill, J. R. (1980). "A constructivist view of emotion." New York: Academic Press *Emotion: Theory, research and experience*, vol. : pp. 305-333.
- Aziosmanoff, F. (2010). *Living art: l'art numérique*, CNRS éditions.
- Bailenson, J. N. B., J. Beall, A.C. & loomis, J.M (2001). "Equilibrium revisited: Mutual gaze and personal space in virtual environments." *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 10: 583-598.
- Baños, R. M. B., C. Gardia-Palacios, A. Villa, H. Perpina, C. & Alcaniz, M (2000). "Presence and reality judgment in virtual environments: A unitary construct?" *CyberPsychology and Behaviour* 3: 327-335.
- Bard, P. (1929). "The central representation of the sympathetic system: as indicated by certain physiologic observations." *Archives of Neurology and Psychiatry* 22(2): 230.
- Barfield, W., D. Zeltzer, T. Sheridan and M. Slater (1995). "Presence and performance within virtual environments." *Virtual environments and advanced interface design*: 473-513.
- Basdogan, C. H., C. Srinivasan, M.A. & Slatter, M (2000). "An experimental study on the role of touch in shared virtual environments." *ACM Transactions on Computer Human Interaction* 7(4): 443-460.
- Batty, J. and Tuke (1895). "The Insanity of Over-Exertion of the Brain." *The British Journal of Psychiatry*.
- Beck, A. T., A. J. Rush, B. F. Shaw and G. Emery (1987). *Cognitive therapy of depression*, The Guilford Press.
- Benayoun, M. (2011). "The Dump." from <http://www.moben.net/indexF.html>.
- Berens, N. (2010). "Amnesia: The Dark Descent REVIEW." *Adventure Gamers* September 8.
- Binet, A. (1895). "La peur chez les enfants." *L'année psychologique* 2(1): 223-254.
- Biocca, F. (2003). Can we resolve the book, the physical reality, and the dream state problems? From the two-pole to a three-pole model of shifts in presence. EU Future and Emerging Technologies, Presence Initiative Meeting, Venice, Italy.
- Biocca, F. and B. Delaney (1995). *Immersive virtual reality technology. Communication in the age of virtual reality*. F. Biocca and M. R. Levy. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum: 57-124.
- Biocca, F. H., C. & Gregg, J. (2001). "The networked Minds measure of social presence: Pilot test of the factor structure and concurrent validity." in *proceeding of 4th international*

Workshop on Presence. Philadelphia, USA.

Björk, S. and J. Holopainen (2004). *Patterns in Game Design*, Jenifer Niles.

Blizzard, A. (2012). *Diablo III*. H. a. slash.

BohemiaInteractive (2012). *DayZ Mod*. A. 2.

Boring, E. G. (1950). *A history of experimental psychology*. New York, Appleton-Century-Crofts.

Bostrom, N. (2003). "Are you living in a computer simulation?" *Philosophical Quarterly* 53(211).

Bostrom, N. (2003). "Are you living in a computer simulation?" *Philosophical Quarterly* 53(211): 243-255.

Bouchard, S., Côté, S., & Richard, D. C. S. (2006). "Virtual reality applications for exposure. In D. C. S." Richard (Éd.) *Handbook of exposure* 347-388.

Bouchard, S. and G. Labonté-Chartrand (2010). "Emotions and the emotional valence afforded by the virtual envi." *Université du Québec en Outaouais*.

Bouchard, S., St-Jacques, J., Robillard, G., & Renaud, P (2008). "Anxiety increases the sense of presence in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*."

Bouvier, P. (2009). *La présence en réalité virtuelle, une approche centrée utilisateur*, Université Paris-Est.

Bouvier, P. (2009). *La Présence en Réalité Virtuelle, une Approche Centrée Utilisateur: Presence in Virtual Reality, a User Centered Approach*, Université Paris-Est.

Bouvier, P., P. Chaudeyrac, S. Soueina, J. Kiss and A. S. El Elmaghraby (2007). "Intentionality Analysis in 3D Games." *10th International Conference on Computer Games : AI, Animation, Mobile, Educational and Serious Games (CGAMES'07)* Louisville, Kentucky, USA: 39-43.

Bowman, D. A. (1999). *Interaction Techniques for Common Tasks in Immersive Virtual Environments : Design, Evaluation, and Application.*, Georgia Institute of Technology.

Bowman, D. A. (1999). *Interaction Techniques for Common Tasks in Immersive Virtual Environments : Design, Evaluation, and Application.*, Georgia Institute of Technology.

Broca, P. (1877). "Sur la circonvolution limbique et la scissure limbique." *Bulletin de la société d'Antropologie* 12: 646-657.

Brodman's (2006). *Localisation in the Cerebral Cortex*

Brogni, A., M. Slater and A. Steed (2003). *More Breaks Less Presence*. *Presence 2003: The 6th Annual International Workshop on Presence*.

Brown, S., B. Fredricksonc, M. Wirthd, M. Pouline, E. Meierf, E. Heaphyg, M. Cohenh and

- O. Schultheissi (2009). "Social closeness increases salivary progesterone in humans." *Hormones and Behavior* 56(1): 108-111.
- Burdea, G. and P. Coiffet (1993). *La réalité virtuelle*.
- Bureau, J. (2004). "Le passage de l'anxiété paralysante à l'état de bien être et le goût de vivre."
- Cacioppo, J. T. and W. L. Gardner (1999). "Emotion." *Annual review of psychology* 50(1): 191-214.
- Cage, D. (2010). *Heavy rain*. S. C. e.-Q. Dream. paris.
- Cameron, J. (2009). *Avatar*. U.S.A - U.K, Twentieth Century Fox.
- Cannon, W. B. (1923). "Traumatic shock."
- Cannon, W. B. (1927). "The James Lange theory of emotion : a critical examination and an alternative theory." *The American Journal of Psychology* © 1927.
- Cannon, W. B. (1929). "Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rag."
- Carmack, J., J. Romero and A. Carmack (1993). *Doom*, id Software. id Software.
- Carroll E Izard (1993). "Four systems for emotion activation: Cognitive and noncognitive processes." *APA PsycNET American Psychological Association* 100(1): 68-90.
- Cho, D., Park, J, Kim, G., Hong, S., Han, S., & Lee, S. (2003). "Dichotomy of presence elements: The Where and What." *Preceeding of the IEEE Virtual reality*: 273-274.
- Christianson, S.-Å. (1992). "Emotional stress and eyewitness memory: A critical review." *Psychological bulletin* 112(2): 284.
- Claude-Jean, P. (1977). *ENCYCLOPÉDIE AUDIOVISUELLE DU CINÉMA*.
- Clavino, B. (2006). *Qu'est-ce qu'un neurone ?*
- Coquillart, S., J. Grosjean and A. Palji (2003). *Interaction 3D : Paradigmes et métaphores*, Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris.
- Corbusier, L. (1970). *L'artiste et l'écrivain*.
- Corina, S. and O. H. Gregory (2001). "The Presence Equation: An Investigation Into Cognitive Factors Underlying Presence." Department of Computer Science, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland.
- Couchot, E. (1998). *La technologie dans l'art: de la photographie à la réalité virtuelle*, J. Chambon.
- Cramer, D. and J. Fong (1991). "Effect of rational and irrational beliefs on intensity and "inappropriateness" of feelings: A test of rational—emotive theory." *Cognitive Therapy and Research* 15(4): 319-329.
- Craven, W. (1996). *Scream*. W. Craven. canada, Dimension Films.

- Crescent. (2010). "HMD HEWDD-768 and Fear Theory experience." from <http://crescentinc.co.jp/hewdd-768/seminar/20100706>.
- Csikszentmihalyi, M. (1998). *Optimal Experience: Psychological Studies of Flow in Consciousness*, Cambridge University Press.
- Csikszentmihalyi, M. (2000). *Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play*, Jossey-Bass; 25th Anniversary edition (April 15, 2000).
- Csikszentmihalyi, M. (2004). Flow the secret to happiness - TED Conferences, TED Conference.
- Cybertherapy. (2013). "Cybertherapy." from <http://www.e-therapy.info/>.
- Damasio, A. (2005). *Spinoza avait raison : Joie et tristesse, le cerveau des émotions*.
- Damasio, A. R. (1995). *L'Erreur de Descartes : la raison des émotions*. Paris, Odile Jacob.
- Darken, R. P. A., T. Achille, L. B (1998). "Spatial orientation and wayfinding in large-scale virtual spaces." *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 7(2), 101–107.
- Darwin, C. (1859). *De l'origine des espèces*.
- Darwin, C. (1899). *The Expression of Emotion in Man and Animal* Filiquarian Publishing, LLC.
- Davous, P. (2011). *Le nouveau Totem*.
- De Greef, P. I., W.A. (2001). "Social presence in a home tele-application." *CyberPsychology and Behaviour* 4: 307-316.
- DeLahunta, S. (2002). "Virtual reality and performance." *PAJ: A Journal of Performance and Art* 24(1): 105-114.
- Delahunta, S. and N. Z. Shaw (2006). "Constructing Memories: Creation of the choreographic resource." *Performance Research* 11(4): 53-62.
- Descartes, R. (1649). *Traité des passions de l'âme*, Union générale d'éditions.
- Descartes, R. and É. Gilson (1987). *Discours de la méthode*, Vrin.
- Dillon, C., E. Keogh, J. Freeman and Davidoff (2000). "Aroused and immersed: The psychophysiology of presence." In W.IJsselsteijn, J. Freeman, & H. de Ridder (Eds). *Proceedings of the third international workshop on presence*.
- Dinh, H. Q., N. Walker, L. F. Hodges, C. Song and A. Kobayashi (2002). Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments, IEEE.
- Dominjon, L. L., A. ; Burkhardt, J.-M. ; Andrade-Barroso, G. ; Richir, S (2005). "The "Bubble" technique: interacting with large virtual environments using haptic devices with limited workspace." *Eurohaptics Conference, 2005 and Symposium on Haptic Interfaces for*

- Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2005. World Haptics 2005. First Joint.
- Duchenne de Boulogne, G. B. (1852). Expression des passion. Paris, Baillière 1862.
- Dunnigan, J. F. (2000). Wargames handbook: How to play and design commercial and professional wargames, iUniverse.
- Eckel, L. A., and Ossenkopp K. P. (1996). "Area Postrema mediates the formation of rapid conditioned palatability shifts to a lithium-paired solution." Behavioral Neuroscience 110: 200-212.
- Edwards, E. K., J. P. Rolland and K. P. Keller (1993). Video see-through design for merging of real and virtual environments. Virtual Reality Annual International Symposium, 1993., 1993 IEEE, IEEE.
- Ekman, P. (2003). emotions revealed, owl books.
- Ellis, S. R. (1991). "Nature and Origin of Virtual Environments: A Bibliographic Essay." Computing Systems in Engineering, 2(4): 321-347.
- Escola, M. (2002). Le Tragique, Flammarion.
- Fehr, B. and J. A. Russell (1984). "Concept of emotion viewed from a prototype perspective." Journal of experimental Psychology General 113: 464-486.
- Filliozat, I. (2007). L'intelligence du coeur.
- Finkenauer, C., O. Luminet, L. Gisle, A. El-Ahmadi, M. van Der Linden and P. Philippot (1998). "Flashbulb memories and the underlying mechanisms of their formation: toward an emotional-integrative model." Memory & cognition 26(3): 516-531.
- Flahault, F. (1993). "Le plaisir de la peur, L'étoile mystérieuse et l'araignée géante." Persee 57: 157-192.
- Fodor, J. A. (1975). The Language of thought.
- Fridja, N., A. Manstead and Bem. (2000). "The influence of emotions on beliefs." Cambridge University Press 1-9.
- Frijda, N. H. (1993). "The place of appraisal in emotion." Cognition & Emotion 7(3-4): 357-387.
- Frijda, N. H. and B. Mesquita (1998). "The analysis of emotions: Dimensions of variation."
- Fritsch, G. and E. Hitzig (1870). " Ueber die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns in: Archiv für Anatomie." Physiologie und wissenschaftliche Medicin: 300-332.
- Fuchs, e., al (2003). Le traité de réalité virtuelle. Paris, Les Presses des Mines.
- Fuchs, P. (2006). Traité de la réalité virtuelle.
- Fuchs, P. and B. Arnaldi (2006). Le traité de la réalité virtuelle: Les applications de la réalité virtuelle, Presses de l'Ecole des Mines.

- Gaillard, R., A. Del Cul, L. Naccache and S. Dehaene (2006). "Le contenu émotionnel des mots peut moduler leur accès à la conscience
Behavioural evidence of nonconscious semantic processing for emotional words." *M/S : médecine sciences Immunologie*: 702-704.
- Gal, V., C. Le Prado, S. Natkin and L. Vega (2002). *Writing for video games*. Laval Virtual IVRC. Laval, Laval Virtual.
- Gale (2009). "Fear not." *Ski Mar.* Canada In Context 15.
- Gall, F. J. and G. Spurzheim (1818). *Anatomie et physiologie du système nerveux en général, et du cerveau en particulier: avec des observations sur la possibilité de reconnaître plusieurs dispositions intellectuelles et morales de l'homme et des animaux par la configuration de leurs têtes*, F. Schoell.
- Gauvin, S. (2007). « Du mort et du vivant », dans Jean-Baptiste Thoret, *Politique des zombies : L'Amérique selon George A. Romero*. Paris.
- Geller, T. (2008). "Overcoming the Uncanny Valley." *Computer Graphics and Applications*, IEEE 28(4): 11-17.
- Gerhard, M., Moore, D., & Hobbs, D. (2001). "Continuous presence in collaborative virtual environments: Towards the evaluation of a hybrid avatar-agent model for user representation." *Proceeding of the international Conference on Intelligent Agents*: 137-153.
- Geslin, E. (2012). *Method of induction of basic and complex emotions in video games and virtual environments*. SIGGRAPH Asia 2012 Courses. Singapore, Singapore, ACM: 1-70.
- Geslin, E., S. Bouchard and S. Richir (2011). "gamers' Versus non-gamers' emotional response in Virtual reality." *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation* Volume 4(Issue 4): 489 - 493.
- Ghania, J. A. and S. P. Deshpandeb (1994). "Task Characteristics and the Experience of Optimal Flow in Human—Computer Interaction." *The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied* 128(4): 381-391.
- Girardon, N. and H. Dorey (2011). "L'adolescence ou la peur du monstre." *Enfances & Psy* 51: 92-102.
- Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*. New York, Bantam Books.
- Gould, E., A. J. Reeves, M. S. A. Graziano and C. G. Gross (1999). "Neurogenesis in the Neocortex of Adult Primates." *Science* 286(5439): 548-552.
- Grumbach, A. (2003). *Cognition Virtuelle*. Paris, GET / ENST.
- Guardiola, E. and S. Natkin (2005). "Game Theory and video game, a new approach of game theory to analyze and conceive game systems." *CGAMES'05*.

- Guillaume, P. (1999). *La psychologie de la forme*, Flammarion.
- Gunewerda, C. N. Z., F.J. (1997). "Social presence as a predictor of satisfaction within a computer-mediated conferencing environment." *The American Journal of Distance Education* 11(3): 8-26.
- Harré, R. (1986). "The social construction of emotions." Basil Blackwell.
- Harrison NA, S. T., Rotshtein P, Dolan RJ, Critchley HD (2006). "Pupillary contagion: central mechanisms engaged in sadness processing." *Soc Cogn Affect Neuroscience* 1(1): 5-17.
- Harrison NA, W. C., Critchley HD (2007). "Processing of observed pupil size modulates perception of sadness and predicts empathy." *Emotion* 7(4): 724-729.
- Harvey-Girard, E. (2011). "Portrait de neurone." from http://www.apteronote.com/revue/neurone/article_77.shtml.
- Hatfield, E. (1993). *Emotional Contagion*, Cambridge University Press.
- Hayashida, K. and R. Kodama (1986). *Alex Kidd*. Japan, Sega.
- Hebb, D. O. (1949). "The organization of behavior." New York : Wiley.
- Heidegger (1986). *être et temps*, Gallimard.
- Heilig, M. L. (1962). *Sensorama simulator*, Google Patents.
- Held, R. M., and Nathaniel I. Durlach (1992). "Telepresence", *Presence: Teleoperators and Virtual Environments.* 1 1: 109-112.
- Helmholtz, H. (1868). *Théorie physiologique de la musique, fondée sur l'étude des sensations auditives*.
- Henri, B. (1911). *La conscience et la vie*.
- Heutte, J. and F. Fenouillet (2010). Proposition pour une mesure de l'expérience optimale (état de Flow) en contexte éducatif. U. d. A. IUFM Nord-Pas de Calais.
- Holaka, S. L. and W. J. Havlenab (1998). "Feelings, Fantasies, and Memories: An Examination of the Emotional Components of Nostalgia." *Journal of Business Research* 42: 217-226.
- Holmes, O. W. (1859). "The stereoscope and the stereograph." *The Atlantic Monthly* 3.
- Huang, M., & Alessi, N (1999). *Presence as an emotional experience. Medecine meets virtual reality : The convergence of physical and informational technologies options for a new era in healthcare*. I. Press. Amsterdam.
- Huiberts, S. (2010). *Captivating sound the role of audio for immersion in computer games*, University of Portsmouth.
- IGN. (2012). "Peter Molyneux - Peter Molyneux on emotion in games." from

- <http://uk.ign.com/videos/2010/04/07/peter-molyneux-stars-peter-molyneux-on-emotion-in-games>.
- Ijsselstein, W. A., H. de Ridder, J. Freeman and S. E. Avons (2000). *Presence: Concept, determinants and measurement*, Citeseer.
- Insko, E. and L. Bolinger (1993). "Mapping of the radiofrequency field." *Journal of magnetic resonance. Series A* 103(1): 82-85.
- Isaacson, R. L. (1980). "A perspective for the interpretation of limbic system function." *Physiological Psychology*.
- Jackson, P. L., A. N. Meltzoff and J. Decety (2004). "How do we perceive the pain of others? A window into the neural processes involved in empathy." *Social Cognitive Neuroscience, Institute for Learning and Brain Sciences, University of Washington* 24(NeuroImage): 771 – 779.
- James, W. (1884). *La théorie de l'émotion*, Editions L'Harmattan.
- James, W. (1884). "What is an emotion." *Mind* 188-205.
- Jandrok, T. (2011). "Transfinitude et mort dans les FPS." *Etudes sur la mort* 139: 39-50.
- Jandrok, T. (2011). "Transfinitude et mort dans les FPS." *Etudes sur la mort*(1): 39-50.
- Jazonc, R. (1980). "Sentiments et pensées : les préférences n'ont pas besoin d'inférences."
- Jenova, C. (2007). "Flow in Games (and Everything Else)." *Communication of the ACM magazine* 50(4): 31.
- Jervolino, D. (2001). "Communisme de la finitude, éthique de la libération, paradigme de la traduction." *Actuel Marx*(1): 177-185.
- Johnson-Laird, P. N. and K. Oatley (1992). "basic emotions, rationality and folk theory." *Cognition and Emotion* 6(201-23).
- Jouvent, R. (2009). *Le cerveau magicien*. Paris, Odile Jacob.
- Judson, H. (1930). "Localization of function in the nervous system." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 16(10): 643.
- Jung, C. G. (1933). *Modem man in search of a soul*. New York: Hartcourt, Brace and World.
- Kant, E. (2004). "Critique de la raison pure." PUF 7e éd. Quadrige.
- Keysers, C. X., D. K.; Foldiak, P.; Perrett, D. I. (2001). "The speed of sight." *Neuroscience* 13: 90-101.
- Kistler, A., C. Mariauzouls and K. von Berlepsch (1998). "Fingertip temperature as an indicator for sympathetic responses." *International Journal of Psychophysiology* 29(1): 35-41.
- Klinger, E. (2006). *Apports de la réalité virtuelle à la prise en charge de troubles cognitifs et*

comportementaux. Docteur, Ecole Doctorale d'informatique, Télécommunication et Electroniques de Paris.

