



HAL
open science

La création artistique avec immersion et interaction émotionnelles : arts numériques, cinéma, jeu vidéo et réalité virtuelle

Lea Dedola

► **To cite this version:**

Lea Dedola. La création artistique avec immersion et interaction émotionnelles : arts numériques, cinéma, jeu vidéo et réalité virtuelle. Linguistique. Université Lumière - Lyon II, 2022. Français. NNT : 2022LYO20057 . tel-04355234

HAL Id: tel-04355234

<https://theses.hal.science/tel-04355234>

Submitted on 20 Dec 2023

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

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

N° d'ordre NNT : 2022LYO20057

THÈSE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2

École Doctorale : ED 484

Lettres, Langues, Linguistique et Arts

Discipline : Lettres et Arts

Soutenue publiquement le 9 décembre 2022 par

Léa DEDOLA

La création artistique avec immersion et interaction émotionnelles.

Arts numériques, cinéma, jeu vidéo et réalité virtuelle.

Devant le jury composé de :

Réjane HAMUS-VALLÉE, Professeure des Universités, Université Évry Val d'Essonne, Présidente

Kira KITSOPANIDOU, Professeure des Universités, Université Sorbonne Nouvelle-Paris 3,

Rapporteure

Chu-Yin CHEN, Professeure des Universités, Université Paris 8, Rapporteure

Angel QUINTANA, Professeur des Universités, Universitat de Girona, Examineur

Philippe FUCHS, Professeur, Écoles des Mines Paris Tech, Examineur

Martin BARNIER, Professeur des Universités, Université Lumière Lyon 2, Directeur de thèse

Contrat de diffusion

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

THESE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

Opérée au sein de

L'UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2

École doctorale Lettres, Linguistiques et Arts (ED 484)

Laboratoire PASSAGES XX-XXI (EA 4160)

Soutenance publique le 9 Décembre 2022 par :

Léa DEDOLA

La création artistique avec immersion et interaction émotionnelles : arts numériques, cinéma, jeu vidéo et réalité virtuelle

Discipline : Études audiovisuelles et cinématographiques (18^e section du CNU)

Sous la direction de Martin BARNIER et Philippe FUCHS

Composition du jury :

Martin BARNIER, Professeur des universités, Université Lumière Lyon 2, Directeur de thèse

Philippe FUCHS, Professeur à la retraite, École des Mines Paris-Tech, Directeur de thèse

Kira KITSOPANIDOU, Professeure des universités, Université Sorbonne Nouvelle,
Rapportrice

Chu-Yin CHEN, Professeure des universités, Université de Paris 8, Rapportrice

Réjane HAMUS-VALLÉE, Professeure des universités, Université d'Evry Val d'Essonne

Angel QUINTANA, Professeur des universités, Université de Gironne

Daniel MESTRE, Professeur des universités, Université Aix Marseille, Centre de réalité virtuelle de la méditerranée

Table des matières

Remerciements	p. 12
Résumé	p. 13
Abstract	p. 14
Abréviation	p. 15

INTRODUCTION..... p. 16

PARTIE I – ACTUALITÉ DES THEORIES SUR LE FONCTIONNEMENT DES ÉMOTIONS : ENVIRONNEMENTS RÉELS, ENVIRONNEMENTS VIRTUELS

Chapitre 1

Fonctionnement général des émotions..... p. 28

Introduction : cognition, émotion(s) et art	p. 28
1 – Petite Histoire des théories sur le fonctionnement émotionnel humain	p. 34
1.1 – Approche périphéraliste	p. 35
1.2 – Approche centraliste	p. 36
1.3 – Théorie bi-factorielle de l’émotion, évaluation et approche processus-composante	p. 37
1.4 – Théorie des affects premiers, <i>Reappraisal</i> et double voie du stimulus	p. 38
2 – Caractéristiques des émotions	p. 43
2.1 – Fonctionnelles, innées, universelles et majoritairement inconscientes	p. 43
2.2 – Acquises et sociales	p. 50
2.3 – Phénomènes apparentés aux émotions	p. 53
2.4 – Composante subjective et modèles dimensionnels	p. 55
3 – Conclusion : principes généraux sur les émotions	p. 61

Chapitre 2

Les émotions et la boucle Perception - Cognition (Décision) - Action..... p. 65

Introduction	p. 65
1 – La boucle Perception - Cognition (Décision) - Action en environnement réel	p. 67
1.1 Marqueurs somatiques	p. 69
1.2 Rôle modérateur et motivationnel de l'émotion	p. 70
2 – La boucle Perception - Cognition (Décision) - Action en environnement virtuel	p. 73
2.1 – Immersion et interaction sensorimotrices	p. 77
2.2 – Immersion et interaction cognitives	p. 79
2.3 – Immersion et interaction fonctionnelles	p. 81
2.4 – Immersion et interaction émotionnelles	p. 84
3 – Conclusion : le modèle à quatre niveaux d'immersion et d'interaction augmenté	p. 86

Chapitre 3

Les émotions intersubjectives et collectives..... p. 90

Introduction	p. 90
1 – Émotions intersubjectives	p. 91
1.1 – Origines de l'empathie : l'Einfühlung	p. 93
1.2 – Empathie vs. Sympathie	p. 97
1.3 – Définitions actuelles de l'empathie	p. 100
1.3.1 – Théorie simulationnistes	p. 103
1.3.2 – Théorie des changements de point de vue	p. 107
1.4 – Le processus empathique dans les environnements numériques	p. 112
1.4.1 – Le processus empathique dans les environnements virtuels extéroceptifs	p. 112
1.4.2 – Le processus empathique dans les environnements	

virtuels proprioceptifs	p. 114
2 – Les émotions collectives	p. 122
2.1 – Émotions de groupe vs. Émotions collectives	p. 122
2.1.1 – Émotions de groupe	p. 122
2.1.2 – Émotions collectives	p. 124
2.2 – Diffusion des émotions	p. 127
2.2.1 – Partage social des émotions	p. 127
2.2.2 – Contagion émotionnelle	p. 128
2.2.3 – Diffusion des émotions en environnement virtuel extéroceptif	p. 130
2.2.4 – Diffusion des émotions en environnement virtuel proprioceptif	p. 133
3 – Conclusion	p. 136

PARTIE II – LA RECHERCHE SUR LES ÉMOTIONS APPLIQUÉE AUX ARTS CONÇUS
EN ENVIRONNEMENT VIRTUEL À DISTANCE OU VIRTUELS AVEC IMMERSION
PROPRIOCEPTIVE POUR LES CONCEPTEURS-ARTISTES

Chapitre 4

La séquence émotionnelle artistique.....	p. 139
Introduction	p. 139
1 – L’induction émotionnelle	p. 141
1.1 – L’éveil émotionnel	p. 141
1.2 – Modèles scientifiques d’induction émotionnelle	p. 145
1.3 – Premier palier de la séquence émotionnelle artistique	p. 148
2 – L’évaluation cognitive	p. 149
2.1 – Critères généraux de l’évaluation cognitive	p. 149
2.2 – Dilemmes moraux et biais à l’usage	p. 152
2.3 – Deuxième palier de la séquence émotionnelle artistique	p. 154
3 – La réponse émotionnelle	p. 155

3.1 – Troisième palier de la séquence émotionnelle artistique	p. 155
3.1.1 – Composantes physiologiques	p. 157
3.1.2 – Composantes comportementales	p. 161
3.1.3 – Composantes subjectives	p. 164
3.2 – Approche taxonomique (catégorielle)	p. 167
3.3 – Approche taxonomique-dimensionnelle	p. 175
4 – Conclusion	p. 179

Chapitre 5

Mesures et analyses des émotions..... p. 181

Introduction	p. 181
1 – Dispositifs de mesures physiologiques	p. 183
1.1 – Le système neuronal-cérébral	p. 184
1.1.1 – Électroencéphalogramme, méthode des potentiels évoqués...	p. 184
1.1.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse neuronales-cérébrales	p. 188
1.2 – Le système cardio-vasculaire	p. 189
1.2.1 – Pléthysmographie cardiaque, électrocardiogramme, variabilité du rythme cardiaque...	p. 189
1.2.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse cardio-vasculaires	p. 192
1.3 – Le système respiratoire	p. 193
1.3.1 – Spirométrie, pléthysmographie respiratoire, méthode isovolume...	p. 193
1.3.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse Respiratoires	p. 196
1.4 – Le système excréteur	p. 199
1.4.1 – Conductance et potentiel cutanés, réponses électrodermales...	p. 199
1.4.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse électrodermales	p. 202
1.5 – La température	p. 203

1.5.1 – Thermomètres électroniques, infrarouges et caméras thermiques	p. 203
1.5.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d’analyse thermiques	p. 204
1.6 – Systèmes de mesure non exploitables artistiquement	p. 206
1.7 – Biais et conditions méthodologiques	p. 207
2 – Dispositifs de mesures faciales, vocales et comportementales	p. 209
2.1 – La composante faciale	p. 210
2.1.1 – Dispositifs d’inspection visuelle par codage des mouvements faciaux, électro-oculographie, oculométrie...	p. 210
2.1.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d’analyse de la composante faciale	p. 214
2.2 – La composante vocale	p. 219
2.2.1 – Microphones et logiciels d’analyse acoustique	p. 219
2.2.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d’analyse de la composante vocale	p. 220
2.3 – La composante comportementale	p. 221
2.3.1 – Électromyographie, accéléromètres, interfaces de suivis des mouvements et gestes (<i>tracking</i>)...	p. 221
2.3.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d’analyse de la composante comportementale : émotions tactiles	p. 236
2.4 – Biais et conditions méthodologiques	p. 243
3 – Dispositifs de mesure du sentiment-subjectif	p. 247
3.1 – Tests papier-crayon	p. 247
3.2 – Conditions méthodologiques requises	p. 250
4 – Conclusion	p. 251

Chapitre 6

La régulation émotionnelle..... p. 255

Introduction	p. 255
--------------	--------

1 – La régulation émotionnelle	p. 257
1.1 – Sélection de la situation	p. 260
1.2 – Modification de la situation	p. 262
1.3 – Déploiement de l'attention	p. 265
1.4 – Changement dans les processus cognitifs	p. 267
1.5 – Modulation des réponses	p. 267
1.6 – Régulation émotionnelle et décision	p. 268
2 – Le façonnement du soi	p. 270
2.1 – La soma-esthétique	p. 270
2.2 – Autopoïèse	p. 274
3 – Boucles de rétroaction médiées	p. 280
3.1 – Définitions	p. 280
3.2 – Taxonomie des types de mesure en fonction de la régulation émotionnelle humaine	p. 284
4 – Conclusion	p. 288

PARTIE III – LA CRÉATION ARTISTIQUE AVEC IMMERSION ET INTERACTION ÉMOTIONNELLES

Chapitre 7

Œuvres avec boucles de rétroaction médiée.....	p. 293
Introduction	p. 293
1 – Facteurs technologiques et médiatiques du façonnement émotionnel	p. 294
1.1 – Les boucles de rétroaction médiées en environnement réel	p. 294
1.2 – Les boucles de rétroaction médiées en environnement virtuel Extéroceptif	p. 304
1.3 – Les boucles de rétroaction médiées en environnement virtuel proprioceptif	p. 311
1.4 – Taxonomie des types de conformation usager(s)-œuvres	p. 318

2 – Facteurs contextuels du façonnement émotionnel	p. 320
2.1 – L’expérience autopoïétique individuelle	p. 320
2.1.1 – Immersion et interaction émotionnelles de soi-à-soi	p. 320
2.1.2 – Pratiques de méditation, de relaxation et art thérapie	p. 323
2.2 – Immersion et interaction émotionnelles intersubjectives	p. 329
2.2.1 – Immersion et interaction émotionnelles-empathiques	p. 330
2.2.2 – Immersion et interaction émotionnelles-dialogiques	p. 332
2.2.3 – Immersion et interaction émotionnelles-fusionnelles	p. 337
2.3 – Immersion et interactions émotionnelles collectives	p. 340
2.3.1 – Immersion et interaction émotionnelles-groupales	p. 341
2.3.2 – « Corps » social	p. 344
3 – Conclusion	

Chapitre 8

Induction des émotions en environnement virtuel extéroceptif..... p. 355

Introduction	p. 355
1 – Effets émotionnels narratifs dans les œuvres en environnement virtuel extéroceptif	p. 360
1.1 – La tension narrative	p. 361
1.2 – Suspense et curiosité	p. 362
1.3 – Surprise	p. 366
2 – Effets émotionnels esthétiques dans les œuvres en environnement virtuel extéroceptif	p. 369
2.1 – Arts plastiques : « motion » et « emotion »	p. 369
2.2 – Épisodes émotionnels au cinéma	p. 373
2.3 – Effets émotionnels esthétiques	p. 378
3 – Effets émotionnels fonctionnels dans les œuvres en environnement virtuel extéroceptif	p. 381

3.1 – Jeu vidéo et état de <i>flow</i>	p. 381
3.1.1 – Outils visuels et sonores pour orienter (émotionnellement) le joueur	p. 383
3.1.2 – Récompenses émotionnelles	p. 392
3.1.3 – Retours d’information et défis émotionnels	p. 396
3.1.4 – Mise en phase du joueur et de l’expérience	p. 400
3.1.5 – Évaluer l’état de <i>flow</i> du participant	p. 402
3.2 – État de <i>flow</i> émotionnel	p. 404
3.2.1 – Définition	p. 404
3.2.2 – Principes du <i>flow</i> émotionnel	p. 405
 4 – Conclusion	 p. 407

Chapitre 9

Induction des émotions en environnement virtuel proprioceptif..... p. 409

Introduction	p. 409
 1 – Approche artistique de l’induction émotionnelle dans les environnements virtuels proprioceptifs	 p. 411
1.1 – Effets émotionnels narratifs dans les œuvres de réalité virtuelle	p. 411
1.2 – Effets émotionnels esthétiques dans les œuvres de réalité virtuelle	p. 414
1.2.1 – Cadrage à 360°	p. 414
1.2.2 – Montage à 360°	p. 419
1.2.3 – Espaces de proxémie	p. 421
1.3 – Fonctionnalités émotionnelles dans les œuvres de réalité virtuelle	p. 426
1.3.1 – État de <i>flow</i> en réalité virtuelle	p. 426
1.3.2 – État de <i>flow</i> émotionnel en réalité virtuelle	p. 430
 2 – <i>Quand le cœur se serre</i> (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022)	 p. 435
2.1 – Hypothèses et expérimentations	p. 435
2.2 – Discussion	p. 442
 3 – Modèles d’induction émotionnelle en environnement virtuel proprioceptif	 p. 444