Klüver, H. and P. C. Bucy (1937). ""Psychic blindness" and other symptoms following bilateral temporal lobectomy in Rhesus monkeys." *American Journal of Physiology* 119: 352-353.

Kohler, W. (1929). *La psychologie de la forme*, Gallimard.

Krauss, M., Scheuchenpflug, R., Piechulla, W., & Zimmer, A. (2001). "Measurement of Presence in Virtual Environments." Lengerich: Pabst Science Publishers(Experimentelle Psychologie).

Kumar, N. B., I. (2002). "Para-social presence and communication capabilities of a website: A theoretical perspective." *e-Service journal* 1(3): 5-24.

Laarni, J., Ravaja, N. & Saari, T. (2003). Using eye tracking and psychophysiological methods to study spatial presence. *Proceeding of the 6th International Workshop on Presence*. Aalborg, Denmark.

Lacan, J. (1986). "L'Éthique de la psychanalyse." *Le Séminaire Livre VII*(ibid): 222.

Larsen, R. J. and E. Diener (1992). "Promises and problems with the circumplex model of emotion."

Larsson, P. V., D. & Kleiner, M (2001). "The actor-observer effect in virtual reality presentations." *CyberPsychology and Behaviour* 4: 239-246.

Lazarro, N. (2012). "Emotions and video game." from <http://www.slideshare.net/NicoleLazzaro/gsm-lazzaro-emotion-games-slides-100n20120620>.

Lazarus, R. S. (1999). *Stress and emotion*. New York, NY 10036, Springer publishing compagny, Inc.

Le Diberder, A. and F. Le Diberder (1998). *L'univers des jeux vidéo*, La Découverte, 1998.

LeDoux, J. (1999). *The Emotional Brain*. London.

LeDoux, J. (2005). *Le cerveau des émotions*, Odile Jacob.

LeDoux, J., C. E, X. Piera and R. Andrew (1990). "The lateral amygdaloid nucleus: sensory interface of the amygdala in fear conditioning." *The Journal of neuroscience* 10(4): 1062-1069.

LeDoux, J., E. Sakaguchi and A. Reis (1983). "Strain differences in fear between spontaneously hypertensive and normotensive rats." *Brain research* 277(1): 137-143.

LeDoux, J. E., J. Iwata, P. Cicchetti and D. Reis (1988). "Different projections of the central amygdaloid nucleus mediate autonomic and behavioral correlates of conditioned fear." *The Journal of neuroscience* 8(7): 2517-2529.

- Lee, J. J. (2007). "Emotion and Sense of Telepresence : The Effects of Screen Viewpoint , Self-transcendence Style , and NPC in a 3D Game Environment." *Environment*: 393-400.
- Lee, K. M. (2003). What is presence and why it occurs. Paper presented at the 6th annual international workshop on presence. Aalborg, Denmark.
- Lehman-Wilzig, S. and N. Cohen-Avigdor (2004). "The natural life cycle of new media evolution Inter-media struggle for survival in the internet age." *New Media & Society* 6(6): 707-730.
- Lessiter, J., Freeman, J., Keogh, E., Davidoff, J. (2001). "A croos-media presence questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory." *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 10: 282-298.
- Levy-Schoen, A. (1974). "Le champ d'activité du regard : données expérimentales." *L'année psychologique* 74(1): 43-65.
- Lévy, P. (1995). *Sur les chemins du virtuel*, Département Hypermédias, Université Paris.
- Lévy, P. (2002). *Cyberdémocratie: essai de philosophie politique*, Éditions O. Jacob.
- Likert, R. (1974). "The method of construction an attitude scale." *Scaling: a sourcebook for behavioral scientists* University of Michigan.
- Lombard, M. and T. Ditton (1997). *At the Heart of It All: The Concept of Presence* *Journal of Computer-Mediated Communication*. F. Biocca and W. Robinson. 3.
- Lombard, M. D., Ph U, Temple Gil-egui, Gisela U, Temple (1997). "Measuring presence : A literature-based approach to the developpement of a standardized paper-and pencil instrument."
- MacLean, P. D. (1949). "Psychosomatic disease and the" visceral brain": Recent developments bearing on the Papez theory of emotion." *Psychosomatic Medicine* 11(6): 338-353.
- MacLean, P. D. (1952). "Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain)." *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*.
- MacLean, P. D. (1985). "Evolutionary psychiatry and the triune brain." *Psychological Medicine* 15(02): 219-221.
- Mair, G. M. (2007). "Towards Transparent Telepresence." *Ergonomics*: 300-309.
- Malthête, J. and M. Marié (1997). *Georges Méliès, l'illusioniste fin de siècle?*, Presses Sorbonne Nouvelle.
- Martins, D. (1985). "Influence des états émotionnels dans les activités de mémorisation, de rappel, d'identification et de production de matériels verbaux." *L'année psychologique* 85(4):

577-597.

Maslow, A. H. (1943). "A theory of human motivation." *Psychological Review* 50(4): 370.

McGaugh, J. L., Introini-Collison, I.B., Cahill, L.F., Castellano, C., Dalmaz, C., Parent, M.B., and Williams, C.L. (1993). "Neuromodulatory systems and memory storage: Role of the amygdala. ." *Behavioural Brain Research* 58(81-90).

McIntee, D. (2005). *Beautiful Monsters : The Unofficial and Unauthorized Guide to the Alien and Predator Films*.

Meehan, M., B. Insko, M. Whitton and F. P. Brooks Jr (2002). Physiological measures of presence in stressful virtual environments. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, ACM.

Melzer, J. E., F. T. Brozoski, T. R. Letowski, T. H. Harding and C. E. Rash (2009). "Guidelines for HMD design." *Helmet-Mounted Displays: Sensation, Perception and Cognition Issues*: 805-848.

Michaud, S., S. Bouchard, X. Z. Dumoulin and P. Renaud (2004). "Manipulating presence and its impact on anxiety." *Journal of CyberTherapy and Rehabilitation*.

Milgram, S. (1963). "Behavioral study of obedience." *Journal of Abnormal and Social Psychology* 67: 371-378.

Mine, D. and M. R. Isaac (1995). "A virtual environment tool for the interactive construction of virtual worlds." *Departement of Computer Science, University of North Carolina, Chapel Hill*(NC 27599-3175 TR95-020).

Minsky, M. (1980). "Telepresence." *OmniPres* June: 45-51.

MJV, M. d. j. v. (2012). "Personnalité." from <http://www.museedujeuvideo.com/personnalite/david-cage-0>.

Mori, M. (1970). "The Uncanny Valley." *Energy* 7(4): 33-35.

Mou, W. and T. P. Mcnamara (2002). "Intrinsic Frames of Reference in Spatial Memory." *Cognition* 28(1): 162-170.

Murray, C., Arnold, P., & Thornton, B. (2000). "Presence accompanying induced hearing loss: implications for immersive virtual environment." *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 9: 137-148.

Nakamura, J. and M. Csikszentmihalyi (2002). "The Concept of Flow." *Handbook of positive Psychology* - Oxford University Press: 89-.

Natkin, S. (2004). *Jeux vidéo et médias du XXIe siècle: Quels modèles pour les nouveaux loisirs numériques ?*, Vuibert informatique.

Natkin, S. (2010). "Interactivity in Games: The Player's Engagement." *Cultural Computing*: 160-168.

- Natkin, S. and S. Genvo (2006). *Les jeux de demain : télévision ou cinéma interactif ?*, Editions L'Harmattan.
- Nazoz F, L. C., Alvarez K, Finkelstein N (2003). "Emotion Recognition from Physiological Signals for User Modeling of Affect." *International Journal of Cognition, Technology and Work Special issue on Presence*(6(1)).
- Nichols, S., Haldane, C., & Wilson, J. R. (2000). "Measurement of presence and its consequences in virtual environments." *International Journal of Human Computer Studies* 52: 471-491.
- Nietzsche (1878). *Humain trop humain*, Le livre de poche.
- Niklas, R., S. Mikko, H. Jussi, S. Timo, L. Jari and J. Aki (2004). "Emotional response patterns and sense of presence during video games." 339-347.
- Nonin. (2012). "Pulse Oxymetry." from <http://www.nonin.com/Index.aspx>.
- Nowak, K. L., & Biocca, F. (2003). "The effect of the agency and antropomorphism on users's sense of telepresence, copresence, and social presence in virtual environments." *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 12: 2-35.
- O'Keefe, j. (1978). *The Hippocampus as a Cognitive Map*.
- O'Regan, K. (2003). "Emotion and e-learning." *Journal of Asynchronous learning networks* 7(3): 78-92.
- Oaten, M., Stevenson, R. J., & Case, T. I. (2009). "Disgust as a Disease-Avoidance " Mechanism. *Psychological Bulletin* 135((2)): 303-321.
- OculusVR. (2013). "Oculus Rift HMD." from <http://www.oculusvr.com/>.
- Ogden, C. K. and I. A. Richards (1923). *The meaning of meaning*. Londres.
- Öhman, A. (2000). "). Fear and anxiety: Evolutionary, cognitive, and clinical perspectives. ." In M. Lewis & J. M. Haviland-Jones (Eds.). *Handbook of emotions*: 573-593.
- Osgood, C. E. (1975). *The measurement of meaning*, Ninth printing.
- Oshii, M. (2001). *Avalon*. Japon, A-Film Distribution ; Miramax (Amérique du Nord).
- Oury, J. (2008). *La psychose, la mort, l'institution*. Paris, Editions Hermann.
- Panksepp, J. (2003). "At the interface of the affective, behavioral, and cognitive neurosciences: Decoding the emotional feelings of the brain." *Brain and Cognition* 52: 4-14.
- Papez, J. W. (1937). "A proposed mechanism of emotion." *Archives of Neurology and Psychiatry* 38(4): 725.
- Parent, A. (1998). "A virtual environment task analysis workbook for the creation and evaluation of virtual art exhibits." national Research Council Canada Technical report NRC 41557 ERB-1056.

- Park, S.-A. A. J. a. N. (2009). "Parasocial Interaction with My Avatar: Effects of Interdependent Self-Construal and the Mediating Role of Self-Presence in an Avatar-Based Console Game, Wii." *CyberPsychology & Behavior* 12(6): 723-727.
- Parlett, D. (1999). *The Oxford history of board games*, Oxford University Press Oxford^ eUK UK.
- Pavlov, I. P. (1963). *Réflexes conditionnels et inhibition*. Genève, Gonthier.
- Pavlov, I. P. (1997). *Conditionned reflexes*. New York.
- Pearcea, J. M., M. Ainleyb and S. Howarda (2005). "The ebb and flow of online learning." *Computers in Human Behavior* 21(5): 745–771.
- Pedro Gamito, J. O., Diogo Morais, André Baptista, Nuno Santos, Fábio Soares, Tomaz Saraiva and Pedro Rosa (2010). "Training presence: the importance of virtual reality experience on the "sense of being there"." *Stud Health Technol Inform* 154: 128-133.
- Perls, F., Hefferline, R., & Goodman, P. (2001). *Gestalt thérapie. La technique. Techniques d'épanouissement personnel*. Montréal, Stanké.
- Perrett, P.-V. (2000). "Consistency and individual differences in facial attractiveness judgements : An evolutionary perspective." *University of St. Andrews, ROYAUME-UNI* 67: 219-244.
- Perron, B. (2005). *A Cognitive Psychological Approach to Gameplay Emotions*. . DIGRA 2005 International Conference. Vancouver, Canada.
- Pidoux, B. (2007). *Electro-encéphalogramme : bases électrophysiologiques. Le sommeil et sa pathologie*, Université Paris VI Diplôme Inter-Universitaire.
- Pillai, J. (2013). *EVOKED REALITY: FROM DREAMS TO SIMULATIONS, A Framework of Reality with Reference to Presence*. Doctor, Arts et Métiers.
- Pillai, J. S., C. Schmidt and S. Richir (2013). "Achieving presence through evoked reality." *Frontier in Consciousness research*.
- Pimentel, K. and T. Kevin (1994). *La Réalité Virtuelle...De L'autre Côté Du Miroir.*, Addison Wesley France.
- Platon (360 AD). *Lois*. Paris, GF Flammarion.
- Platon (370 AD). *Phèdre*, Flammarion.
- Plutchik, R. (1980). *Emotion, a psychoevolutionary synthesis*. New York, Harper & Row.
- Posner, J., J. A. Russell and B. S. Peterson (2005). "The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology."

Development and Psychopathology 17: 715–734.

Poupyrev, I., S. Weghorst, M. Billinghurst and T. Ichikawa (1996). "The gogo interaction technique non-linear mapping for direct manipulation in vr." In Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '96): 79–80.

Prudhomme, J., C. Perrault and C. Sandra. (2001). "La gestalt thérapie : l'art de la prise de conscience de soi " UQÀM.

Pugnetti, L., L. Mendozzi, E. Barbieri, F. Rose and E. Attree (1996). Nervous system correlates of virtual reality experience. Proceedings of the first European conference on disability, virtual reality and associated technology.

Puzniak, M. (2002). "L'art et la technologie."

R. Lazarus, S. F. (1984). "Stress, appraisal and coping." New York, Springer.

Ravaja, N. (2002). Presence-related influences of a small talking facial image on psychophysiological measures of emotion and attention. 5th International Workshop on Presence.

Ravaja, N., T. Saari, M. Turpeinen, J. Laarni, M. Salminen and M. Kivikangas (2006). "Spatial Presence and Emotions during Video Game Playing: Does It Matter with Whom You Play?" Presence: Teleoperators & Virtual Environments 15(4): 381-392.

RavenSoftware (2005). Quake 4. Quake, Id Software. Activision.

Reeves, B. (1991). "Being there: Television as symbolic versus natural experience." Stanford University, Institute for Communication Research, Stanford, CA. Unpublished manuscript.

Reiss, S., J. Wiltz and M. Sherman (2001). "Trait motivational correlates of athleticism." Personality and Individual Differences 30(7): 1139-1145.

Rheinberg, F. and R. Vollmeyer (2003). "Flow-Erleben in einem Computerspiel unter experimentell variierten Bedingungen." Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology 211(4): 161-170.

Ritsumeikan. (2013). "Ritsumeikan University." from <http://www.ritsumei.ac.jp/eng/>.

Riva, G., F. Mantovani, C. S. Capideville, A. Preziosa, F. Morganti, D. Villani, A. Gaggioli, C. Botella and M. Alcañiz (2007). "Affective interactions using virtual reality: the link between presence and emotions." 10(1): 45-56.

Robinson, M. D. and G. L. Clore (2002). "Belief and feeling: evidence for an accessibility model of emotional self-report." Psychological bulletin 128(6): 934.

- Rohrer, J. (2007). Passage. USA.
- Rufat, S. and H. T. Minassian (2011). Les jeux vidéo comme objet de recherche. France.
- Russell, J. A. (1980). "A circumplex Model of affect." *Journal of personality and social Psychology* 39(6): 1161-1178.
- Russell, J. A. (2003). "Core affect and the psychological construction of emotion." *APA PsycNET American Psychological Association* 110(1): 145-172.
- S. Schachter, J. S. (1962). "Cognitive, social, and physiological determinants of emotional states." *Psychological Review* 69, 379-99.
- Saarinen, T. (2011). Emotional Matters delineating game industry professional's view on emotion in video games. Master's thesis, University of Tampere.
- Sanchez-Vives, M. S., M. (2005). "From presence to consciousness through virtual reality." *Nature Reviews Neuroscience* 6(4): 332-339.
- Sartre, J.-P. (1945). *L'existentialisme est un humanisme*, Gallimard.
- Sas., Corina., O'Hare. and G. M. P. (2003). "Presence Equation: An Investigation into Cognitive Factors Underlying Presence." 12(5): 523-537.
- Schacter, D. L., and Graf, P. (1986). "Effects of elaborative processing on implicit and explicit memory for new associations." *Journal of experimental Psychology Learning, Memory and Cognition*(12 (3)): 432-444.
- Schell, J. (2008). *The Art of Game Design: A book of lenses*, Morgan Kaufmann.
- Scherer, K. R. (1984). "Multimodal Expression of Emotion: Affect Programs or Componential Appraisal Patterns? ." from <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WYF-4NCPWJR-G/2/20636708a9cdd1f8f698861767601154>.
- Schiller, F. (2004). *On the aesthetic education of man*, Dover Publications.
- Schroeder, R. S., A. Axelsson, A-S. Heldal, L; Abelin, A. Wideström, & al. (2001). "Collaborating in networked immersive spaces: As good as being there together?" *Computer and graphics* 25: 781-788.
- Schubert, T. W., F. Friedmann and H. T. Regenbrecht (1999). *Decomposing the sense of presence: Factor analytic insights*.
- Seligman, M. E. (1975). *Helplessness: On depression, development, and death*, WH Freeman/Times Books/Henry Holt & Co.
- Seyama, J. i. and R. S. Nagayama (2007). "The uncanny valley: Effect of realism on the impression of artificial human faces." *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 16(4): 337-351.

- Shaw, J. (1989). "The Legible City." from <http://www.digitalartconservation.org/index.php/fr/exposition/artistes/nnnnnjeffrey-shaw.html>.
- Sheridan, T. B. (1992). "Musings on telepresence and virtual presence." *Presence: Teleoperators and virtual environments* 1: 120-126.
- Sheridan, T. B. (1996). "Further musings on the psychophysics of presence " *Presence: Teleoperators and virtual environments* 5.
- Sherman, G. D. J. H. (2011). "Cuteness and Disgust: The Humanizing and Dehumanizing Effects of Emotion." *Emotion Review* 3: 245-251.
- Shiori Amemiya and K. Ohtomo (2012). "Effect of the observed pupil size on the amygdala of the beholders." *Social Cognition and Affective Neuroscience* 7(3): 332-341.
- Shirai, A., E. Geslin and S. Richir (2007). WiiMedia: motion analysis methods and applications using a consumer video game controller. *Sandbox '07 Proceedings of the 2007 ACM SIGGRAPH symposium on Video games*. San Diego, ACM New York, NY USA: 133-140.
- Short, J. W., E. & Christie, B (1976). *The social psychology of telecommunications*. London, John Wiley & Sons.
- Sierra, V. (2011). *Constructing a Stereo Pipeline from Scratch: Lessons Learned from Disney's "The Secret of the Wings"*. *Siggraph ASIA*. A. S. ASIA. Singapore, ACM Siggraph.
- Siggraph. (2013). "Siggraph Asia." from <http://www.siggraph.org/>.
- Skynner, R. C., John (1993). *Families And How To Survive Them*, Cedar Books; New edition edition.
- Slate (2011). "Pourquoi 90% des joueurs ne finissent pas les jeux vidéo." *Slate.Fr*.
- Slater, M. (2003). A note on presence terminology. *Presence connect*. 3.
- Slater, M. (2009). "Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments." *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 364(1535): 3549-3557.
- Slater, M. (2009). "Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments." *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 364(1535): 3549-3557.
- Slater, M., A. Antley, A. Davison, D. Swapp, C. Guger, C. Barker, N. Pistrang and M. Sanchez-Vives (2006). " A virtual reprise of the Stanley Milgram obedience experiments." *PLoS ONE* 1(39).
- Slater, M., A. Brogni and A. Steed (2003). *Physiological Responses to Breaks in Presence: A Pilot Study*. *Presence 2003: The 6th Annual International Workshop on Presence*.