3.1 – Modèle artistique d’induction émotionnelle avec ou sans boucle de rétroaction médiée	p. 444
3.2 – Modèle artistique d’induction émotionnelle avec boucles de rétroaction médiée	p. 448
4 – Conclusion	p. 449

CONCLUSION ET PESPCTIVES p. 452

1 – Guide pédagogique des méthodes immersives et interactives sur le plan émotionnel, en réalité virtuelle et pour les concepteurs-artistes	p. 452
a. Qu’est-ce que sont les émotions ? Comment évoluent-elles à l’intérieur du corps humain et dans le corps social ?	p. 453
b. Quid du rapport usager-œuvre (ordinateur) sur le mode émotionnel ?	p. 455
c. Quelle méthodologie générale le concepteur-artiste doit-il suivre, pour penser la création artistique avec immersion et interaction émotionnelles ?	p. 458
d. Quels types de mesures le concepteur-artiste doit-il utiliser en fonction des contenus proposés par son expérience ?	p. 461
e. Comment concevoir techniquement l’interfaçage émotionnel usager(s)-œuvre ?	p. 462
f. Comment évaluer le degré d’immersion et d’interaction émotionnelles de l’œuvre ?	p. 463
g. De quelle manière les autres médias artistiques peuvent-ils inspirer la création en réalité virtuelle sur le mode émotionnel ?	p. 464
h. Comment réaliser un contexte situationnel (ou épisode émotionnel) propice à l’émergence d’une réaction émotionnelle - en particulier (approche taxonomique) ou en général (approche dimensionnelle) - chez le spectateur ou le participant ?	p. 466
i. Comment le participant peut-il maîtriser les aspects esthétiques, narratifs et fonctionnels de son expérience lorsque l’œuvre est conçue sur le mode émotionnel ?	p. 468
j. L’expérience met-elle en avant des retours d’information émotionnelle	

(<i>feedback</i>) implicites-passifs ou explicites-actifs et pourquoi ?	p. 469
2 – Apports pratiques de la thèse	p. 469
2.1 – Effets émotionnels	p. 470
2.2 – Apports des différents cadres de la recherche-crédation en convention industrielle de formation par la recherche	p. 471
3 – Perspectives de recherche et créations	p. 472
3.1 – Logiciels et Dispositifs	p. 472
3.1.1 – Modèle d'induction émotionnelle dédié aux concepteurs-artistes	p. 472
3.1.2 – Modèle d'analyse émotionnelle dédié aux concepteurs-artistes	p. 473
3.1.3 – Détournement des dispositifs médicaux pour le secteur artistique	p. 478
3.2 – Approfondissement des recherches sur l'immersion et l'interaction émotionnelles en réalité virtuelle	p. 479
3.2.1 – Effets émotionnels esthétiques	p. 479
3.2.2 – Points de vue du participant	p. 479
3.2.3 – Expressions émotionnelles numériques en environnement virtuel avec immersion proprioceptive	p. 480
3.3 – Livret pédagogique pour les concepteurs-artistes	p. 482
Bibliographie	p. 484
Table des illustrations	p. 511
Glossaire	p. 521
Manifeste Jaune	p. 529
Entretien	p. 533
Expérimentations	p. 539
Lexique des œuvres principales et complémentaires	p. 543

Remerciements

D’abord, j’aimerais remercier l’équipe de Stéréolux, de Recto VRso et du Laval Virtual - Judith, Elhem, Julien -, de m’avoir offert l’opportunité de créer et restituer mes créations artistiques à leurs côtés. Outre l’aspect recherche-crédation qui était à l’origine de notre rencontre, j’ai passé d’excellents moments de partages et de générosité en leur compagnie (donc, mille mercis).

J’aimerais aussi témoigner ma reconnaissance à toutes les personnes qui m’accompagnent chez Pulsalys, qui ont fondé avec moi le meet-up XVR Aura, qui ont fondé avec moi l’association Cosmosia (Julien Lomet, Maëlys Jusseaux), qui ont participé à la création de *Quand le cœur se serre* (Katia Morel, Jordan Clément, Willy Garcia, Lucas Falcon, Paul Fresnel) et d’autres œuvres ou prototypes d’expérience (Urszula Gleisner, Corinne Linder, etc.) car elles ont enrichi avec tant d’aisance et de largesse ma vision de l’art numérique, du jeu vidéo et de la réalité virtuelle (mille mercis).

Je souhaiterais remercier Martin qui suit mes travaux de recherche depuis le Master. Ses encouragements m’ont permis de devenir une chercheuse autonome et confiante (mille mercis !!). Aussi, j’ai eu beaucoup de plaisir à partager des discussions stimulantes autour de la réalité virtuelle avec Philippe. Ses conseils ont nourri ma passion pour ce médium et il est évident que je ne pourrai plus, désormais, me passer de mon métier. Je remercie également toutes les personnes qui ont rendu ce projet de thèse CIFRE possible à l’Université, et notamment Véronique Prudhomme qui m’a beaucoup soutenue pendant ce processus.

À ma famille, mes amis et amies, relecteurs et relectrices - ma mère, mon père, Lucie, Matteo, Renée, Mathilde, Willy, Emmanuel, Gautier, etc. - merci pour vos commentaires avisés et surtout pour votre soutien psychologique et émotionnel. À la « team VR » de RyseUp Studios - Arnaud, Jordan, Lucas F., Lucas L., Katia, Valentin - et plus généralement, à tous mes collègues, merci pour le bon temps et pour les échanges (très) constructifs. Merci à Milen pour sa confiance.

Pour Fabien,

La réalité virtuelle est un média numérique, immersif et interactif, qui possède la particularité d'intégrer le corps de l'utilisateur - ses déplacements, ses gestes et ce qu'ils impliquent du point de vue sensori-moteur, cognitif et émotionnel - au sein de ses esthétiques, de ses narrations et de ses fonctionnalités. Depuis les années 1990, chercheurs et concepteurs-artistes n'ont cessé d'écrire les fondements de ce média, de ce nouvel art. Toutefois, nous observons depuis 2014, un gain d'intérêt général qui a eu pour effet de multiplier les approches formelles et discursives de la réalité virtuelle.

Notre projet de thèse porte sur la création artistique en réalité virtuelle. Il consiste, à travers un spectre transdisciplinaire -, neurosciences, sciences cognitives, physiologie et arts -, à réfléchir au phénomène émotionnel dans le cadre des environnements virtuel perçus visuellement à distance (cinéma et jeux vidéo) ou des environnements virtuels avec immersion proprioceptive (réalité virtuelle) afin d'imaginer les dialogues émotionnels numériques de demain. Aussi, l'émotion est une réaction physiologique, comportementale, subjective de grande intensité, qui se lie à l'évaluation d'une situation particulière. Par conséquent, dans cette thèse nous questionnons aussi la manière grâce à laquelle, avec le média de réalité virtuelle, nous pouvons concevoir des contextes, des environnements, capables d'engendrer des réactions affectives : car l'émotion n'est-elle pas un élément constitutif de l'œuvre d'art ?

Pour parvenir à un tel résultat, notre thèse présente des postulats de base du fonctionnement émotionnel humain - les phénomènes d'induction, la séquence émotionnelle, etc. - afin de les imaginer dans un contexte médiatique numérique. Elle procède ensuite à l'étude comparée d'œuvres et de concepts issus des médias « à distance » (cinéma et jeu vidéo), afin d'observer leur opérabilité dans le cadre de la réalité virtuelle. Pour finir, cette thèse a pour vocation d'approfondir le quatrième versant, émotionnel, de la théorie 4I² engagée par Philippe Fuchs.

Mots clés : *Émotions, Approche centrée sur le langage, Esthétiques, Narratologie, Fonctionnalités d'expérience, Étude de la participation et de la réception artistique, Arts numériques, Cinéma, Jeu Vidéo, Réalité virtuelle*

Virtual reality is a digital, immersive and interactive media, which has the particularity of integrating the user's body - his movements, his gestures and what they imply from a sensory-motor, cognitive, and emotional point of view - within its aesthetics, its narratives, and its functionalities. Since the 1990s, researchers and designer-artists have not stopped writing the foundation of this medium, this new art. However, we observe since 2014, a gain of general interest that has resulted in the multiplication of formal and discursive approaches to virtual reality.

Our thesis focuses on artistic creation in virtual reality. It consists, through a transdisciplinary spectrum - neurosciences, cognitive sciences, physiology and arts - to think about the emotional phenomenon in the context of virtual environments perceived visually from a distance (cinema and video games) or virtual environments with proprioceptive immersion (virtual reality) in order to imagine the digital emotional dialogues of tomorrow. Also, emotion is a psycho-physiological, behavioral, subjective, reaction of great intensity, which is linked to the evaluation of a particular situation. Therefore, in this thesis we also question the way in which, with the medium of virtual reality, we can conceive contexts, environments, capable of generating affective reactions: for isn't emotion a constitutive element of art?

To achieve such a result, our thesis presents basic postulates of human emotional functioning - induction phenomena, the emotional sequence, etc. - in order to imagine them in a digital media context. It then proceeds to a comparative study of pieces of works and concepts from "remote" media (cinema and video games), in order to observe their operability in the context of virtual reality. Finally, this thesis aims at deepening the fourth side - emotional side - of the 4I² theory engaged by Philippe Fuchs.

Keywords: Emotions, Language-centered approach, Aesthetics, Narratology, Experience features, Study of artistic participation and reception, Digital Arts, Cinema, Video game, Virtual reality

Abréviations

I ² :	Immersion et Interaction
3I ² :	Les trois niveaux d'immersion et d'interaction : sensorimoteur (1), cognitif (2), fonctionnel (3)
4I ² :	Les quatre niveaux d'immersion et d'interaction : sensorimoteur (1), cognitif (2), fonctionnel (3) et émotionnel (4)
AL Cog :	Aides logicielles cognitives
AL S-m :	Aides logicielles sensori-motrices
AL Emo :	Aides logicielles émotionnelles
ACV :	Actions comportementales virtuelles
PDA :	Perception, Cognition(Décision), Action
ER :	Environnement Réel
EV :	Environnement Virtuel
EV_Ext :	Environnement Virtuel Extéroceptif (perçu à distance)
EV_Pro :	Environnement Virtuel Proprioceptif (immersion corporelle)
CAVE :	« Grotte », Environnement Virtuel Automatique (Cave Automatic Virtual Environment)
EEG :	Électroencéphalogramme
ECG :	Électrocardiogramme
EMG :	Électromyogramme
IRM(f) :	Imagerie à résonance magnétique fonctionnelle
IA :	Intelligence artificielle

L'art et la manière de la réalité virtuelle

Du Maréorama¹ de Hugo D'alési présent à l'exposition universelle de Paris, en 1900, au Sensorama² de Morton Heilig (1962³), de l'Op Art à l'art cinétique et au cinéma à écrans larges (*wide-screen*, cinémascope, panorama, etc.), il existe un continuum technologique qui se met au service de l'immersion sensorielle, physique du spectateur. Nous constatons que la question de l'immersion sensorielle n'est pas récente, seules le sont les dispositifs de réalité virtuelle (caméra 360°, visiocasque autonome, etc.) et qu'en d'autres termes, le désir des concepteurs-artistes de créer du contenu immersif existe déjà sous des formes plurielles. À ce titre, les technologies de réalité virtuelle promettent de nouveaux potentiels artistiques, immersifs et interactifs, qu'il nous faut encore découvrir. Par ailleurs, s'ils représentent un nouvel outil grâce auquel les concepteurs-artistes peuvent s'exprimer, ces dispositifs de réalité virtuelle offrent surtout aux artistes la possibilité de rencontrer un public. Elles nécessitent donc que nous nous interroguions sur les conditions de l'immersion (et des interactions) de l'utilisateur dans ces nouveaux environnements artificiels. À ce propos, une question en particulier nous intéresse puisqu'elle n'a été que peu traitée dans le domaine de la création et de la réception artistique : celle de l'immersion et de l'interaction émotionnelle.

1. Postulats de base de recherche-crédation de la CIFRE⁴

En 2014, la démocratisation du visiocasque Oculus DK1 a permis au grand public d'accéder à de nouvelles expériences immersives et interactives. Ainsi, les participants ont pu

¹ Panorama en mouvement à l'intérieur duquel l'utilisateur était placé sur un bateau donnant ainsi l'impression de se déplacer en oscillant légèrement, BARNIER, Martin, « Spectacle immersif, une vieille histoire des mondes virtuels », dans Claire Chatelet, Corvo Lepesant-Lamari et Caroline San Martin (dirs.), *La Femis présente. La Réalité virtuelle. Une question d'immersion ?*, n° 1, décembre 2019, p. 32-33.

² LALO, Vanessa, « Virtual Reality (réalité virtuelle) », dans Pauline Escande-Gauquié, Bertrand Naivin (dirs.) *Comprendre la culture numérique*, Paris, Dunod, 2019, p. 183.

³ Présenté à tort, comme un des premiers systèmes de réalité virtuelle, il s'agit en fait davantage de cinéma « immersif », puisque ce procédé ne présente aucune immersion et interaction sensori-motrice.