- Slater, M. and A. Steed (2000). "A Virtual Presence Counter." *Presence: Teleoperators and virtual environments* 9(5): 413-434.
- Slater, M., M. Usoh and A. Steed (1994). "Depth of presence in virtual environments." *Presence: Teleoperators and virtual environments* 3(2): 130-144.
- Slater, M. L., B. Arnold, M. M. Sanchez-Vives, M. V. Icrea-Idibaps, B. (2009). "How we experience immersive virtual environments: the concept of presence and its measurement." *Anuario de Psicología* 40(2): 193-210.
- Smith, C. A., & Ellsworth, P.C (1985). "Patterns of cognitive appraisal in emotion." *Journal of personality and social Psychology* 48: 237-295.
- Smith, S. P. and S. Du'Mont (2009). "Measuring the Effect of Gaming Experience on Virtual Environment Navigation Tasks." *IEEE Symposium on 3D User Interfaces*.
- Spinoza (1677). *Ethique partie trois, propositions 9 à 11*.
- Spinoza (1677). *L'Éthique, Folio*.
- Sprengelmeyer, R. R., M; Eysel, U. T.; Przuntek, H. (1998). "Neural structures associated with recognition of facial expressions of _basic_emotions." *Biological_Sciences* 265(1409): 1927-1931.
- Squire, K. D. (2003). "Video games in education." *Int. J. Intell. Games & Simulation* 2(1): 49-62.
- Steenkamp, J.-B. E., H. Baumgartner and E. Van der Wulp (1996). "The relationships among arousal potential, arousal and stimulus evaluation, and the moderating role of need for stimulation." *International Journal of Research in Marketing* 13(4): 319-329.
- Sternberger, L. (2006). *Interaction en réalité virtuelle*, Université Louis Pasteur de Strasbourg 1.
- Steuer, J. (2006). "Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence." *Journal of communication* 42(4): 73-93.
- Stevens, B., Heathcote, D., & Callear, D. (2002). "Putting the virtual into reality: Assessing object-presence with projection-augmented models." *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 11: 79-92.
- Sutherland, I. E. (1965). "The ultimate display." *Multimedia: From Wagner to virtual reality*.
- telepresenceoptions. (2013). "Panorama Mesdag: A physical place of enchanting illusion." from http://www.telepresenceoptions.com/2011/05/panorama_mesdag_a_physical_pla/.
- Thie, S. V. V., J. (1998). "A general theory on presence: Experimentation evaluation of social virtual presence in decision making task." Paper presented at *Presence in Shared Virtual*

Environments Workshop, University College London.

Tisseau, J. (2001). *Réalité virtuelle : autonomie in virtuo.*, Université de Rennes I (France).

Tomkins, S. S. (1995). *Studies in Emotion & Social Interaction*. United States of America, The press Syndicate of the University of Cambridge.

Tu, C.-H. (2002). "The measurement of social presence in an online learning environment." *International Journal of E-Learning* 1(2): 34-45.

Ubisoft. (2013). "Ubisoft Home." from <http://www.ubi.com/fr/>.

University, K. (2013). "KAIT University." from <http://www.kait.jp/english/>.

University, M. (2011). "Detecteurs sensoriels", from http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a_02/a_02_cl/a_02_cl_vis/a_02_cl_vis.html.

Usuh, M., E. Catena, S. Arman and M. Slater (2000). "Using presence questionnaires in reality." *Presence: Teleoperators and virtual environments* 9(5): 497-503.

Valentine, G. (1989). "The geography of women's fear." *Area*: 385-390.

Van Baren, J. and W. IJsselsteijn (2004). "Measuring Presence: A Guide to Current Measurement Approaches." *OmniPres Project IST*.

Van Baren, J. and Wijnand. (2004). "Measuring presence : A guide to current measurement approaches."

Virtual, L. (2013). "International conference & exhibition on virtual reality & converging technologies." from <http://www.laval-virtual.org/#Home>.

Von Eckardt, B. (1996). *What Is Cognitive Science?*

Wachowski, A. and L. Wachowski (1999). *The Matrix*. Etats-Unis.

Wang Y., O. K., Liu T., Kim S. et Bowman D. (2006). "Evaluating the effect of real world distraction on user performance in virtual environments." In *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*: 19-26.

Waterworth, J. A., G. Riva and E. L. Waterworth (2003). *The Strata of Presence: Evolution, Media, and Mental States*. *Proceedings of the Presence 2003*, Aalborg, Denmark, Aalborg University.

Watson, B. (1968). *The complete works of Chuang Tzu*, Columbia University Press.

Watson, D., D. Wiese, J. Vaidya and A. Tellegen (1999). "The two general activation systems of affect: Structural findings, evolutionary considerations, and psychobiological evidence." *Journal of personality and social Psychology* 76(5): 820.

Wesołowski, J. (2012). "Beyond Pacing: Games Aren't Hollywood." *UBM Techweb*.

Wicker, B. K., C.; Plailly, J.; Royet, J. P.; Gallese, V.; Rizzolatti, G. (2003). "Both of us disgusted in my insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust." *Neuron* 40(3):

655-664.

Winkler, S., A. Sharma and D. McNally (2001). Perceptual video quality and blockiness metrics for multimedia streaming applications. Proc. International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, Citeseer.

Wirth, W., P. Vorderer, T. Hartmann, C. Klimmt, H. Schramm and S. Böcking (2003). Constructing presence: Towards a two-level model of the formation of spatial presence experiences.

Wirth, W., P. Vorderer, C. Klimmt, F. R. Gouveia, F. Biocca, A. Sacau, L. Jäncke, T. Baumgartner and P. Jäncke (2007). "A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences." *Media Psychology* 9: 493-525.

Witmer, B. G. and M. F. Singer (1994). Measuring presence in virtual environments. ARI Technical Report. Alexandria, VA, Army Research Inst For The, Behavioral Social Sciences.: 783-784.

Witmer, B. G. and M. J. Singer (1998). "Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire." *Presence: Teleoperators and virtual environments* 7(3): 225-240.

Wolf, M. J. (2002). "The medium of the video game."

Wolpe, J. (1977). "Inadequate behavior analysis: The Achilles heel of outcome research in behavior therapy." *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 8(1): 1-3.

Youngblut, C. P., B.M. (2002). Investigating the relationship between presence and performance in virtual environments. Image 2002 Conference. Arizona.

Zillmann, D. W., Daniel M. (Ed); Pennebaker, James W. (Ed), (1993). *Mental control of angry aggression*, American Psychological Association.

Zimmerman, E. and K. Salen (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*, Mit Press.

Zola-Morgan, S., Squire, L.R., and Amaral, D.G (1986). "Human Amnesia and the medial temporal region: Enduring memory impairment following a bilateral lesion limited to field CA1 of the hippocampus." *Journal of neuroscience* 6(2950-67).

Zone, R. (2007). *Stereoscopic Cinema and the origins of 3-D Film, 1838-1952*, University Press of Kentucky.

Zyda, M. (2005). "From visual simulation to virtual reality to games." *Computer* 38(9): 25-32.

Annexes

Résultats des ANOVAs et statistiques de l'expérimentation N°1 « Fear Theory » :

Tableaux croisés

Récapitulatif du traitement des observations

	Observations					
	Valide		Manquante		Total	
	N	Pourcent	N	Pourcent	N	Pourcent
Age * Videogamer	141	99,3%	1	,7%	142	100,0%
Sexe * Videogamer	141	99,3%	1	,7%	142	100,0%
Sensible * Videogamer	141	99,3%	1	,7%	142	100,0%

Age * Videogamer

Tableau croisé

Effectif

		Videogamer		Total
		oui	non	
Age	12-25 ans	44	15	59
	26-35 ans	16	11	27
	36-50 ans	21	34	55
	Total	81	60	141

Tests du Khi-deux

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	15,468 ^a	2	,000
Rapport de vraisemblance	15,786	2	,000

Association linéaire par linéaire	15,285	1	,000
Nombre d'observations valides	141		

a. 0 cellules (,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 11,49.

Sexe * Videogamer

Tableau croisé

Effectif

		Videogamer		Total
		oui	non	
Sexe	Femme	22	26	48
	Homme	59	34	93
	Total	81	60	141

Tests du Khi-deux

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)	Signification exacte (bilatérale)	Signification exacte (unilatérale)
Khi-deux de Pearson	4,015 ^a	1	,045	,050	,034
Correction pour la continuité ^b	3,327	1	,068		
Rapport de vraisemblance	3,998	1	,046		
Test exact de Fisher					
Association linéaire par linéaire	3,987	1	,046		
Nombre d'observations valides	141				

a. 0 cellules (,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 20,43.

b. Calculé uniquement pour un tableau 2x2

Sensible * Videogamer

Tableau croisé

Effectif

		Videogamer		Total
		oui	non	
Sensible	oui	36	31	67
	non	45	29	74
	Total	81	60	141

Tests du Khi-deux

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)	Signification exacte (bilatérale)	Signification exacte (unilatérale)
Khi-deux de Pearson	,721 ^a	1	,396	,495	,249
Correction pour la continuité ^b	,460	1	,497		
Rapport de vraisemblance	,721	1	,396		
Test exact de Fisher					
Association linéaire par linéaire	,716	1	,398		
Nombre d'observations valides	141				

a. 0 cellules (,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 28,51.

b. Calculé uniquement pour un tableau 2x2

A 1 facteur

Descriptives

		N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard
Peur 0-21	oui	81	6,62	5,407	,601
	non	60	9,20	5,888	,760
	Total	141	7,72	5,741	,483
Angoisse 0-21	oui	81	5,1235	5,19467	,57719
	non	60	5,8000	5,21666	,67347
	Total	141	5,4113	5,19625	,43760

Surprise 0-21	oui	81	11,8272	6,03902	,67100
	non	60	14,6333	5,32015	,68683
	Total	141	13,0213	5,89124	,49613

Descriptives

		Intervalle de confiance à 95% pour la moyenne			
		Borne inférieure	Borne supérieure	Minimum	Maximum
Peur 0-21	oui	5,42	7,81	0	17
	non	7,68	10,72	0	20
	Total	6,76	8,67	0	20
Angoisse 0-21	oui	3,9748	6,2721	,00	18,00
	non	4,4524	7,1476	,00	19,00
	Total	4,5462	6,2765	,00	19,00
Surprise 0-21	oui	10,4918	13,1625	,00	21,00
	non	13,2590	16,0077	,00	21,00
	Total	12,0404	14,0022	,00	21,00

ANOVA

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés
Peur 0-21	Inter-groupes	229,917	1	229,917
	Intra-groupes	4384,736	139	31,545
	Total	4614,652	140	
Angoisse 0-21	Inter-groupes	15,776	1	15,776
	Intra-groupes	3764,365	139	27,082
	Total	3780,142	140	
Surprise 0-21	Inter-groupes	271,423	1	271,423
	Intra-groupes	4587,514	139	33,004
	Total	4858,936	140	

ANOVA

		F	Signification
Peur 0-21	Inter-groupes	7,289	,008

Angoisse 0-21	Inter-groupes	,583	,447
Surprise 0-21	Inter-groupes	8,224	,005

Test-t

Statistiques de groupe

	Videogame	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Peur 0-21	oui	81	6,62	5,407	,601
	non	60	9,20	5,888	,760
Angoisse 0-21	oui	81	5,1235	5,19467	,57719
	non	60	5,8000	5,21666	,67347
Surprise 0-21	oui	81	11,8272	6,03902	,67100
	non	60	14,6333	5,32015	,68683

Test d'échantillons indépendants

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes	
		F	Sig.	t	ddl
Peur 0-21	Hypothèse de variances égales	,090	,764	-2,700	139
	Hypothèse de variances inégales			-2,666	120,933
Angoisse 0-21	Hypothèse de variances égales	,048	,827	-,763	139
	Hypothèse de variances inégales			-,763	126,980
Surprise 0-21	Hypothèse de variances égales	,144	,704	-2,868	139
	Hypothèse de variances inégales			-2,922	134,805

Test d'échantillons indépendants

		Test-t pour égalité des moyennes		
		Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type
Peur 0-21	Hypothèse de variances égales	,008	-2,583	,957
	Hypothèse de variances inégales	,009	-2,583	,969
Angoisse 0-21	Hypothèse de variances égales	,447	-,67654	,88640
	Hypothèse de variances inégales	,447	-,67654	,88696
Surprise 0-21	Hypothèse de variances égales	,005	-2,80617	,97853
	Hypothèse de variances inégales	,004	-2,80617	,96020

Test d'échantillons indépendants

		Test-t pour égalité des moyennes	
		Intervalle de confiance 95% de la différence	
		Inférieure	Supérieure
Peur 0-21	Hypothèse de variances égales	-4,474	-,691
	Hypothèse de variances inégales	-4,501	-,664
Angoisse 0-21	Hypothèse de variances égales	-2,42911	1,07603
	Hypothèse de variances inégales	-2,43168	1,07860
Surprise 0-21	Hypothèse de variances égales	-4,74089	-,87145
	Hypothèse de variances inégales	-4,70517	-,90718

Analyse de variance univariée

Facteurs inter-sujets

	Etiquette de valeur	N
Videogamer 1	oui	81
2	non	60

Statistiques descriptives

Variable dépendante: Peur 0-21

Videogamer	Moyenne	Ecart-type	N
oui	6,62	5,407	81
non	9,20	5,888	60
Total	7,72	5,741	141

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Peur 0-21

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	230,125 ^a	2	115,063	3,622	,029
Ordonnée à l'origine	1352,304	1	1352,304	42,563	,000
Age	,209	1	,209	,007	,936
Videogamer	209,159	1	209,159	6,583	,011
Erreur	4384,527	138	31,772		
Total	13010,000	141			
Total corrigé	4614,652	140			

a. R deux = ,050 (R deux ajusté = ,036)

Analyse de variance univariée

Facteurs inter-sujets

	Etiquette de valeur	N
Videogamer 1	oui	81

Facteurs inter-sujets

		Etiquette de valeur	N
Videogamer	1	oui	81
	2	non	60

Statistiques descriptives

Variable dépendante: Peur 0-21

Videogamer	Moyenne	Ecart-type	N
oui	6,62	5,407	81
non	9,20	5,888	60
Total	7,72	5,741	141

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Peur 0-21

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	230,660 ^a	2	115,330	3,630	,029
Ordonnée à l'origine	613,204	1	613,204	19,303	,000
Sexe	,743	1	,743	,023	,879
Videogamer	227,738	1	227,738	7,169	,008
Erreur	4383,993	138	31,768		
Total	13010,000	141			
Total corrigé	4614,652	140			

a. R deux = ,050 (R deux ajusté = ,036)

Analyse de variance univariée

Facteurs inter-sujets

		Etiquette de valeur	N
Videogamer	1	oui	81

Facteurs inter-sujets

		Etiquette de valeur	N
Videogamer	1	oui	81
	2	non	60

Statistiques descriptives

Variable dépendante: Angoisse 0-21

Videogamer	Moyenne	Ecart-type	N
oui	5,1235	5,19467	81
non	5,8000	5,21666	60
Total	5,4113	5,19625	141

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Angoisse 0-21

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	82,638 ^a	2	41,319	1,542	,218
Ordonnée à l'origine	1064,710	1	1064,710	39,738	,000
Age	66,861	1	66,861	2,495	,116
Videogamer	41,611	1	41,611	1,553	,215
Erreur	3697,504	138	26,794		
Total	7909,000	141			
Total corrigé	3780,142	140			

a. R deux = ,022 (R deux ajusté = ,008)

Analyse de variance univariée

Facteurs inter-sujets

		Etiquette de valeur	N
Videogamer	1	oui	81

Facteurs inter-sujets

		Etiquette de valeur	N
Videogamer	1	oui	81
	2	non	60

Statistiques descriptives

Variable dépendante: Angoisse 0-21

Videogamer	Moyenne	Ecart-type	N
oui	5,1235	5,19467	81
non	5,8000	5,21666	60
Total	5,4113	5,19625	141

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Angoisse 0-21

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	25,715 ^a	2	12,857	,473	,624
Ordonnée à l'origine	428,657	1	428,657	15,756	,000
Sexe	9,938	1	9,938	,365	,547
Videogamer	11,445	1	11,445	,421	,518
Erreur	3754,427	138	27,206		
Total	7909,000	141			
Total corrigé	3780,142	140			

a. R deux = ,007 (R deux ajusté = -,008)

Analyse de variance univariée

Facteurs inter-sujets

		Etiquette de valeur	N
Videogamer	1	oui	81

Facteurs inter-sujets

		Etiquette de valeur	N
Videogamer	1	oui	81
	2	non	60

Statistiques descriptives

Variable dépendante: Surprise 0-21

Videogamer	Moyenne	Ecart-type	N
oui	11,8272	6,03902	81
non	14,6333	5,32015	60
Total	13,0213	5,89124	141

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Surprise 0-21

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	401,760 ^a	2	200,880	6,220	,003
Ordonnée à l'origine	2531,033	1	2531,033	78,364	,000
Age	130,337	1	130,337	4,035	,047
Videogamer	138,704	1	138,704	4,294	,040
Erreur	4457,177	138	32,298		
Total	28766,000	141			
Total corrigé	4858,936	140			

a. R deux = ,083 (R deux ajusté = ,069)

Analyse de variance univariée

Facteurs inter-sujets

		Etiquette de valeur	N
Videogamer	1	oui	81

Facteurs inter-sujets

		Etiquette de valeur	N
Videogamer	1	oui	81
	2	non	60

Statistiques descriptives

Variable dépendante: Surprise 0-21

Videogamer	Moyenne	Ecart-type	N
oui	11,8272	6,03902	81
non	14,6333	5,32015	60
Total	13,0213	5,89124	141

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Surprise 0-21

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	282,748 ^a	2	141,374	4,263	,016
Ordonnée à l'origine	1566,309	1	1566,309	47,234	,000
Sexe	11,326	1	11,326	,342	,560
Videogamer	282,460	1	282,460	8,518	,004
Erreur	4576,188	138	33,161		
Total	28766,000	141			
Total corrigé	4858,936	140			

a. R deux = ,058 (R deux ajusté = ,045)

Résultats des ANOVAs et statistiques de l'expérimentation N°2 « Amnesia » :

Tests multivariés^b

Effet		Valeur	D	ddl de l'hypothèse	Erreur ddl	Sig.
temps	Trace de Pillai	,867	111,666 ^a	11,000	188,000	,000
	Lambda de Wilks	,133	111,666 ^a	11,000	188,000	,000
	Trace de Hotelling	6,534	111,666 ^a	11,000	188,000	,000
	Plus grande racine de Roy	6,534	111,666 ^a	11,000	188,000	,000
temps * Joueur	Trace de Pillai	,866	110,685 ^a	11,000	188,000	,000
	Lambda de Wilks	,134	110,685 ^a	11,000	188,000	,000
	Trace de Hotelling	6,476	110,685 ^a	11,000	188,000	,000
	Plus grande racine de Roy	6,476	110,685 ^a	11,000	188,000	,000

a. Statistique exacte

b. Plan : Ordonnée à l'origine + Joueur

Dans le plan des sujets : temps

Test de sphéricité de Mauchly^b

Mesure:MEASURE_1

Effet intra-sujets	W de Mauchly	Khi-deux approché	ddl	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse- Geisser	Huynh-Feldt	Borne inférieure
temps	,008	930,911	65	,000	,567	,590	,091

Teste l'hypothèse nulle selon laquelle la matrice de covariance des erreurs des variables dépendantes orthonormées est proportionnelle à la matrice identité.

a. Peut être utilisé pour ajuster les degrés de libertés des tests de signification centrés. Les tests corrigés sont affichés dans le tableau des Tests des effets intra-sujets

b. Plan : Ordonnée à l'origine + Joueur

Dans le plan des sujets : temps

Tests des effets intra-sujets

Mesure:MEASURE_1

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
temps	Sphéricité supposée	1544,320	11	140,393	52,489	,000
	Greenhouse-Geisser	1544,320	6,236	247,653	52,489	,000
	Huynh-Feldt	1544,320	6,493	237,837	52,489	,000
	Borne inférieure	1544,320	1,000	1544,320	52,489	,000
temps * Joueur	Sphéricité supposée	1811,516	11	164,683	61,571	,000
	Greenhouse-Geisser	1811,516	6,236	290,502	61,571	,000
	Huynh-Feldt	1811,516	6,493	278,987	61,571	,000
	Borne inférieure	1811,516	1,000	1811,516	61,571	,000
Erreur (temps)	Sphéricité supposée	5825,500	2178	2,675		
	Greenhouse-Geisser	5825,500	1234,691	4,718		
	Huynh-Feldt	5825,500	1285,653	4,531		
	Borne inférieure	5825,500	198,000	29,422		