⁴ Notre recherche-crédation a eu lieu dans le cadre d'une thèse CIFRE au sein de l'entreprise RyseUp Studios.

se livrer à un vécu extraordinaire, plaçant le corps *dans* un environnement virtuel à 360° plutôt que *sur* une image⁵, comme nous le propose les médias « visuellement à distance », autrement appelés « frontaux », de photographie, de cinéma, de jeux-vidéo, etc. Ce moment de démocratisation de la technique de réalité virtuelle est aussi un point de « départ » ou plutôt de renouvellement, de multiplication, de la création artistique. Les artistes concernés trouvent enfin un large public, des moyens de diffusion appropriés (salles d'arcades, festivals, etc.) et des financements (aides du centre national du cinéma et de l'image animée pour la production numérique, résidences d'artistes, fonds privés, etc.). Pendant cette période de démocratisation, l'horizon d'attente des usagers entraîne surtout à l'obtention d'un « effet wahou⁶ » (terme marketing), autrement nommé « effet de présence » ou « sentiment d'être-là », au cours de leur expérience. Par conséquent, cette attente du média de réalité virtuelle nous projetera aussi dans une réflexion qui porte sur les conditions de la « présence émotionnelle » de cet usager dans l'œuvre. Un premier postulat concerne donc cette augmentation de la production de contenus de réalité virtuelle. Toutefois, même si les concepteurs-artistes créent abondamment, nous observons qu'il manque un discours général sur la création en réalité virtuelle et ses liens avec l'immersion et les interactions émotionnelles. Un des premiers objectifs de notre thèse est donc pédagogique, car même si ce versant est déjà engagé, la théorie sur le sujet existant maintenant déjà depuis quelques années⁷, les concepteurs-artistes et les chercheurs n'ont pas complètement découvert le langage de ce nouvel art qui est introduit par l'usage des dispositifs de réalité virtuelle. Notre thèse a donc pour vocation de servir les concepteurs-artistes sur le plan de la réflexion comme de la création, en s'intéressant aux notions manquantes du fonctionnement de l'immersion et de l'interaction émotionnelle dans les environnements artistiques.

En tant que médium corporellement immersif et interactif, la réalité virtuelle produit des esthétiques et narrations particulières, conditionne des gestes techniques et artistiques qui nous

⁵ PELLETIER Jérôme, *Les Arts visuels, le web et la fiction*, « Agir dans une image », Direction de Bernard Guelton, Coll. Des arts et monde contemporain, Publications de la Sorbonne, Paris, 2009, p. 33.

⁶ L'ALSACE, « [en imgaes] Réalité virtuelle : effet « wahouh ! » garanti au cinéma le Florival », *L'alsace*, publié le 23 Octobre 2021, consulté le 28 Août 2022, [<https://www.lalsace.fr/culture-loisirs/2021/10/23/realite-virtuelle-effet-wahouh-garanti-au-cinema-le-florival>]

⁷ FUCHS Philippe, MOREAU Guillaume, *Le Traité de la réalité virtuelle*, Vol 1 : « Fondements et interfaces comportementales », 1^e ed, Paris : Presses de l'Ecole des Mines, 1996.

renvoient au fonctionnement sensori-moteur⁸, cognitif et émotionnel humain. Cette conformation inédite de l'usager et de l'environnement virtuel délimite les espaces de l'immersion et l'interaction émotionnelle et le cas échéant, les espaces de la création artistique et de la réception⁹ en réalité virtuelle. En tant qu'art (inter)actif du point de vue sensori-moteur, même *a minima*, c'est-à-dire avec des gestes et des déplacements, la réalité virtuelle transforme l'acte de création : elle est un art issu des logiques informatiques (numériques), un art co-créatif, qui s'ébauche en amont par les concepteurs-artistes et en aval par les participants. Cette immersion et cette interaction corporelles (proprioceptives), sont les postulats de base sur lesquels nous fondons l'hypothèse d'un langage de la réalité virtuelle, d'une esthétique : émerge de ce rapport entre le dispositif, l'imaginaire des concepteurs-artistes et la participation des usagers dans l'œuvre, une esthétique, du latin, *aisthêtikos*, c'est-à-dire une « chose sensible », qu'il nous reste à expérimenter et à définir.

En définitive, notre recherche admet que l'œuvre dépend d'une triangularité productive, qui sollicite le spectateur ou le participant ainsi que le concepteur-artiste, tous les deux interfacés par le dispositif et « capables de [le] douer d'esprit¹⁰ ». En nous focalisant sur les trois points primordiaux de la création artistique - les concepteurs-artiste, les dispositifs (interfaces) et les « spect-acteur¹¹ » (les usagers) - nous détaillons ci-après la suite de nos hypothèses et problématiques.

Le corps de l'usager

⁸ FUCHS, Philippe, *Théorie de la réalité virtuelle. Les véritables usages*, Paris, Presses des Mines, 2018, p 39-78
Pour les définitions, voir le glossaire en fin de volume.

⁹ Dans le cadre de notre thèse, l'étude de la réception concerne deux disciplines, l'esthétique (étude de la réception critique d'une œuvre d'art) et la science-cognitive (étude de la perception et de l'action dans les environnements de réalité virtuelle).

¹⁰ « L'encre, en imprégnant le pinceau, doit le doter d'aisance ; le pinceau, en utilisant l'encre, doit la douer d'esprit », SHI Tao, « Les propos sur la peinture de Shi Tao - Traduction et commentaire » [1710], trad. Pierre Ryckmans, dans Jean Filliozat, *Arts Asiatiques*, École française d'extrême-orient, Paris, tome 14, 1966, p. 99.

¹¹ Le spectateur devient « une sorte d'acteur qui indique ses choix au déroulement du récit » BARBOZA, Pierre, « Fiction interactive « métarécit » et unités intégratives », dans Pierre Barboza et Jean-Louis Weissberg (dir.), *L'image actée : scénarisations numériques, parcours du séminaire L'action sur l'image*, L'Harmattan, 2006, p. 99. Le terme est inventé par WEISSBERG, Jean-Louis, *Présences à distance : déplacement virtuel et réseaux numériques : pourquoi nous ne croyons plus à la télévision*, Paris, L'Harmattan, collection « Communication et civilisation », 1999.

Une première « chose sensible » est le corps de l'individu, sollicité de manière inédite en raison des conditions immersives et (inter)actives¹² dans lesquelles il est pris. Ce premier point nous conduira à réfléchir dans le cadre de la réalité virtuelle, à une « soma-esthétique », à penser notre corps humain en tant que « site d'appréciation sensorielle et de façonnement créateur de soi¹³ ». Dans cette conjoncture, les transformations psycho-physiologiques que le corps¹⁴ traverse, notamment celles qui sont de l'ordre de l'émotion, constituent un premier principe de l'œuvre d'art en réalité virtuelle. Par extension, ce premier point nous interroge sur la place de l'utilisateur au sein d'un récit de réalité virtuelle lorsqu'il est élaboré sur le mode émotionnel et par conséquent, il nous confrontera aussi aux principes de « l'autopoïèse¹⁵ » et à l'existence présupposée d'une trace émotionnelle, psycho-physiologique, comportementale ou subjective, de l'expérience esthétique. Il nous faudra aussi réfléchir à la forme de cette présence émotionnelle lorsque l'utilisateur est pris à l'intérieur de différentes conformations : individuelle, intersubjective ou collective.

Lors de notre étude, nous souhaitons aussi comprendre le fonctionnement des actions que l'utilisateur effectue dans le cadre des expériences artistiques en environnements réels, virtuels à distance et virtuels avec immersion proprioceptive. Dans les environnements numériques, nous postulons que ces actions peuvent prendre des formes extraordinaires, pseudo-naturelles, symboliques (ou métaphoriques) et irréalistes, qu'il nous faudra étudier. Nous avons notamment pu observer de telles créations « vicariantes¹⁶ » sur le plan de l'immersion et de l'interaction émotionnelles. Par exemple, dans l'expérience de réalité virtuelle avec visiocasque *Osmose* de Char Davies (1995), la gestion de la respiration permet à l'individu de se déplacer dans l'environnement : les fonctions de la régulation émotionnelle sont détournées pour produire une action extraordinaire, irréaliste, en comparaison des schémas d'action naturels :

¹² Au niveau technique c'est une interaction, au niveau de l'individu il s'agit d'une action, d'une activité.

¹³ SHUSTERMAN, Richard, *Conscience du corps. Pour une soma-esthétique*, Paris : Édition de l'Éclat, 2007, p. 11.

¹⁴ Nous ne faisons pas de distinction entre « corps » et « le cerveau », car pour nous le « cerveau » est dans le « corps ».

¹⁵ Codétermination du sujet et de l'environnement. Cette conformation opèrerait un façonnement dynamique du soi ainsi que de l'espace qui contient le soi. Voir, KAWAMOTO, Hideo, « L'autopoïèse et l'"individu" en train de se faire », *Presses Universitaires de France*, Vol. 136, 2011, p. 347-363.

¹⁶ BERTHOZ Alain, *La Vicariance. Le cerveau créateur de monde*, Paris, Odile Jacob, « Sciences », 2013.

« Le sujet se meut par la respiration (principe de vicariance) puisque l'environnement lui en donne l'opportunité¹⁷ ».



Figure 1 : à gauche, le participant se déplace dans un environnement virtuel grâce à sa respiration, à droite, un participant revêt un harnais de poitrine dans *Osmose*, Char Davies, 1995, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et ceinture respiratoire

Par conséquent, au regard de la transdisciplinarité art et sciences présentée par notre thèse, nous ne pourrions pas écarter une certaine bibliographie de la fin du XXe qui nous permettra de replacer notre projet d'étude dans son contexte : l'étude du corps humain en immersion et interaction émotionnelle dans des environnements virtuels et artistiques. Elle concerne surtout les recherches de neuroscientifiques comme celles qui sont présentées par Antonio Damasio (*L'erreur de Descartes*) ou Joseph Ledoux (*Le cerveau des émotions*), de sciences cognitives (Klaus R. Scherer et David Sander, *Traité de psychologie des émotions*) ou encore de physiologie (Alain Berthoz, *Le sens du mouvement*). À ce titre, les premiers chapitres de notre thèse seront aussi dédiés à l'exposition d'un état de l'art qui porte sur ces questions et qui nous permettra ainsi de sélectionner « en entonnoir », les éléments théoriques qui serviront notre réflexion finale.

Les dispositifs

Une seconde typologie de « choses sensibles », sont les dispositifs à l'interface entre l'humain et l'œuvre : biocapteurs, caméras et systèmes de suivi des mouvements (*tracking*), visiocasques, manettes (*controllers*), etc. Dans le cadre de la réalité virtuelle, ces dispositifs ont

¹⁷ DEDOLA, Léa, « Fondements et bornes de l'environnement de réalité virtuelle : Quelles conséquences esthétiques ? », *Missiles*, n° 7, Décembre 2019, p. 25.

pour vocation¹⁸ de répondre en temps réel et parfois de façon symbiotique, à la « présence » immergée et interactive des participants. Les données reçues de cet interfaçage comportemental sont ensuite « modelées », « facilitées » par les aides logicielles comportementales¹⁹. Par conséquent, dans le cadre de notre recherche sur l’immersion et les interactions émotionnelles nous devront réfléchir à un interfaçage émotionnel, capteurs psycho-physiologique, comportementaux, et tests subjectifs, et à des aides logicielles émotionnelles, qui faciliteront le dialogue entre le l’usager et l’expérience.

Les bornes chronologiques qui balisent notre corpus, débutent avec l’émergence des technologies d’imagerie cérébrale dans le domaine artistique, qui ont inauguré la création d’œuvres numériques sur le thème de l’immersion et des interactions psycho-physiologiques. Actuellement, dans le cadre de la réalité virtuelle, de tels croisements avec les théories, dispositifs (biocapteurs) et méthodes d’analyse issus des sciences exactes, neurosciences, sciences cognitives, physiologie et domaine du médical, sont surtout pratiqués dans le secteur thérapeutique (gestion du stress, de l’anxiété, des phobies, etc.). Nous soutenons qu’elles doivent aussi exister dans le cadre du cinéma, du jeu vidéo et de réalité virtuelle, parce qu’elles peuvent enrichir les processus créatifs d’abord, et ensuite parce qu’elles sont utiles pour mesurer la réception des participants (*playtests*, notamment).

Les bornes chronologiques de notre corpus se prolongent jusqu’à aujourd’hui, avec l’émergence dans le domaine public des technologies de réalité virtuelle qui continuent de se renouveler. Ainsi, nous commençons avec des dispositifs comme l’épée de Damoclès (1968, Jaron Lannier ou *Ultimate Display*), premier visiocasque de réalité virtuelle, pour parvenir jusqu’à des technologies très récentes : dans le cadre de notre thèse CIFRE nous avons surtout travaillé sur des dispositifs de vidéo 360° (caméra 360° Vuze XR, montage à 360° ou *stitching*) et de réalité virtuelle (visiocasques Meta Quest 1 et 2, Rift S, HTC VIVE, etc.) datant des années 2018-2022. Le choix de la période que nous allons étudier se justifie donc par des critères

¹⁸ Nous utilisons cette formule car un des biais de la création émotionnelle immersive et interactive en réalité virtuelle dépend souvent de la latence du dispositif (actualisation de l’information dans le visiocasque, par exemple). Quand elle est voulue, cette latence dépend des choix artistiques effectués par les concepteurs-artistes. Quand elle n’est pas intentionnelle, elle dépend souvent de l’optimisation des rendus dans le visiocasque et des dispositifs de mesure et modèles d’analyse émotionnels (vitesse de traitement de l’information et vitesse d’exploitation du signal analysé en éléments esthétiques, narratifs ou participatifs, par exemple).

¹⁹ FUCHS, Philippe. *Op. Cit.*, 2018, p. 219-240.

technologiques, (la démocratisation des visiocasques, des manettes de réalité virtuelle, ainsi que l'évolution ambulatoire des capteurs émotionnels) et économiques (l'essor du marché de la réalité virtuelle) qui permettent aux œuvres de réalité virtuelle de se multiplier. Alors que le médium était surtout développée dans les domaines applicatifs, entre autres, de l'armement, de la santé et de l'architecture, l'émergence des visiocasques dans la sphère publique permet d'accentuer les discours et les pratiques de la réalité virtuelle dans la sphère artistique, ainsi que et dans les domaines de l'industrie audiovisuelle (vidéoludique, surtout). Par conséquent, cette période de démocratisation nous permet d'engager une réflexion sur l'intérêt et les moyens d'une immersion et interaction émotionnelles dans le cadre de la réalité virtuelle.

Les concepteurs-artistes

Dans notre cas d'étude, le mouvement productif du concepteur-artiste a pour intention de rencontrer, par l'élaboration des formes immersives et interactives, un spectateur ou un participant. Cette conformation participant-expérience n'aurait donc rien d'artistique sans l'agentivité²⁰ d'une troisième entité particulièrement « sensible » : les concepteurs-artistes. La période artistique qui nous intéresse est donc cernée par la démocratisation du média de réalité virtuelle et la recherche sur son potentiel d'immersion et d'interactions émotionnelles : de 1985, époque de l'émergence dans le domaine artistique du médium de réalité virtuelle²¹, jusqu'aux productions actuelles. Cette période ne peut être comprise qu'au regard retourné vers le passé, des pratiques artistiques qui ont tenté de manipuler le fonctionnement du corps de l'utilisateur, et notamment de la perception. À ce titre nous retrouvons des sources artistiques antérieures telles que des œuvres de l'art cinétique tel que le *Modulateur-espace-lumière* de Laszlo Moholy-

²⁰ L'agentivité fait référence aux capacités d'action et d'influence que l'individu a sur son propre fonctionnement, sur autrui et sur le cours des événements, BANDURA, Albert, « Toward a Psychology of Human Agency : Pathways and Reflection », *Perspectives on psychological Science*, vol. 1, 2006, p. 164-180, p. 164. Dans notre cas d'étude, cette agentivité dépend de différentes typologies d'environnement : réel, virtuel mais perçu à distance par l'utilisateur ou virtuel avec immersion corporelle de l'utilisateur.

²¹ À l'époque, Edmond Couchot, entre autres, appelait ces dispositifs des « images [numériques] interactives ». Son travail de recherche s'effectue aussi au croisement entre les sciences et les arts : « Il s'agissait de montrer une grande variété de ces images, et les plus représentatives des changements dans les modes de perception, de création et de communication. Je voulais montrer plus particulièrement l'étendue et la continuité du phénomène "Images" au-delà de l'art et la présence des images numériques dans certains domaines scientifiques et techniques », COUCHOT, Edmond, *Images. De l'optique au numérique*, Paris, Hermès, 1988, p. 172.

Naguy (1929-1930, sculpture cinématique et photographie) et de l'Op Art (ou art optique, à partir de 1960). Ces effets optiques et visuels sont prolongés dans le champ cinématographique à travers des procédés tels que la 3-D stéréoscopique, les écrans larges, et certaines théories telles que « l'image haptique²² », la « dynamique des plans²³ », la « ségrégation des espaces²⁴ », les « effet 3-D²⁵ », etc. qui sollicitent le spectateur sur le plan corporel, jusqu'au point d'avoir sur lui un bref impact proprioceptif²⁶.

En sus de ces premiers mouvements artistiques, nous nous appuyons sur le fait qu'il existait, avant la période de démocratisation de la réalité virtuelle, des artistes aussi « précurseurs » comme Edmond Couchot, Marie-Hélène Tramus et Michel Bret (*La plume* 1988-1990 et *Je sème à tout vent*, 1990, « images interactives »), Catherine Ikam et Louis Fléri (*L'Autre*, 1992, *Le Messager*, 1995, *Alex*, 1996, « images interactives »), Char Davies (*Osmose*, 1995, *Éphémère*, 1998, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et ceinture respiratoire) et Maurice Benayoun (*Le Tunnel sous l'Atlantique*, 1995, installation de réalité virtuelle) qui ont participé à élaborer une approche plus artistique du médium, jusqu'à parvenir à des expériences plus récentes comme *Freud, la dernière hypnose* (Marie-Laure Cazin, 2019, vidéo 360°, visiocasque et EEG), *Deep* (Marieke Van Rooij, Adam Lobel, Owen Harris, Niki Smit, Isabela Granic, 2016, expérience de réalité virtuelle, visiocasque et ceinture de poitrine). Ces œuvres - *Le tunnel sous l'Atlantique* par exemple, réunit Paris et Montréal grâce à un espace virtuel contenu dans un tube - nous permettent de comprendre qu'il existe un rapport historique très étroit entre les Arts Numériques et la réalité virtuelle. Par conséquent, nous n'avons pas négligé l'étude de certaines pratiques plastiques, dispositifs ou installations, qui ont pu participer à l'élaboration d'œuvres sur le mode émotionnel, car sur le sujet, la littérature artistique de réalité virtuelle est encore pauvre.

²² DELEUZE Gilles, *Logique de la sensation*, Paris, Edition du Seuil, 2002, p. 146.

²³ EISENSTEIN, Sergueï M., « Du cinéma en relief », *Eisenstein, Le mouvement de l'Art*. Paris, Editions Du Cerf, 1986, p. 101.

²⁴ METZ Christian, « Le signifiant imaginaire », *Communications*, n° 23, 1977, p. 45.

²⁵ BARNIER Martin, KITSOPANIDOU Kira (dir.), *Le Cinéma 3-D : histoire, économie, technique, esthétique*, Paris, Armand Collin, 2015, p. 123.

²⁶ « Le spectateur est situé au centre de l'image, qui l'environne de toute parts, il en résulte des sensations d'espace totalement inédites » MANNONI Laurent, *De Méliès à la 3D : La machine cinéma*. Paris, Lienart, 2016, p. 230.

Un premier axe qui est caractéristique de la production artistique en réalité virtuelle est donc pour nous son profil intermédial, et qui explique donc le parti pris de notre recherche-création, comparative et heuristique, dans les environnements réels, les environnements virtuels à distance et avec immersion et interactions proprioceptives. Pour réaliser notre étude, nous souhaitons donc procéder à l'étude comparée d'œuvres d'arts numériques, de cinéma²⁷, de jeu vidéo et de réalité virtuelle. Nous souhaitons ainsi puiser dans les concepts narratifs, esthétiques, participatifs de créations artistiques en environnement virtuel à distance : la tension narrative, les notions de plan, de séquence, de son et leurs composantes, de *level design* et de *level building*, d'état de *flow*, d'expérience utilisateur, etc. afin d'en déduire des correspondances potentielles dans le cadre d'une expérience de réalité virtuelle avec immersion et interaction émotionnelles. Par exemple, la question de certains effets esthétiques qui favorisent l'immersion et l'interaction émotionnelles, se repose dans le cadre d'une expérience de réalité virtuelle (le *jump scare*, les effets vortex, etc.).

Pour finir, il apparaît que la création artistique avec immersion et interaction émotionnelles est aussi issue de croisements disciplinaires entre sciences et art. Ces croisements sont aussi visibles au regard des œuvres issues de la recherche et création qui réunissent chercheurs et artistes. Alvin Lucier était ainsi associé avec le physicien Edmond Dewam en 1964 sur *Music for Solo Performer* et la « première » de cette performance c'était déroulée à l'Université Brandeis, en 1965. Richard Teitelbaum (*Musica Elettronica Viva*) a créé *Spacecraft* (1967) à l'aide du docteur en électronique et inventeur du synthétiseur modulaire, Robert Moog. Pierre Henry a improvisé de la musique électronique à partir d'un appareil inventé par Roger Lafosse capable d'exploiter les ondes électriques du cerveau, le *Corticalart*, en 1971. Ces pratiques de recherches et créations sont prolongées aujourd'hui dans le domaine de la réalité virtuelle par Marie-Hélène Tramus (professeur d'Art et Technologie à l'Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis), Chu-Yin Chen (artiste et directrice de l'équipe de recherche Image numérique et Réalité Virtuelle ou INREV, du laboratoire Arts des Images et Art Contemporain de l'université de Paris 8), Judith Guez (aussi chercheuse en Art Numérique), Marie-Laure Cazin (artiste et chercheuse au centre Norbert Elias), entre autres.

²⁷ Sur le sujet, voir un colloque auquel nous avons participé et qui traite de l'immersion selon plusieurs approches qui se complètent, lire : DEDOLA, Léa, « L'immersion peut-elle se penser en système ? Le cas du développement transmédiatique des œuvres de cinéma en réalité virtuelle », *De l'immersion au cinéma*, Rennes, 18-20 Mai 2021.

2. Problématique et plan

Dans l'environnement réel l'individu a en sa possession des expressions émotionnelles qui lui permettent de dialoguer et de comprendre ses semblables et les situations dans lesquelles il est impliqué. Dans les environnements virtuels à distance, une communication émotionnelle est déjà possible à travers l'utilisation des « smileys », par exemple. Par conséquent, puisque l'utilisateur possède en qualité d'immersion et d'interaction les moyens d'expressions émotionnels, nous jugeons qu'il est important de les penser et de les maîtriser dans le cadre de la réalité virtuelle. Nous devons donc imaginer les moyens de la communication émotionnelle de demain, en nous appuyant sur les conditions immersives et interactives (proprioceptives), dudit médias. Dans son dernier livre, *Théorie de la réalité virtuelle. Les véritables usages* (2018), Philippe Fuchs engage à partir de différents modèles d'induction extéroceptifs et proprioceptifs, un répertoire des possibles émotionnels en réalité virtuelle. Notre thèse a aussi pour objectif de prolonger ces travaux. En effet, cette recherche sur la création immersive et interactive sur le plan émotionnel, suppose aussi d'occuper le point de vue des concepteurs-artistes et d'imaginer ainsi des potentiels artistiques, que nous comptons réaliser au sein de l'entreprise éditrice de contenu en réalité virtuelle, RyseUp Studios.

Pour réaliser notre étude du fonctionnement émotionnel dans les contextes numériques, nous comparerons notamment la séquence émotionnelle humaine telle qu'elle est opérante dans l'environnement réel et les environnements virtuels à distance, afin de déterminer de quelle manière elle peut être créative dans les environnements virtuels avec immersion proprioceptive. En bref, ce sujet de thèse a pour vocation d'être la synthèse des conformations existantes entre les usagers et les environnements virtuels à distance et avec immersion proprioceptive sur le mode émotionnel, afin de penser la création artistique. Il a comme objectif de répondre à la question suivante :

- Par quels moyens, les concepteurs-artistes peuvent-ils maîtriser et parfaire l'immersion et l'interaction émotionnelle dans les environnements virtuels avec immersion proprioceptive ?

Notre thèse se découpe en trois parties :

- La première partie traite de « l'actualité des théories sur le fonctionnement des émotions ». Elle introduit le sujet du phénomène émotionnel du point de vue de la physiologie, des sciences cognitives et des neurosciences, afin que le lecteur et les concepteurs-artistes puissent bénéficier des bases de réflexion sur l'immersion et l'interaction émotionnelles. Ces bases de réflexion ont pour vocation de souligner l'importance d'une juste intégration des spectateurs ou des participants sur le mode de l'immersion et l'interaction émotionnelles, en vue de soigner la présence émotionnelle des individus dans les environnements virtuels avec immersion proprioceptive.

- La deuxième partie traite de « la recherche sur les émotions appliquée aux arts en environnement virtuel à distance et virtuels avec immersion proprioceptive, pour les concepteurs-artistes ». Elle fait la transition entre les théories de sciences exactes et des sciences humaines et sociales (Arts), en traitant des moyens techniques et de *design* pouvant aboutir à une immersion et une interaction émotionnelles dans le cadre de la création artistique. Cette partie s'appuie sur un corpus de dispositifs et d'œuvres réalisés dans des environnements réels, virtuels à distance et virtuels avec immersion proprioceptive, ayant abordé le sujet de l'immersion et l'interaction émotionnelles.

- La troisième partie s'intéresse à « la création artistique avec immersion et interactions émotionnelles ». Elle a pour vocation de livrer des clés de création, narratives, esthétiques, fonctionnelles, aux concepteurs-artistes dans le cadre de leur production extéroceptive (cinéma, jeu vidéo essentiellement), et proprioceptive (réalité virtuelle). Enfin, à ce stade notre thèse profilera un guide pédagogique de la création avec immersion et interaction émotionnelles que concepteurs-artistes pourront solliciter dans le cadre de leur recherche-crédation.

- PARTIE I -

Actualité des théories sur le fonctionnement des émotions : environnement réel, environnements virtuels

La première partie aborde les postulats de base nécessaires à la compréhension des I² émotionnelles en réalité virtuelle : De quoi parlons-nous, lorsque nous évoquons le sujet des émotions ? Comment fonctionnent-elles ? Quel est le rapport de l'émotion à la cognition ? Quels sont les processus ou composantes mis en œuvre lors du phénomène émotionnel ? Les émotions sont-elles universelles et innées ou construites et acquises ? Comment distinguer les émotions d'autres phénomènes affectifs ? De quelles manières les émotions peuvent-elles influencer la prise de décision de l'individu et par conséquent, déterminer ses actions dans l'environnement virtuel ? Comment interfacer l'individu sur le plan émotionnel ? Que devient le phénomène émotionnel lorsqu'il est pris dans des connotations humain-œuvres numériques qui sont individuelles, intersubjectives et parfois collectives ?

Fonctionnement général des émotions

Introduction : cognition, émotion(s) et arts

« Et quoique peut-être, ou plutôt certainement, comme je le dirai tantôt, j'aie un corps auquel je suis très étroitement conjoint ; néanmoins, pourceque d'un côté j'ai une claire et distincte idée de moi-même, en tant que je suis seulement une chose qui pense et non étendue, et que d'un autre j'ai une idée distincte du corps, en tant qu'il est seulement une chose étendue et qui ne pense point, il est certain que moi, c'est-à-dire mon âme, par laquelle je suis ce que je suis, est entièrement et véritablement distincte de mon corps, et qu'elle peut être ou exister sans lui ²⁸».

En attribuant à l'esprit le terme de « res cogitans » et au corps celui de « res extensa », le dualisme cartésien a fait des deux « substances²⁹ », des concepts de nature hétérogènes³⁰. Partant de cet *a priori* ou de cette « intuition », la philosophie cartésienne a produit un écart fondamental entre la recherche sur les émotions et les sciences de l'esprit considérant seulement pour cette dernière « ce dont nous sommes conscients³¹ » (esprit = conscience). Même si dans le monde occidental, depuis les années 1950³² et jusqu'à la fin des années 1980, les sciences

²⁸ DESCARTES, René, *Méditations Métaphysiques* [1641], Paris, Levrault, 1824, p. 332.