Test d'égalité des variances des erreurs de Levene^a

	D	ddl1	ddl2	Sig.
Card1	3,481	1	198	,064
Card2	21,727	1	198	,000
Card3	62,365	1	198	,000
Card4	6,876	1	198	,009
Card5	23,214	1	198	,000
Card6	12,666	1	198	,000
Card7	11,946	1	198	,001
Card8	27,973	1	198	,000
Card9	54,777	1	198	,000
Card10	51,153	1	198	,000
Card11	17,970	1	198	,000
Card12	19,924	1	198	,000

Teste l'hypothèse nulle que la variance des erreurs de la variable dépendante est égale sur les différents groupes.

a. Plan : Ordonnée à l'origine + Joueur

Dans le plan des sujets : temps

Tests des effets inter-sujets

Mesure:MEASURE_1

Variable transformée: Moyenne

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Ordonnée à l'origine	1,333E7	1	1,333E7	9058954,270	,000
Joueur	458,581	1	458,581	311,581	,000
Erreur	291,414	198	1,472		

Estimations de paramètre

Variable dépendante	Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Limite supérieure
Card1	Constante	76,020	,267	285,043	,000	75,494	76,546
	[Joueur=0]	,400	,377	1,061	,290	-,344	1,144
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card2	Constante	73,487	,109	671,582	,000	73,272	73,703
	[Joueur=0]	,699	,155	4,519	,000	,394	1,004
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card3	Constante	74,561	,099	750,441	,000	74,365	74,757
	[Joueur=0]	-,650	,141	-4,623	,000	-,927	-,373
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card4	Constante	74,667	,184	405,155	,000	74,304	75,030
	[Joueur=0]	-1,255	,261	-4,816	,000	-1,769	-,741
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card5	Constante	74,555	,183	408,148	,000	74,195	74,915
	[Joueur=0]	-,327	,258	-1,265	,207	-,836	,183
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card6	Constante	74,920	,131	573,828	,000	74,663	75,178
	[Joueur=0]	,093	,185	,503	,615	-,271	,457
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card7	Constante	74,986	,132	570,036	,000	74,726	75,245
	[Joueur=0]	-,426	,186	-2,291	,023	-,793	-,059
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card8	Constante	74,960	,183	409,239	,000	74,599	75,321
	[Joueur=0]	1,034	,259	3,991	,000	,523	1,545
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.

Card9	Constante	74,917	,133	562,532	,000	74,654	75,180
	[Joueur=0]	,800	,188	4,247	,000	,428	1,171
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card10	Constante	75,448	,140	538,389	,000	75,172	75,725
	[Joueur=0]	-3,028	,198	-15,280	,000	-3,419	-2,637
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card11	Constante	76,240	,171	445,285	,000	75,902	76,578
	[Joueur=0]	-4,593	,242	-18,970	,000	-5,071	-4,116
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
Card12	Constante	74,894	,118	632,075	,000	74,660	75,128
	[Joueur=0]	-3,237	,168	-19,320	,000	-3,568	-2,907
	[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

Moyennes marginales estimées

1. joueur

Estimations

Mesure:MEASURE_1

Joueur	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
_ 0	74,097	,035	74,028	74,166
. 1	74,971	,035	74,902	75,040

Comparaisons par paire

Mesure:MEASURE_1

(I) Joueur	(J) Joueur	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. ^a	Intervalle de confiance de la différence à 95% ^a	
					Borne inférieure	Limite supérieure
0	1	-,874 [*]	,050	,000	-,972	-,777
1	0	,874 [*]	,050	,000	,777	,972

Basée sur les moyennes marginales estimées

*. La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

Comparaisons par paire

Mesure:MEASURE_1

(I) Joueur	(J) Joueur	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. ^a	Intervalle de confiance de la différence à 95% ^a	
					Borne inférieure	Limite supérieure
0	1	-,874 [*]	,050	,000	-,972	-,777
1	0	,874 [*]	,050	,000	,777	,972

Basée sur les moyennes marginales estimées

*. La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

a. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

2. Temps

Estimations

Mesure:MEASURE_1

temps	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
1	76,220	,189	75,848	76,592
2	73,837	,077	73,684	73,990
3	74,236	,070	74,098	74,375
4	74,039	,130	73,782	74,296
5	74,392	,129	74,137	74,646
6	74,967	,092	74,785	75,149
7	74,773	,093	74,589	74,956
8	75,477	,130	75,222	75,732
9	75,317	,094	75,131	75,503
10	73,934	,099	73,739	74,130
11	73,943	,121	73,705	74,182
12	73,275	,084	73,110	73,441

Comparaisons par paire

Mesure:MEASURE_1

(I) temps	(J) temps	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. ^a	Intervalle de confiance de la différence à 95% ^a
-----------	-----------	-------------------------------	-----------------	-------------------	---

					Borne inférieure	Limite supérieure
1	2	2,383 ⁺	,197	,000	1,994	2,772
	3	1,984 ⁺	,194	,000	1,601	2,366
	4	2,181 ⁺	,242	,000	1,703	2,658
	5	1,828 ⁺	,212	,000	1,411	2,245
	6	1,253 ⁺	,224	,000	,812	1,694
	7	1,447 ⁺	,206	,000	1,041	1,853
	8	,743 ⁺	,253	,004	,244	1,242
	9	,903 ⁺	,205	,000	,498	1,308
	10	2,286 ⁺	,252	,000	1,788	2,783
	11	2,277 ⁺	,226	,000	1,832	2,722
	12	2,945 ⁺	,196	,000	2,559	3,331
2	1	-2,383 ⁺	,197	,000	-2,772	-1,994
	3	-,399 ⁺	,118	,001	-,632	-,166
	4	-,202	,142	,156	-,483	,078
	5	-,555 ⁺	,153	,000	-,856	-,254
	6	-1,130 ⁺	,100	,000	-1,327	-,933
	7	-,936 ⁺	,113	,000	-1,159	-,713
	8	-1,640 ⁺	,162	,000	-1,959	-1,321
	9	-1,480 ⁺	,141	,000	-1,757	-1,203
	10	-,097	,102	,344	-,299	,105
	11	-,106	,113	,349	-,330	,117
	12	,562 ⁺	,142	,000	,282	,841
3	1	-1,984 ⁺	,194	,000	-2,366	-1,601
	2	,399 ⁺	,118	,001	,166	,632
	4	,197	,159	,217	-,117	,511
	5	-,155	,160	,332	-,470	,160
	6	-,730 ⁺	,126	,000	-,980	-,481
	7	-,536 ⁺	,110	,000	-,754	-,318
	8	-1,241 ⁺	,147	,000	-1,531	-,950
	9	-1,081 ⁺	,073	,000	-1,224	-,937
	10	,302 ⁺	,148	,042	,011	,594
	11	,293	,153	,057	-,009	,595
	12	,961 ⁺	,095	,000	,773	1,149
4	1	-2,181 ⁺	,242	,000	-2,658	-1,703
	2	,202	,142	,156	-,078	,483
	3	-,197	,159	,217	-,511	,117

	5	-,352	,189	,063	-,725	,020
	6	-,928 ⁺	,151	,000	-1,225	-,630
	7	-,733 ⁺	,150	,000	-1,029	-,438
	8	-1,438 ⁺	,202	,000	-1,837	-1,038
	9	-1,278 ⁺	,166	,000	-1,605	-,950
	10	,105	,168	,532	-,226	,437
	11	,096	,172	,576	-,242	,434
	12	,764 ⁺	,168	,000	,433	1,095
5	1	-1,828 ⁺	,212	,000	-2,245	-1,411
	2	,555 ⁺	,153	,000	,254	,856
	3	,155	,160	,332	-,160	,470
	4	,352	,189	,063	-,020	,725
	6	-,575 ⁺	,153	,000	-,876	-,274
	7	-,381 ⁺	,132	,004	-,641	-,120
	8	-1,085 ⁺	,206	,000	-1,492	-,679
	9	-,925 ⁺	,162	,000	-1,244	-,606
	10	,458 ⁺	,168	,007	,126	,790
	11	,448 ⁺	,164	,007	,125	,772
	12	1,116 ⁺	,162	,000	,796	1,437
6	1	-1,253 ⁺	,224	,000	-1,694	-,812
	2	1,130 ⁺	,100	,000	,933	1,327
	3	,730 ⁺	,126	,000	,481	,980
	4	,928 ⁺	,151	,000	,630	1,225
	5	,575 ⁺	,153	,000	,274	,876
	7	,194	,142	,172	-,085	,474
	8	-,510 ⁺	,172	,003	-,850	-,170
	9	-,350 ⁺	,148	,019	-,642	-,058
	10	1,033 ⁺	,118	,000	,800	1,265
	11	1,024 ⁺	,135	,000	,757	1,291
	12	1,691 ⁺	,143	,000	1,409	1,974
7	1	-1,447 ⁺	,206	,000	-1,853	-1,041
	2	,936 ⁺	,113	,000	,713	1,159
	3	,536 ⁺	,110	,000	,318	,754
	4	,733 ⁺	,150	,000	,438	1,029
	5	,381 ⁺	,132	,004	,120	,641
	6	-,194	,142	,172	-,474	,085
	8	-,704 ⁺	,161	,000	-1,021	-,388
	9	-,544 ⁺	,117	,000	-,774	-,315