²⁹ *Ibid.*, p. 333.

³⁰ La principale différence qui est sous-entendue par la citation en début de paragraphe est que l'une est existante (le corps) et l'autre est immortelle (l'esprit, l'âme).

³¹ LEDOUX, Joseph, *Le cerveau des émotions*, trad. de l'anglais par Pierre Kaldy, Paris, Odile Jacob, « Sciences » 2005, p. 42.

³² « Intelligence artificielle, neurosciences, psychologie, philosophie, linguistique : les sciences cognitives sont nées dans les années 1950 autour de ces cinq disciplines fondatrices » DORTIER, Jean-François, « Le réveil de la conscience », Dans Dortier, Jean-François (dir.), *Le cerveau et la pensée* [1998], Auxerre, « Sciences Humaines Éditions », 2e éd., 2014, p. 9. Les recherches autour de la cognition ont d'abord été approfondies du fait de l'invention de l'ordinateur et par conséquent l'émergence d'une nouvelle approche de la cognitive : le modèle computationnel (ou symbolique). À cette époque, l'esprit humain est d'abord considéré en tant que « dispositif de traitement de l'information » LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 30.

cognitives s'intéressent d'abord aux « *processus* inconscients plutôt que *contenus* conscients³³ », les recherches en la matière s'appliqueront principalement aux disciplines de l'esprit dites « nobles » : l'apprentissage, la mémoire, le raisonnement, la perception, etc.³⁴ Deux siècles plus tard, dans *L'Erreur de Descartes* (2017) Antonio Damasio traite de ce différentiel entre émotion, *soma* et sciences de l'esprit qui au fond, constitue d'abord une confusion philosophique et ensuite, par effet, une erreur méthodologique : le dualisme cartésien ne permet pas de comprendre précisément le sujet des émotions. À travers différentes expérimentations neuroscientifiques (le test du jeu de Poker, par exemple) et des études de cas (Phineas P. Gage³⁵ ; Elliot³⁶) Antonio Damasio démontre que c'est au contraire parce que « nous sommes, [que] donc nous pensons ». L'existence du corps précède celle de la pensée, d'abord à l'échelle d'un « état du corps », d'une « tranche de vie instantanée³⁷ » et ensuite à l'échelle plus globale du fonctionnement biologique humain :

« Nous sommes, et ensuite nous pensons, et nous ne pensons que dans la mesure où nous sommes, puisque la pensée découle, en fait, de la structure et du fonctionnement de l'organisme³⁸ ».

Enfin, à l'échelle de la spéciation humaine :

« Du point de vue évolutif, ce sont précisément les mêmes raisons qui ont jouées. Pour que soit apparu le système nerveux dans l'évolution, il a d'abord fallu qu'existent des organismes simplement dotés d'un corps³⁹ ».

³³ *Ibidem*. Le résultat les intéresse moins que les processus, les mécanismes qui sont à son origine.

³⁴ Autrement nommée « cognition froide ». La « cognition chaude » s'intéressera à l'influence d'autres disciplines, par exemple l'éthique ou les réactions émotionnelles, sur les fonctions cognitives.

³⁵ Phineas P. GAGE, (1848) est un responsable de la compagnie Rutland & Burlington (construction de chemin de fer). Il s'est fait transpercer le crane (le lobe préfrontal) par une barre de fer lors d'un accident au travail. Malgré cet épisode, il conserve un esprit rationnel (comme en témoigne le docteur Edward Williams, 1850) mais « son caractère, ses goûts et ses antipathies, ses rêves et ses ambitions » sont altérés. DAMASIO, Antonio R., *L'Erreur de Descartes. La raison des émotions* [1994], Trad. De l'anglais par Marcel Blanc, Paris, Poche Odile Jacob, « Sciences », 2017, p. 26.

³⁶ Elliot est un patient de Antonio Damasio qui semble avoir les mêmes symptômes que P. GAGE suite à une tumeur du cerveau (un méningiome).

³⁷ DAMASIO, Antonio R., *Op. Cit.*, p. 126.

³⁸ *Ibid.*, p. 335.

³⁹ *Ibid.*, p. 131.

Quand le corps et le cerveau interagissent, ils forment une « unité interne⁴⁰ » en communiquant via des messages électriques (nerveux) et chimiques (« hormones, neurotransmetteurs et modulateurs⁴¹ ») dans l'un et l'autre sens des deux voies qui les relient : celle des « nerfs périphériques sensoriels et moteurs » et celle de la « circulation sanguine⁴² ».

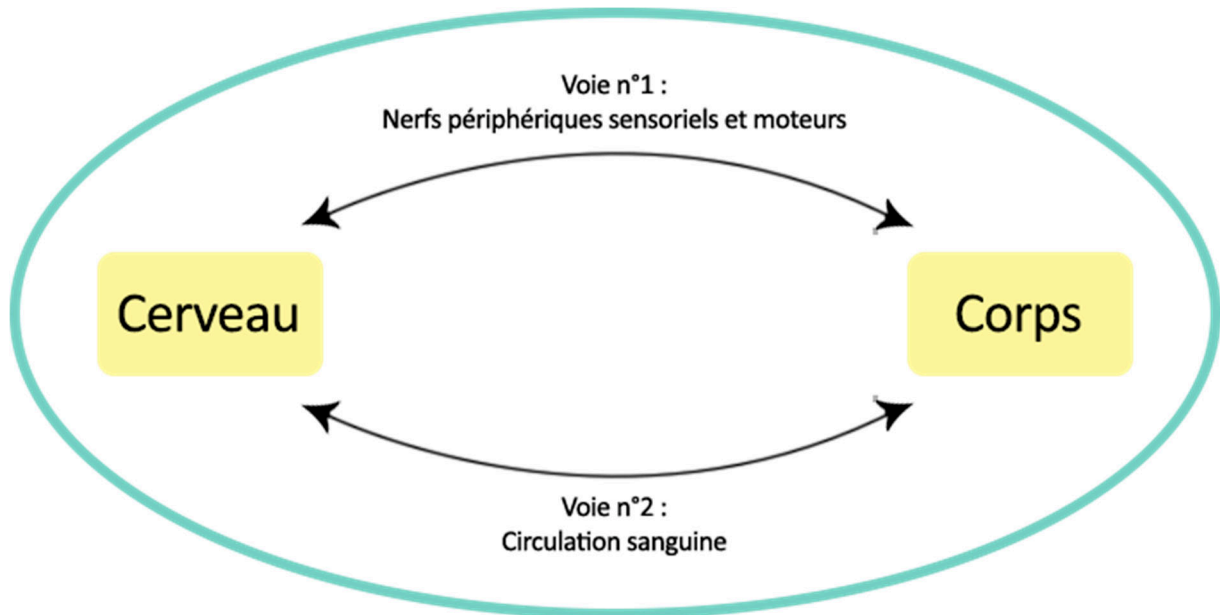


Figure 2 : Modèle d'interaction corps et esprit de Antonio Damasio (Unité Interne, dessin de l'auteure)

Une autre « erreur » de la philosophie cartésienne porte aussi à notre sens sur le caractère individuel et autonome du développement de l'esprit (le « *je pense, je suis* »), car comme nous invite à réfléchir Philippe Rochat : ce monde est avant toute chose « le monde imaginaire des regards d'autrui portés sur soi⁴³ ». Nous pensons donc que la conscience de l'individu se construit sur la base d'un dialogue, elle se construit dès l'enfance comme « co-conscience de soi en relation avec autrui⁴⁴ » : l'humain se construit d'abord et en fin « pour et par les autres⁴⁵ ». Il est important de relever ce point car comme nous le verrons aux chapitre 3 et 6, le rôle des

⁴⁰ *Ibid.*, p. 126.

⁴¹ *Ibid.*, p. 127.

⁴² *Ibidem.*

⁴³ ROCHAT, Philippe, « Naissance de la co-conscience », *Intellectica*, vol. 1, 2002, p. 101.

⁴⁴ *Ibidem.*

⁴⁵ *Ibid.*, p. 117.

phénomènes émotionnels intersubjectifs et collectifs est massif dans le cadre de la création et de la réception artistique. C'est une chose particulière, de créer et de vivre des expériences émotionnelles qui sont individuelles et une tout autre chose de les créer et de les expérimenter à deux et plus.

En résumé, la « Cognition » et les « émotions » ne sont pas une et même chose, néanmoins l'une et l'autre ont un fonctionnement dialogique qui implique que nous devions les étudier conjointement⁴⁶ : il faut « considérer émotion et cognition comme des fonctions mentales séparées mais en interaction, qui agissent par le biais de systèmes cérébraux également distincts mais interactifs⁴⁷ ». Les émotions sont donc à part entière « des fonctions cérébrales » et elles sont donc plurielles car il n'existe pas de « systèmes neuronaux » et de « signature physiologique⁴⁸ » propres à « l'émotion » en tant qu'une entité globale, mais à des « classes spécifiques d'émotions⁴⁹ ». Joseph Ledoux fait notamment ce constat en se focalisant sur l'émotion de peur : « La peur est ressentie différemment de la colère ou de l'amour parce qu'elle a sa propre signature physiologique. L'aspect mental de l'émotion, le sentiment, est l'esclave de la physiologie et non l'inverse⁵⁰ ». Cette recherche est étendue à d'autres émotions telles que la colère, le dégoût et la tristesse. En outre, une étude sur le sujet a été publiée et suppose reconnaître la « spécificité des schémas de réponses du système nerveux autonome aux émotions de base⁵¹ ». Toutefois pour la plupart de ces phénomènes émotionnelles, il nous reste encore à découvrir leur « signature physiologique » respective, si tant est qu'une telle chose soit possible : les complexités méthodologiques de ce type d'étude associées au fait qu'il faille dissocier dans l'analyse, l'aspect social de l'émotion (apprentissage) de l'aspect biologique, rendent ce type d'observation très compliqué⁵².

⁴⁶ « *La science de l'esprit* est l'héritière naturelle des royaumes à la fois de la cognition et de l'émotion. Les *sciences cognitives*, quant à elles, doivent se restreindre à l'étude de la cognition proprement dite, sans se soucier de l'émotion », LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 42.

⁴⁷ *Ibid.*, p. 71.

⁴⁸ *Ibid.*, p. 47-48.

⁴⁹ *Ibidem.*

⁵⁰ *Ibid.*, p. 14.

⁵¹ COLLET Christian, DITMAR André, DELHOMME Georges, VERNET-MAURY Evelyne, « Autonomic nervous system response patterns specificity to basic emotions », *Journal of the Autonomic Nervous System*, vol. 62, Février 1997, p. 45-57.

⁵² Sur le sujet, voir le point 2.3 de ce chapitre sur les émotions mixtes et le chapitre 5 sur la mesure des émotions.

Un lien entre les émotions et la cognition se laisse aussi entrevoir étant donné que les émotions, qui sont majoritairement inconscientes, donnent parfois lieu à des « sentiments émotionnels⁵³ » quand elles relèvent d'une prise de conscience. Ces sentiments-émotionnels (ou sentiments) ne sont pas « différents d'autres états de conscience, comme le fait de se rendre compte que l'objet arrondi et plutôt rouge devant soi est une pomme⁵⁴ ».

Dorénavant, nous considérons que la cognition et les émotions peuvent être étudiées conjointement, toutefois il nous reste à prendre en considération l'évolution des approches scientifiques autour du phénomène émotionnel et de son intégration comme sujet à part entière dans la recherche universitaire. Pour rendre compte de ces déplacements et croisements disciplinaires, nous reprenons de manière synthétique une étude réalisée par Klaus Rothermund et Sander Koole qui s'appuie sur les publications choisies par la revue *Cognition & Emotion* durant trois décennies (1987-2017). Cet échantillon de la recherche s'organise en trois approches dominantes qui constituent dans le même temps, trois périodes singulières de la recherche contemporaine sur les émotions :

- De 1987 à 1999 : l'ère « pionnière lors de laquelle les théories cognitives sont appliquées à l'analyse scientifique des émotions⁵⁵ » permettra entre autres d'effectuer ce passage d'une cognition « froide » à une cognition « chaude⁵⁶ » en traitant surtout des problématiques fondamentales, « les grandes questions⁵⁷ ». Durant cette période,

⁵³ LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 19.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 20.

⁵⁵ ROTHERMUND Klaus, KOOLE Sander L., « Three decades of *Cognition & Emotion* : A brief review of past highlights and future prospects », dans *Cognition and Emotion*, vol. 32, le 12 Février 2018, p. 1, [<https://doi.org/10.1080/02699931.2018.1418197>]

⁵⁶ « De nos jours, la recherche sur l'émotion et son interface avec la cognition est largement acceptée comme une entreprise scientifique légitime. Cependant, cela n'a pas toujours été le cas. Au cours des années 1980, *Cognition & Emotion* s'est établi en tant que revue, la question était encore vivement débattue de savoir si l'émotion se prêtait à une enquête empirique. [...] Au départ les psychologues cognitifs se concentraient sur la cognition "froide", comme l'acquisition du langage, la perception visuelle et la résolution de problèmes. Cependant, il ne fallut pas longtemps avant que les psychologues ne réalisent que le paradigme cognitif pouvait être étendu à la cognition "chaude", ramenant ainsi l'étude de l'émotion dans le courant dominant » ROTHERMUND Klaus, KOOLE Sander L., *Op. Cit.*, p. 2-3.

⁵⁷ *Ibid.*, p. 4.

Keith Oatley écrit un article pour rallier le rôle des sciences cognitives à la compréhension des émotions⁵⁸ et Paul Ekman élabore sa théorie sur « les émotions de bases⁵⁹ ». Pour le reste, nous avons des articles qui décrivent l'implication sociale des émotions⁶⁰, le rôle de l'émotion dans l'action⁶¹, des sujets repris et augmentés plus tard tels que, la fonction des émotions⁶² et le constructivisme culturel des émotions⁶³.

- De 2000 à 2007, les recherches empiriques sur les émotions se développent et les problématiques traitées se précisent : « Plutôt que de discuter encore et encore des mêmes grandes questions, les grandes questions ont été successivement décomposées en questions plus petites qui se prêtent à une enquête empirique⁶⁴ ».

- De 2008 à 2017, la recherche sur les émotion s'intéresse davantage aux principes d'«auto-régulation et leur implications ». Durant cette période, les études s'accroissent et *Emotion & Cognition* double le nombre de ses sorties par an (de quatre publications à huit publications⁶⁵). D'autres journaux et presses universitaires s'intéressent au domaine des émotions et de la cognition (les Presses Universitaire d'Oxford publient par exemple en 2006 *Social Cognitive and Affective Neuroscience*).

La fin de l'opposition entre le corps(matière) au cerveau(esprit) et par effet, entre les émotions à la cognition, est le postulat de base sur lequel repose notre raisonnement pour cette

⁵⁸ OATLEY, Keith, « Editorial : Cognitive science and the understanding of emotions », *Cognition & Emotion*, vol. 1, 1987, p. 209-216.

⁵⁹ EKMAN, Paul, « An argument for basic emotions », *Cognition & Emotion*, 1992, vol. 6, p. 169-200.

⁶⁰ BRADBURY Thomas N., FINCHAM Frank D., « Affect and cognition in close relationships : Towards an integrative model », *Cognition & Emotion*, vol. 1, 1987, p. 59-87, et CONWAY Martin A., BEKERIAN Debra A., « Situational knowledge and emotions », *Cognition & Emotion*, vol. 1, 1987, p. 145-191.

⁶¹ FRIJDA, Nico H., « Emotion, cognitive structure, and action tendency », *Cognition and Emotion*, vol. 1, 1987, p. 115-143, et WEINER Bernard, GRAHAM Sandra, « Understanding the motivational role of affect : Life-span research from an attributional perspective », *Cognition & Emotion*, vol. 3, 1989, p. 401-419.

⁶² PARROTT, Gerrod W., « Function of Emotion : Introduction », *Cognition and Emotion*, vol. 13, 1999, p. 465-466.

⁶³ MANSTEAD Anthony, FISHER Agneta, « Beyond the universality-specificity dichotomy », *Cognition and Emotion*, vol. 16, 2002, p. 1-9.

⁶⁴ ROTHERMUND Klaus, KOOLE Sander L., *Op. Cit.*, p. 4.

⁶⁵ *Ibid.*, p. 5.

argumentation de thèse : de celui-ci découle un intérêt pour l'induction et l'expression des émotions et donc pour la recherche en Art. Comme le suggère Antonio Damasio, il faut « replacer l'esprit dans le corps » et replacer le corps et les émotions dans le cadre d'une recherche interdisciplinaire et intermédiaire qui s'intéresse aussi aux processus mentaux (cognition, neurosciences). Par effet, si l'on s'intéresse aux phénomènes émotionnels, nous devons nous intéresser actuellement à la perception, l'induction, l'expression des émotions dans le cadre des environnements médiatisés et numériques, qui représentent une majeure partie de nos interactions sociales. Aussi, dans le cadre de cette thèse nous nous focaliserons sur des expériences artistiques qui sont à l'origine de ces phénomènes et qui constituent d'ailleurs un bon moyen de conserver la « chaleur » et la « passion » qui caractérisent les émotions⁶⁶. Notre recherche a donc pour objectif de produire une analyse transdisciplinaire du phénomène émotionnel croisant dans notre cas, les études d'art - une approche centrée sur le langage (analyse narratologique, esthétiques, participation, etc.), une approche centrée sur la réception des « spect-acteurs » - à l'étude du corps humain (physiologie, sciences cognitives et neurosciences), afin de réfléchir aux modalités de la communication émotionnelle en réalité virtuelle. En se focalisant sur les I² émotionnelles en réalité virtuelle, notre recherche et création fait donc suite à ces débats. Elle souhaite répondre à des problématiques actuelles : quel est le rôle des émotions dans l'action en environnement virtuel ? Comment les concepteurs-artistes peuvent-ils s'inspirer du fonctionnement émotionnel humain pour leur création ? De quelle manière les spectateurs ou participants se saisissent-ils d'une œuvre construite sur le mode des I² émotionnelles ? Pour répondre à toutes ces questions, nous devons définir dans un premier temps ce que nous entendons par « émotions ». Par conséquent, le présent chapitre développe en « entonnoir », du plus général au particulier, les postulats de base issus de la recherche en sciences cognitives et neurosciences, qui constituent le point de départ de notre réflexion sur les immersion et interaction émotionnelles en réalité virtuelle.

1. Petite Histoire des théories sur le fonctionnement émotionnel humain

⁶⁶ LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 41. L'auteur constate néanmoins que de plus en plus de cognitivistes s'intéressent aux émotions. Mais ce faisant, ils dépossèdent pour la plupart l'émotion « de la chaleur », de la « passion » qui la caractérise. Il dit à ce sujet : « En troquant les passions liées aux émotions contre des pensées, les théories cognitives ont fait des émotions des états d'esprit froids et sans vie », *Ibid.*, p. 45.

Une « petite histoire » des théories sur le fonctionnement des émotions nous permet en première instance de replacer notre sujet d'étude - l'immersion et interaction émotionnelle en environnement de réalité virtuelle - dans un cadre de recherche plus large afin d'expliquer les directions que nous prendrons tout au long de cette thèse. Cette « petite histoire » a aussi une vocation pédagogique, qui souhaite rendre accessible aux concepteurs-artistes une synthèse des règles et caractéristiques qu'il faut connaître pour bien aborder les créations sous le mode I² émotionnel.

1.1 – Approche périphéraliste

À la fin du 19^e siècle, William James développe une approche qui porte sur la conscience émotionnelle ou « ressenti-sentiment⁶⁷ » et qui se caractérise par la perception des changements d'états de son propre corps. Alfred Binet qui écrit sur la pensée de William James en 1902, utilise une formule qui à notre sens, simplifie efficacement le point de vue de l'auteur sur le sujet. Il dit : « Qu'est-ce donc que la tristesse ? – Simplement la conscience plus ou moins vague des phénomènes vasculaires qui s'accomplissent dans son corps et de toutes leurs conséquence⁶⁸ ». Ce concept de « conscience émotionnelle » est très en lien avec l'hypothèse de James-Lange sur la séquence émotionnelle⁶⁹ qui suppose que l'émotion est la conséquence, une « sensation secondaire », « périphérique⁷⁰ » de « la perception de ces [des] changement corporels » éprouvés par un individu. Ainsi, je tremble *donc* j'ai peur ou je pleure *donc* je suis triste⁷¹. L'approche périphéraliste de James-Lange implique donc une prise de conscience - c'est parce que je constate un tremblement soudain, que j'ai peur - que nous pourrions résumer ainsi :

⁶⁷ Ne pas confondre « émotions » et « sentiments » James parle bien de sentiments quand il parle de « conscience émotionnelle ».

⁶⁸ BINET, Alfred W., « W. James. La théorie de l'émotion », *L'année psychologique*, vol. 9, 1902, p. 391 [compte-rendu].

⁶⁹ Carl Georg Lange (anatomiste) était arrivé à la même conclusion en 1885.

⁷⁰ JAMES, William, « What is an emotion? », *Mind*, vol. 9, n°34, 1884, p. 17.

⁷¹ *Donc* et non pas *car* ou à l'inverse : *je suis triste car je pleure*.

Les récepteurs du corps (manifestent une modification physiologique, sous la forme par exemple, d'un tremblement) → au système nerveux central (Prise de conscience de l'émotion en train de se produire).

De nombreux auteurs⁷² ont critiqué la théorie James-Lange car celle-ci « n'accordait pas beaucoup de poids, dans ce contexte, au processus mental d'évaluation de la situation provoquant l'émotion » et parce que W. James « n'avait pas envisagé de mécanisme alternatif (ou supplémentaire) pour la perception des émotions⁷³ », la perception des émotions ayant toujours le corps comme référent. Il n'avait pas non plus « envisagé les rôles possibles de l'émotion dans les processus cognitifs et le comportement⁷⁴ ». Pour William James à ce stade, l'émotion n'est que le constat des modifications organiques spécifiques (une signature physiologique de l'émotion, un « feedback »), telles qu'elles sont perçues par l'individu.

1.2 – Approche centraliste

Une des plus grandes critiques de la théorie Jamesienne est formulée par Walter Cannon et Philip Bard (doctorant de W. Cannon à l'époque), dans les années 1920 (1922-1927). Pour ces deux chercheurs, il n'y a pas de lien particulier entre un éprouvé physique - l'augmentation de la fréquence cardiaque, par exemple - et l'émotion ressentie (la peur, la colère). S'oppose donc à la théorie périphéraliste de James-Lange, la théorie centraliste de Cannon-Bard : deux émotions singulières peuvent très bien se partager les mêmes modifications physiologiques. Si les réponses physiologiques ne sont pas spécifiques, comment peuvent-elles provoquer des émotions différenciées ? À partir de ce constat, les chercheurs proposent « une théorie centrale des émotions dans laquelle ces dernières sont déclenchées par une activation centrale sous-corticale⁷⁵ » : la perception d'un stimulus implique le système thalamique (nerveux central) et

⁷² George Mandler, Paul Ekman, Richard Lazarus, Robert Zajonc (voir le point 1.4 de ce chapitre notamment).

⁷³ DAMASIO, Antonio R., *Op. Cit.*, p. 182-183.

⁷⁴ *Ibid.*, p. 183.

⁷⁵ BERTHOZ Sylvie, GREZES Julie, ARMONY Jorge L., PASSINGHAM Richard E., DOLAN Raymond J, « Affective response to one's own moral violation », *NeuroImage*. vol. 31, n°2, 2006, p. 16.

provoque simultanément une réaction physiologique (tremblement, etc.) et un éprouvé émotionnel (peur, colère, etc.). Enfin, les réponses végétatives (le système nerveux autonome) n'impliquent pas obligatoirement une réaction émotionnelle.

Système nerveux central → modification physiologique

1.3 – Théorie bi-factorielle de l'émotion, évaluation et approche processus-composante

En 1962, Stanley Schachter et Jérôme Singer essayent de trouver une résolution au débat entre James-Lange et Cannon-Bard à travers la théorie bi-factorielle de l'émotion (théorie Schacter-Singer). Selon les auteurs, « les émotions résultent d'une interprétation cognitive des situations⁷⁶ ». Les stimuli provenant du contexte dans lequel se trouve l'individu, transforment l'état de son corps. L'émotion suppose donc l'implication de deux facteurs, une réaction physiologique et une réaction cognitive. Elle est le résultat d'un traitement cognitif, et plus précisément d'une analyse cognitive des signaux du corps expliqués à partir de la situation vécue par le sujet.

La théorie de Schachter-Singer a été débattue et par la suite approfondie par Magda Arnold (1960, origine de l'idée), qui apporte à la théorie de l'éveil cognitif un aspect fondamental, celui de l'arbitrage du stimulus (arbitrage inconscient), des stimuli par le cerveau (théorie sur le Concept d'évaluation ; *appraisal*). Le phénomène émotionnel de M. Arnold se présente ainsi : un stimulus est d'abord évalué (inconsciemment) et en fonction de cette évaluation, il s'engage dans une séquence émotionnelle appropriée (une tendance à l'action et puis un sentiment, par exemple). La tendance à l'action telle qu'elle est imaginée par M. Arnold suppose que l'individu s'écarte ou se rapproche de l'objet qui est à l'origine de l'émotion perçue : « L'émotion est une tendance d'action ressentie, attraction ou répulsion, qui se manifeste de manière non raisonnée et non volontaire en raison des attentes issues de l'expérience antérieure

⁷⁶ Théorie expliquée dans LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 48-49.

du sujet⁷⁷». Cette tendance à l'action provoque « immédiatement [...] une attitude émotionnelle (peur, colère, dégoût...) ⁷⁸», qui donne lieu parfois à des sentiments conscients. Un dernier processus d'évaluation (qualifié comme « secondaire »), estime les changements de l'état du corps propre du sujet, en fonction qu'ils soient « souhaitables ou non ». En fonction de cette évaluation, le sujet va soit exprimer l'émotion ressentie, soit l'inhiber. La vision de M. Arnold est critiquée par Joseph Ledoux qui considère que le modèle général de l'évaluation n'implique pas forcément de tendance à agir⁷⁹ mais est nécessaire pour faire apparaître un sentiment :

Reprise du modèle évaluatif de M. Arnold par Joseph Ledoux⁸⁰ :

Stimulus → évaluation → Sentiment

Enfin, dans les années 1980 (1984-1989), l'approche processus-composante (ou approche componentielle) de Klaus R. Scherer postule que le phénomène émotionnel est régi par cinq composantes agissant en synchronie : cognitive, subjective, expressive, physiologique et motivationnelle. Cette approche nous servira notamment dans le chapitre 4 pour constituer une séquence émotionnelle dédiée aux concepteurs-artistes.

1.4- Théorie des affects premiers, « Reappraisal » et double voie du stimulus

Au début des années 1980⁸¹, une nouvelle controverse traverse le champ de la recherche sur les émotions. Elle oppose cette fois-ci Robert Zajonc et Richard Lazarus et impute au sujet

⁷⁷ Approche de M. Arnold résumée par RIME, Bernard, « L'émergence des émotions dans les sciences psychologiques », *L'Atelier du Centre de recherches historiques*, vol. 16, 2016, publié le 23 Mai 2016, consulté le 2 Mai 2019, [<http://journals.openedition.org/acrh/7293>]

⁷⁸ *Ibidem*.

⁷⁹ LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 55.

⁸⁰ *Ibidem*.