	10	,839 ⁺	,150	,000	,543	1,134
	11	,829 ⁺	,164	,000	,507	1,152
	12	1,497 ⁺	,137	,000	1,226	1,768
8	1	-,743 ⁺	,253	,004	-1,242	-,244
	2	1,640 ⁺	,162	,000	1,321	1,959
	3	1,241 ⁺	,147	,000	,950	1,531
	4	1,438 ⁺	,202	,000	1,038	1,837
	5	1,085 ⁺	,206	,000	,679	1,492
	6	,510 ⁺	,172	,003	,170	,850
	7	,704 ⁺	,161	,000	,388	1,021
	9	,160	,163	,327	-,161	,481
	10	1,543 ⁺	,158	,000	1,232	1,854
	11	1,534 ⁺	,183	,000	1,173	1,894
	12	2,202 ⁺	,151	,000	1,905	2,499
9	1	-,903 ⁺	,205	,000	-1,308	-,498
	2	1,480 ⁺	,141	,000	1,203	1,757
	3	1,081 ⁺	,073	,000	,937	1,224
	4	1,278 ⁺	,166	,000	,950	1,605
	5	,925 ⁺	,162	,000	,606	1,244
	6	,350 ⁺	,148	,019	,058	,642
	7	,544 ⁺	,117	,000	,315	,774
	8	-,160	,163	,327	-,481	,161
	10	1,383 ⁺	,165	,000	1,058	1,708
	11	1,374 ⁺	,181	,000	1,018	1,730
	12	2,042 ⁺	,110	,000	1,824	2,259
10	1	-2,286 ⁺	,252	,000	-2,783	-1,788
	2	,097	,102	,344	-,105	,299
	3	-,302 ⁺	,148	,042	-,594	-,011
	4	-,105	,168	,532	-,437	,226
	5	-,458 ⁺	,168	,007	-,790	-,126
	6	-1,033 ⁺	,118	,000	-1,265	-,800
	7	-,839 ⁺	,150	,000	-1,134	-,543
	8	-1,543 ⁺	,158	,000	-1,854	-1,232
	9	-1,383 ⁺	,165	,000	-1,708	-1,058
	11	-,009	,126	,942	-,258	,240
	12	,659 ⁺	,143	,000	,376	,941
11	1	-2,277 ⁺	,226	,000	-2,722	-1,832
	2	,106	,113	,349	-,117	,330

	3	-,293	,153	,057	-,595	,009
	4	-,096	,172	,576	-,434	,242
	5	-,448*	,164	,007	-,772	-,125
	6	-1,024*	,135	,000	-1,291	-,757
	7	-,829*	,164	,000	-1,152	-,507
	8	-1,534*	,183	,000	-1,894	-1,173
	9	-1,374*	,181	,000	-1,730	-1,018
	10	,009	,126	,942	-,240	,258
	12	,668*	,171	,000	,330	1,006
12	1	-2,945*	,196	,000	-3,331	-2,559
	2	-,562*	,142	,000	-,841	-,282
	3	-,961*	,095	,000	-1,149	-,773
	4	-,764*	,168	,000	-1,095	-,433
	5	-1,116*	,162	,000	-1,437	-,796
	6	-1,691*	,143	,000	-1,974	-1,409
	7	-1,497*	,137	,000	-1,768	-1,226
	8	-2,202*	,151	,000	-2,499	-1,905
	9	-2,042*	,110	,000	-2,259	-1,824
	10	-,659*	,143	,000	-,941	-,376
	11	-,668*	,171	,000	-1,006	-,330

Basée sur les moyennes marginales estimées

*. La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

a. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

2. Joueur*temps

Estimations

Mesure:MEASURE_1

Joueur	temps			Intervalle de confiance à 95%	
				Borne inférieure	Limite supérieure
		Moyenne	Erreur standard		
0	1	76,420	,267	75,894	76,946
	2	74,187	,109	73,971	74,402
	3	73,912	,099	73,716	74,108
	4	73,412	,184	73,048	73,775
	5	74,228	,183	73,868	74,589
	6	75,013	,131	74,756	75,271
	7	74,560	,132	74,300	74,819

	8	75,994	,183	75,633	76,355
	9	75,717	,133	75,454	75,980
	10	72,420	,140	72,144	72,696
	11	71,647	,171	71,309	71,984
	12	71,657	,118	71,423	71,890
1	1	76,020	,267	75,494	76,546
	2	73,487	,109	73,272	73,703
	3	74,561	,099	74,365	74,757
	4	74,667	,184	74,304	75,030
	5	74,555	,183	74,195	74,915
	6	74,920	,131	74,663	75,178
	7	74,986	,132	74,726	75,245
	8	74,960	,183	74,599	75,321
	9	74,917	,133	74,654	75,180
	10	75,448	,140	75,172	75,725
	11	76,240	,171	75,902	76,578
	12	74,894	,118	74,660	75,128

+++++

ANOVA à 2 facteurs

Statistiques descriptives

Variable dépendante : Nbre

Joueur	Emotion	Moyenne	Ecart-type	N
0	1	3,17	1,602	6
	2	3,83	1,169	6
	3	3,83	1,941	6
	Total	3,61	1,539	18
1	1	3,52	1,974	23
	2	4,30	2,098	23
	3	4,00	1,907	23
	Total	3,94	1,992	69
Total	1	3,45	1,882	29
	2	4,21	1,934	29
	3	3,97	1,880	29
	Total	3,87	1,904	87

Test d'égalité des variances des erreurs de

Levene^a

Variable dépendante : Nbre

D	ddl1	ddl2	Sig.
1,428	5	81	,223

Teste l'hypothèse nulle que la variance des erreurs de la variable dépendante est égale sur les différents groupes.

a. Plan : Ordonnée à l'origine + Joueur + Emotion + Joueur * Emotion

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante : Nbre

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	10,500 ^a	5	2,100	,565	,727
Ordonnée à l'origine	814,437	1	814,437	219,088	,000
Joueur	1,563	1	1,563	,421	,519
Emotion	5,558	2	2,779	,748	,477
Joueur * Emotion	,225	2	,112	,030	,970
Erreur	301,109	81	3,717		
Total	1617,000	87			
Total corrigé	311,609	86			

a. R deux = ,034 (R deux ajusté = -,026)

Estimations de paramètre

Variable dépendante : Nbre

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Constante	4,000	,402	9,950	,000	3,200	4,800
[Joueur=0]	-,167	,884	-,189	,851	-1,925	1,592
[Joueur=1]	0 ^a	.	.	.	.	.

[Emotion=1]	-,478	,569	-,841	,403	-1,610	,653
[Emotion=2]	,304	,569	,535	,594	-,827	1,436
[Emotion=3]	0 ^a	.	.	.	.	.
[Joueur=0] * [Emotion=1]	-,188	1,250	-,151	,881	-2,675	2,299
[Joueur=0] * [Emotion=2]	-,304	1,250	-,243	,808	-2,791	2,183
[Joueur=0] * [Emotion=3]	0 ^a	.	.	.	.	.
[Joueur=1] * [Emotion=1]	0 ^a	.	.	.	.	.
[Joueur=1] * [Emotion=2]	0 ^a	.	.	.	.	.
[Joueur=1] * [Emotion=3]	0 ^a	.	.	.	.	.

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

Moyennes marginales

1. Moyenne générale

Variable dépendante : Nbre

Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
		Borne inférieure	Limite supérieure
3,777	,255	3,269	4,284

Estimations

Variable dépendante : Nbre

Joueur	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
0	3,611	,454	2,707	4,515
1	3,942	,232	3,480	4,404

Comparaisons par paire

Variable dépendante : Néré

(I) Joueur	(J) Joueur	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. ^a	Intervalle de confiance de la différence à 95% ^a	
					Borne inférieure	Limite supérieure
0	1	-,331	,510	,519	-1,346	,684
1	0	,331	,510	,519	-,684	1,346

Basée sur les moyennes marginales estimées

a. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

Estimations

Variable dépendante : Nbre

Emotion	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
1	3,344	,442	2,465	4,223
2	4,069	,442	3,190	4,948
3	3,917	,442	3,037	4,796

4. Joueur * Emotion

Variable dépendante : Nbre

Joueur	Emotion	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
				Borne inférieure	Limite supérieure
0	1	3,167	,787	1,601	4,733
	2	3,833	,787	2,267	5,399
	3	3,833	,787	2,267	5,399
1	1	3,522	,402	2,722	4,322
	2	4,304	,402	3,504	5,104
	3	4,000	,402	3,200	4,800

PROCESSUS D'INDUCTION D'EMOTIONS DANS LES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS ET LE JEU VIDEO

RESUME : Les domaines de la réalité virtuelle et du jeu vidéo convoquent les problématiques émotionnelles dans leurs objectifs respectifs de présence et de flow zone. Cependant, la question des méthodologies d'induction d'émotions dans les environnements virtuels de ces médiums n'a pas été largement questionnée. Après avoir défini ce que sont les émotions dans la littérature philosophique, psychologique et physiologiste, nous cherchons à montrer les liens supposés existants entre l'émotion et les états extatiques de présence en réalité virtuelle et de flow zone dans les jeux vidéo. Nous commençons donc par montrer combien le niveau de connaissance des médiums peut influencer la sensibilité aux inductions d'émotions dans les environnements virtuels. Puis nous mettons en place une stratégie inductive d'émotions basée sur une gestion itérative des niveaux de challenge en lien avec les niveaux de compétences acquises.

Nous avons validé au travers de deux expériences empiriques ayant impliquées 176 participants, une méthodologie d'induction d'émotions basée sur un schéma circumplexe. Ce schéma, construit autour de la valence et le niveau de charge émotionnelle, permet d'induire des émotions dans les cinq composantes essentielles de la conception d'environnements virtuels pour la réalité virtuelle ou les jeux vidéo : la chromatique, la luminosité, la vitesse des mouvements, la dimension des espaces et le volume des interactions sociales.

Mots clés : réalité virtuelle, jeu vidéo, émotions, présence, flow zone.

EMOTIONS INDUCTION PROCESS IN VIRTUAL ENVIRONMENTS AND VIDEO GAMES

ABSTRACT : The fields of virtual reality and video games summon the emotional issues in their respective goals of presence and flow area. However the question of methodologies for inducing emotions in virtual environments in these mediums has not yet been widely questioned. After defining what emotions are in the philosophical, as in psychologist and physiologist literature, we seek to show existing links between emotion and states of presence in virtual reality and flow zone in video games. We show how the level of knowledge of the mediums may influence susceptibility to induction of emotions in virtual environments. Then we define a way of inducing emotions based on an iterative level management challenge in relation to the skill level.

We validated through two empirical experiments that involved 176 participants a methodology for inducing emotions based on a circumplex pattern. This scheme built around the valence and arousal level of emotion, able to induce emotions in the five essential items component of the design of virtual environments for virtual reality and video games: color, brightness, movement speed, size of the space, and the volume of social interactions.

Keywords : virtual reality, video games, emotions, presence, flow area.