⁸¹ Première publication de Robert Zajonc sur le sujet en 1980, ZAJONC, Robert B., « Feeling and thinking : Preferences need no inferences », *American Psychologist*, vol. 35, n° 2, 1980, p. 151-175, et réponse de Richard Lazarus en 1982 dans LAZARUS, Richard S., « Thoughts on the relations between emotion and cognition », *American Psychologist*, vol. 37, n° 9, 1982, p. 1019-1027.

de l'implication des processus cognitifs dans la formation d'une expérience émotionnelle. Robert Zajonc développe la « théorie des affects premiers » qui suppose que le traitement affectif précède dans le temps au traitement cognitif. La réaction affective est plus rapide car elle ne passe pas forcément par les processus d'évaluation cognitive. Les deux systèmes (affectif et cognitif) sont donc différenciés. Chez R. Zajonc, « les émotions priment sur la cognition⁸² ». Cela est contestable car comme nous le savons, « l'absence de reconnaissance consciente n'est pas, à strictement parler, suffisante pour exclure la cognition du traitement émotionnel⁸³ ». Néanmoins R. Zajonc démontre via la théorie des affects premiers que la prise de conscience n'est pas une nécessité lors de la réception des stimuli qui sont à l'origine des émotions vécues par l'individu. Avec R. Zajonc on a :

Stimulus → affects → cognition (rapidité du traitement)

Richard Lazarus s'oppose à l'idée d'une primauté des affects sur la cognition. Pour l'auteur, les affects et la cognition sont interdépendants et les processus cognitifs précèdent la réaction affective. L'évaluation cognitive suscitée par un stimulus traverse plusieurs niveaux d'affinement. En premier lieu, l'évaluation est globale et rapide. Elle intègre ensuite des données contextuelles plus précises et produit *in fine* chez l'individu, l'éprouvé émotionnel correspondant à la situation. Avec la théorie de R. Lazarus, on a :

Stimulus → première évaluation (globale/rapide) → deuxième évaluation (informations plus précises) → Réévaluation (*Reappraisal*) → Emotion(s)

⁸² LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 56.

⁸³ *Ibid.*, p. 57.

En résumé, pour Robert Zajonc « la valeur émotionnelle d'un stimulus peut être appréciée sans aucune élaboration cognitive préalable⁸⁴ ». Pour Richard Lazarus, « l'évaluation cognitive est une condition nécessaire à toute expérience émotionnelle ». Le modèle de Joseph Ledoux, va répondre à ce nouveau débat en faisant finalement état d'une double voie : un stimulus sensoriel prend soit la direction du cortex cérébral (réaction plus lente, traitement cognitif), soit prendre la direction de l'amygdale (réaction plus rapide, contourne les aires corticales : absence de traitement cognitif, l'information est donc « diminuée »). Les deux voies peuvent évidemment être empruntées par le même stimulus⁸⁵. Dans le cas du modèle de Joseph Ledoux, on a donc :

Voie 1 (rapide/directe/allégée/basse/sous-corticale) : Stimulus → Thalamus → Amygdale

Voie 2 (lente/indirecte/précise/haute/corticale) : Stimulus → Thalamus → Cortex cérébral (→ hippocampe) → Amygdale

Le Cerveau des Émotions se focalise surtout sur les « voies » de la peur, en utilisant comme méthode d'induction émotionnelle la méthode du « conditionnement à la peur », qui associe un stimulus, un choc par exemple, à un autre stimulus, une lumière ou un son⁸⁶. Dans le cas d'un stimulus de peur, il existe donc deux voies allant en direction de l'amygdale :

- la voie basse (thalamique ou « sous-corticale⁸⁷ ») qui est rapide mais imprécise (permet d'engager la réponse au danger).

⁸⁴ MERMILLOD Martial, SILVERT Laetitia, DEVAUX Damien, VERMEULEN Nicolas, NIEDENTHAL Paula, « Les émotions », dans Denis, Michel (dir.), *La Psychologie cognitive*, Fontenay-Le-Compte, Maison des sciences de l'homme, « Cogniprisme », 2012. p. 285.

⁸⁵ Si l'individu doit interpréter plusieurs stimuli, l'hippocampe réalisera « une représentation du contexte contenant non pas le stimuli pris un à un mais les relations qui les unissent⁸⁵ », dans l'objectif de fournir une évaluation globale de la situation, LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 165.

⁸⁶ *Ibid.*, p. 144.

⁸⁷ *Ibid.*, p. 160-162.

- la voie haute (corticale) plus lente mais détaillée⁸⁸, qui fournira davantage d'informations à l'individu.

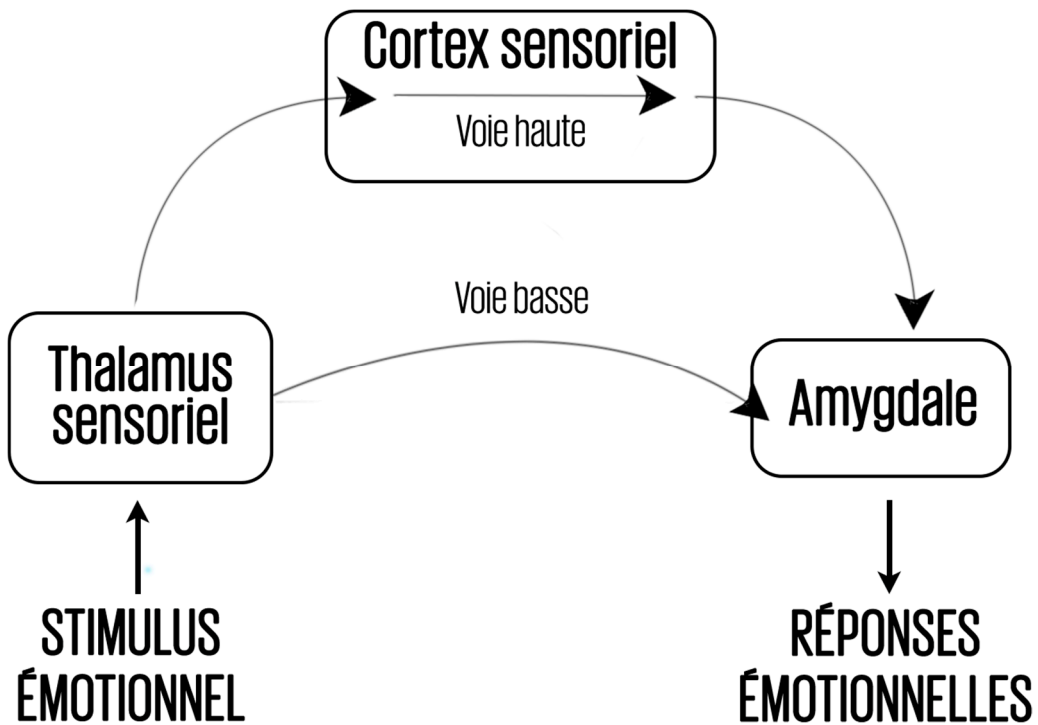


Figure 3 : Voie haute et basse vers l'amygdale, selon Joseph Ledoux

L'expérience consciente d'une émotion implique selon Joseph Ledoux des systèmes permettant de recevoir l'information sensorielle (le thalamus sensoriel), dans l'objectif de produire « les réponses comportementales, végétatives et hormonales⁸⁹ ». Dans un second temps, l'information sensorielle engendre un « éveil cortical » (cortex sensoriel), permettant de préciser la nature du stimulus⁹⁰. Ensuite, l'information parvient à l'amygdale qui déclenche

⁸⁸ *Ibid.*, p. 162.

⁸⁹ *Ibidem.*

⁹⁰ Joseph Ledoux émet l'hypothèse que la perception de nos émotions (les sentiments émotionnels) est aussi liée à la mémoire de travail « qui garde la trace de ces mémoires-tampons à court terme [les mémoires-tampons du cortex sensoriels], récupère l'information de la mémoire à long terme, et interprète les contenus des mémoires-tampons à court terme en fonction des souvenirs à long terme activés », *Ibid.*, p. 292.

dans le cadre d'une émotion de peur, « le répertoire complet des réactions de défense⁹¹ » : reflexe de sursaut, immobilisation (réponse comportementale), pression sanguine (réponse du système nerveux autonome), hormones du stress (réponse hormonales). Ces réactions somatiques et viscérales provoquent ensuite une « rétroaction corporelle » : elles « retournent au cerveau lorsque se joue la réponse émotionnelle⁹² ».

En résumé, grâce au modèle de Joseph Ledoux nous comprenons que les réponses motrices (ou tendance à l'action) issues d'un traitement émotionnel par voie basse sont plus rapides que les réponses motrices résultant d'une prise de conscience⁹³, ce qui souligne l'importance d'en connaître les mécanismes afin de pouvoir « maîtriser » leur application dans le cadre d'une expérience de réalité virtuelle :

« il est dans la nature de l'émotion, je crois, que les émotions puissent commencer si rapidement qu'elles peuvent se produire avant que l'on se rende compte qu'elles ont commencé⁹⁴ ».

En effet, le phénomène émotionnel est dit « phasique⁹⁵ », car il « se développe rapidement et fortement sous l'influence d'un stimulus, puis s'adapte après une brève période d'excitation ». Il a quatre caractéristiques qui lui sont spécifiques, une « émergence rapide », « un tonus » ou une excitation particulière (*arousal*), une « instabilité » et une « résorption plus ou moins rapide⁹⁶ ». Cependant, dans cette acceptation l'émotion donne l'impression que « l'état initial [de l'individu] est récupéré tel qu'il était auparavant⁹⁷ » et que le vécu normal de l'être humain est « an-émotionnel ». Or cela est faux, dans certains cas que Christian Platin nomme « les grandes émotions », ces dernières modifient en profondeur le vécu de l'individu

⁹¹ *Ibid.*, p. 161-162.

⁹² *Ibid.*, p. 292.

⁹³ *Ibid.*, p. 292. Joseph Ledoux émet l'hypothèse que la perception de nos émotions (les sentiments émotionnels) est liée à la mémoire de travail.

⁹⁴ EKMAN, Paul, « An argument for basic emotions », *Cognition & Emotion*, 1992, vol. 6, p. 185-186.

⁹⁵ PLANTIN, Christian, « L'émotion comme condition interactionnelle », dans Maria Alejandra Vitale, Eduardo Lopes Piris, Alicia Eugenia Carrizo, Isabel Cristina Michelan de Azevedo (dirs.), *Estudios Sobre Discurso y Argumentacion*, Coimbra, Gracio Editor, 2019, p. 40.

⁹⁶ *Ibid.*, p. 43.

⁹⁷ *Ibidem*.

sur le long terme. C'est à partir de ces deux *a priori* que Christian Plantin propose de penser l'émotion non pas comme un « épisode », mais plutôt comme un « flux⁹⁸ ».

2. Caractéristiques des émotions

Dans le cadre de cette deuxième partie, nous souhaitons définir les caractéristiques nous permettant de reconnaître, de définir, le phénomène émotionnel. Pour cela, nous nous intéresserons aux moments majeurs de la recherche sur les émotions, qui ont depuis façonné l'approche que nous avons du sujet. Aussi, définir les différentes caractéristiques du phénomène émotionnel au sens large et des émotions en particulier, nous permettra d'établir des modèles d'I² émotionnelles opérant dans des configurations artistiques et notamment de réalité virtuelle.

2.1– Fonctionnelles, innées, universelles et majoritairement inconscientes

En abordant le phénomène émotionnel de manière « biologique, innée [héréditaire] et universelle⁹⁹ », chez l'humain comme chez les animaux par l'étude des « mouvements expressifs du visage¹⁰⁰ », Charles Darwin a fait avancer la recherche sur les émotions de manière considérable. Son approche confère notamment aux émotions un rôle (une fonction) à jouer dans la théorie de l'évolution. Cette conception du phénomène émotionnel, se situe bien loin de celle qui a été enrichie depuis, par l'ajout de la dimension « constructiviste » (*sociale, acquise, secondaire¹⁰¹*). Toutefois, l'ouvrage de Charles Darwin n'en reste pas moins important au regard de la littérature actuelle, puisque ses postulats de base, notamment le caractère expressif et majoritairement inconscient des phénomènes émotionnels, seront repris par de nombreux chercheurs du XXe siècle appartenant au courant biologiste (ou « néo-darwinien », Carroll Izard et Paul Ekman, notamment) :

« Au moment où la bouche de cette dame avait commencé à prendre, involontairement et d'une manière inconsciente, la forme caractéristique d'un accès de pleurs, une impression nerveuse avait dû

⁹⁸ *Ibidem.*

⁹⁹ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *La face cachée des émotions*, Paris, Le Pommier, 2011, p. 16.

¹⁰⁰ CHANNOUF Ahmed, ROUAN Georges, *Emotions et Cognitions*, Bruxelles, De Boeck Supérieur, 2002, p. 7.

¹⁰¹ LEDOUX, *Op. Cit.*, p. 68.

se transmettre, sans doute par les voies dès longtemps accoutumées, à tous les muscles respiratoires, aussi bien qu'aux muscles péri-oculaires et au centre vasomoteur qui régit la circulation sanguine dans les glandes lacrymales¹⁰² ».

À ce titre, l'anthropologue Paul Ekman¹⁰³ élabore une théorie et une classification des émotions de base à partir de ses propres recherches sur les expressions faciales. Elles sont appelées « de base », car elles ont évolué en réponse à des « tâches fondamentales de la vie¹⁰⁴ » (approche néodarwinienne). Paul Ekman recueille treize émotions de base¹⁰⁵ : la colère, la peur, le dégoût, la tristesse, la joie, l'intérêt, le mépris, la surprise, la culpabilité, la honte, l'embarras, le respect et l'excitation¹⁰⁶. Elles se distinguent entre elles et avec d'autres états émotionnels à partir de neuf caractéristiques résumées dans le tableau ci-dessous¹⁰⁷ :

Tableau 4 : Caractéristiques permettant de distinguer les émotions de base entre elles et avec d'autres états affectifs selon Paul Ekman.

De base en ce qui concerne :		
	États distinctifs*	Apport biologique**
1. Des signaux universels distinctifs	x	x
2. Présence chez d'autres primates		x
3. Réactions physiologiques propres	x	x
4. Évènements déclencheurs universels distincts	x	x
5. Cohérence de la réponse émotionnelle entre les différentes composantes		x
6. Déclenchement rapide		x
7. Courte durée		x
8. Évaluation automatique		x
9. Apparition spontanée		x

Légende :

États distinctifs* = caractéristiques sociales ou acquises (constructivisme culturel)

Apport biologique** = caractéristiques innées

¹⁰² DARWIN, Charles, *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux* [1872], Trad. De l'anglais par Samuel Pozzi et René Benoit, Paris, C. Heinwald, 1890, p. 209.

¹⁰³ Et ses collaborateurs et collaboratrices, notamment Phoebe Ellsworth, Wallace Friesen, Robert Levenson.

¹⁰⁴ EKMAN Paul, *Op. Cit.*, 1992, p. 171.

¹⁰⁵ Quatre ne font aucun doute quant à leur appartenance (la colère, la peur, le dégoût et la tristesse), pour les autres, des études sont encore nécessaires, toutefois Paul Ekman les estime « candidates » à ce type d'interprétation.

¹⁰⁶ *Ibid.*, p. 191-193.

¹⁰⁷ *Ibid.*, p. 174-175.

Pour Paul Ekman, chaque émotion constitue en fait une « famille », c'est-à-dire un « thème » général se composant de « variations »¹⁰⁸, à l'intérieur desquelles certaines caractéristiques sont partagées. L'anthropologue observe à partir de ses recherches, non pas une expression de la colère, mais « plus de soixante expressions [...] partageant certaines configurations (modèles musculaires)¹⁰⁹ ».

D'autres chercheurs ont constitué leur propre liste d'émotions de base, comme en témoigne ci-dessous, un résumé non-exhaustif repris d'un compte rendu rédigé par Andrew Ortony et Terence J. Turner¹¹⁰ auquel nous pouvons ajouter les acceptions plus récentes de Derek Denton¹¹¹ (2005) et de Christophe André¹¹² (2011) :

¹⁰⁸ Les variations vont dépendre de plusieurs facteurs mais notamment des différences individuelles concernant « la constitution biologique », « les expériences d'apprentissage » à l'échelle de la vie humaine et de l'évolution, et les différences spécifiques qui ont attiré à la « nature de l'occasion dans laquelle une émotion se produit » *Ibid.*, p. 173.

¹⁰⁹ *Ibid.*, p. 172.

¹¹⁰ ORTONY Andrew, TURNER Terence J., « What's basic about basic emotions ? » *Psychological Review*, vol. 97, 1990, p. 316.

¹¹¹ En 2005, Derek Denton évoque l'existence d'émotions dites « primordiales » : la soif, la faim, le besoin d'air, la douleur, désir sexuel, etc. Elles sont véhiculées par des récepteurs internes nommés « intérocepteurs » : « La soif suppose un état physiologique (manque d'hydratation) qui se traduit par une sensation subjective de manque » DORTIER, Jean-François, « Le réveil de la conscience », *Op. Cit.* p. 396. La respiration, bien que nécessaire, se passe de sensation subjective associée et est automatique : « boire suppose une action volontaire et intentionnelle : se rendre à un point d'eau [...] », *Ibid.*, p. 397. Boire nécessite donc chez l'homme (à la différence d'autres espèces telles que certains invertébrés) des comportements conscients et non seulement automatiques.

¹¹² Se basant sur un postulat de psychologie clinique Christophe André développe une approche sur la fonction sociale des émotions fondamentales (colère, tristesse, peur, joie et honte), leurs « humeurs dérivées » et les méthodes pour palier ou contrôler ces dites humeurs. Chez C. André la colère par exemple, est déclenchée par une frustration. Cette colère a pour fonction « d'intimider les adversaires [...] économiser un conflit ». Elle a pour conséquence des « émotions dérivées » (autrement dit, des « humeurs », ou des « émotions mixtes ») telle que l'« irritabilité, [l'] agacement, [l'] hostilité, [la] mauvaise humeur » etc. Et par conséquent, elle produit des fonctions associées à ces émotions dérivées, telles que « dissuader les interactions potentiellement conflictuelles ». À partir de ce modèle, C. André énumère les « stratégies spontanées » mises en place par les sujets qui éprouvent une « émotion pénible » et souhaitent la réguler (par exemple, « parler à quelqu'un », « être seul », etc.). ANDRÉ, Christophe, « Peut-on gérer ses émotions ? », Dans Dortier, Jean-François (dir.), *Le cerveau et la pensée* [1998], Auxerre, « Sciences Humaines Éditions », 2e éd., 2014, p. 299.

Tableau 5 : Synthèse des taxonomies des émotions de base (approches catégorielles), d'après Ortony et Turner

Auteur.es	Émotions de base	Base d'inclusion
James (1884)	Peur, chagrin, amour, rage	Implication corporelle
McDougall (1926)	Colère, dégoût, exaltation, peur, sujétion, tendre-émotion, émerveillement	Instincts
Watson (1930)	Peur, amour, rage	Connexions « câblées » (hardwired) entre différentes composantes.
Arnold (1960)	Colère, aversion, courage, abattement, désir, désespoir, peur, haine, espoir, amour, tristesse	Tendances à l'action
Mowrer (1960)	Douleur, plaisir	États émotionnels non-appris
Izard (1971)	Colère, mépris, dégoût, détresse, peur, culpabilité, intérêt, joie, honte, surprise	Connexions « câblées » (« hardwired ») entre différentes composantes.
Plutchik ¹¹³ (1980)	Acceptation, colère, anticipation, dégoût, joie, peur, tristesse, surprise	Processus biologiques adaptatifs
Ekman, Friesen et Elsworth (1982)	Colère, dégoût, peur, joie, tristesse, surprise	Expressions faciales universelles
Gray (1982)	Rage et terreur, anxiété, joie	Connexions « câblées » (hardwired) entre différentes composantes.
Panksepp (1982)	Attente, peur, rage, panique	Connexions « câblées » (hardwired) entre différentes composantes.
Tomkins (1984)	Colère, intérêt, mépris, dégoût, détresse, peur, joie, honte, surprise	Densité de décharge neuronale
Weiner et Graham (1984)	Bonheur, tristesse	Attribution indépendante
Frijda (1986)	Désir, bonheur, intérêt, surprise, émerveillement, chagrin	Tendance à l'action
Oatley and Johnson-Laird (1987)	Colère, dégoût, anxiété, bonheur, tristesse	Ne nécessitent pas de contenu propositionnel

Les modèles taxonomiques des émotions sont pluriels et font appel à différentes classes et sous-classes d'émotions, ainsi que différents paramètres permettant de les relier ou de les différencier. Il n'est donc pas dans notre intérêt d'en faire une revue exacte, cependant il convient de citer ces approches car si elles s'avéraient justes, on pourrait « imaginer un

¹¹³ Dans le modèle multidimensionnel néodarwinien de Robert Plutchik (théories des émotions primaires et dérivées, 1980), des émotions primaires découleraient des dyades secondaires et tertiaires selon trois paramètres : 1. la « combinaison » : le niveau de similitude entre deux émotions, 2. le degré d'intensité des émotions : par exemple, l'agacement, puis la colère, puis la fureur, 3. la polarité : la répugnance s'opposant par exemple à l'adoration.

répertoire de base de décisions associé à celui des émotions¹¹⁴ », mais aussi un répertoire de signatures expressives (physiologiques, comportementales) associées à des émotions universelles, qui nous permettrait donc de répondre spécifiquement aux affects de l'individu au cours d'une expérience artistique.

Si les émotions peuvent être perçues à un niveau automatique, quel est rôle occupé par la conscience ? Selon Antonio Damasio, la conscience permet à l'individu « d'élargir les stratégies de défense¹¹⁵ ». La réponse émotionnelle est donc modulable « en fonction de l'histoire individuelle de votre interaction avec l'environnement¹¹⁶ ». Notre état émotionnel est signalé au cerveau par des « boucles neurales » et des « boucles chimiques¹¹⁷ » (de retour), composées d'hormones et de peptides et véhiculées via la circulation sanguine. Pour cela, ces dernières doivent traverser la « barrière hémato-méningée ». Sauf dans certains cas : certaines régions possèdent la capacité d'envoyer des messages à d'autres régions cérébrales ; d'autres sont dépourvues de barrière hémato-méningée (par exemple, l'*area postrema*). En résumé, pour Antonio Damasio nos éprouvés conscients fonctionnent ainsi :

« À mesure que des changements corporels prennent place, vous êtes informés de leur existence et vous êtes tenu au courant de leur continuelle évolution. Vous percevez les changements de votre état corporel, et suivez leur déploiement secondes après secondes, minutes après minutes. C'est en ce processus de continuelle surveillance du corps, en cette perception de ce que votre corps est en train de faire *tandis que* se déroulent vos pensées, que consiste le fait de ressentir des émotions. Si une émotion est constituée par une série de changements dans l'état du corps, en rapport avec des images mentales particulières ayant activé un système neural spécifique, *le fait de la ressentir est, fondamentalement, constitué par l'expérience vécue de ces changements, juxtaposée aux images mentales qui ont initié le processus*. En d'autres termes, ressentir une émotion dépend de la juxtaposition d'une image du corps proprement dite avec une image de quelque chose d'autre comme l'image visuelle d'un visage ou l'image auditive d'une mélodie¹¹⁸ ».

¹¹⁴ BERTHOZ Alain, *La Décision*, Paris, Odile Jacob, « Sciences », 2003, p. 59.

¹¹⁵ DAMASIO, Antonio R., *Op. Cit.*, p. 186.

¹¹⁶ *Ibid.*, p. 187.

¹¹⁷ *Ibid.*, p. 200.

¹¹⁸ *Ibid.*, p. 201-202.

Pour l'auteur il existe trois sortes de perception du corps. La première est la perception des « émotions universelles¹¹⁹ » (joie, tristesse, colère, peur et dégoût). La seconde consiste en des variations de ces cinq émotions universelles (la tristesse peut devenir de la mélancolie ou du désenchantement). La dernière est la perception de l'état « d'arrière-plan du corps ». Elle consiste en la perception du corps à « un niveau minimal de tonalité et de rythme¹²⁰ ». Cet état d'arrière-plan du corps « correspond à l'état du corps tel qu'il se présente entre des émotions ». Pour Antonio Damasio, sans cette perception constante, la « permanence interne du corps¹²¹ » qui contraste avec un environnement « qui change continuellement », il est impossible de distinguer « une représentation de notre "moi"¹²² », c'est-à-dire une identité individuelle. Il existe un lien initial que nous pouvons donc tisser entre perception des émotions, perception de l'arrière-plan du corps, c'est celui de la somaesthétique : les émotions, puisqu'elles « nous renseignent sur notre état viscéral et musculosquelettique » nous invitent à penser de *primo facto* le corps. Antonio Damasio l'envisage peut-être (en sus de l'a-dualisme corps-esprit), quand il dit : « La perception des émotions nous conduit à faire attention au corps, de façon étroite, comme lors d'un état émotionnel, ou de façon plus détachée, comme dans le cas de la perception d'arrière-plan¹²³ ».

Chez Antonio Damasio cette approche du corps comme des « états successifs de l'organisme [qui] donnent lieu [...] à des représentations neurales constamment renouvelées, organisées en multiples cartes interconnectées¹²⁴ » fondent la définition du « moi » chez le sujet. Ce *moi* est compris non pas comme un homoncule intérieur, mais comme « l'existence de ce "regard" [qui] se fonde sur un état biologique relativement stable, indéfiniment répété¹²⁵ ». Deux « séries » sont rappelées continuellement pour construire le *moi* d'un individu. En premier lieu « des représentations d'événements cruciaux de l'histoire de l'individu¹²⁶ » et des « souvenirs du futur possible. Ils [qui] sont conservés sous forme de représentations potentielles tout comme

¹¹⁹ *Ibid.*, p. 202.

¹²⁰ *Ibid.*, p. 208.

¹²¹ *Ibid.*, p. 214.

¹²² *Ibid.*, p. 209.

¹²³ *Ibid.*, p. 220.

¹²⁴ *Ibid.*, p. 317.

¹²⁵ *Ibidem.*

¹²⁶ *Ibid.*, p. 321.

les autres souvenirs¹²⁷». Et en deuxième lieu, une série qui « est formée par les représentations fondamentales du corps de l'individu [...]»¹²⁸. Ces représentations fondamentales renseignent sur l'état du corps général « dans le passé » et sur son état récent, « juste avant les processus conduisant à la perception de l'objet X¹²⁹ ». Antonio Damasio dit sur le sujet, « Ce qui nous affecte dans le moment présent est, en fait, en train d'affecter un concept du moi qui repose sur le passé, y compris le passé qui a eu lieu il y a un instant seulement¹³⁰ ». Ce concept du *moi* est possible car le cerveau « réagit » à des images (des représentations) :

« Il en est ainsi parce que les signaux provenant de ces images sont acheminés en direction de plusieurs noyaux subcorticaux (par exemple, l'amygdale, le thalamus) et de nombreuses régions corticales, et que ces structures contiennent des représentations potentielles capables de répondre à certaines classes de signaux. Autrement dit, les représentations potentielles de ces noyaux et de ces régions corticales sont activées et, en conséquence, déterminent tout un ensemble de changements dans l'état de l'organisme. À leur tour, ces changements altèrent momentanément l'image du corps, et perturbent donc l'élaboration *en cours* du concept du moi¹³¹ ».

Le *méta-moi* sait que « l'organisme est en train de répondre¹³² ». Mais pour qu'il en soit ainsi, il faut en premier lieu que « le cerveau puisse élaborer une certaine description de la perturbation de l'état de l'organisme, perturbation qui a été engendrée par les réponses du cerveau à la présence d'une image¹³³ ». En deuxième lieu, tel que décrit par Antonio Damasio, il faut que « la description puisse engendrer une image du processus de la perturbation ». Et enfin, en dernier lieu, que « l'image du moi perturbé puisse être affichée en même temps que l'image qui a déclenché la perturbation ». Cela nécessiterait alors la convergence (ou des « connexions réciproques » ; « un troisième ensemble de structures nerveuses » ; « une tierce partie ») entre les « images des objets » et « les images du moi », permettant ainsi de se rendre compte ou d'avoir « une représentation potentielle du moi tel qu'il est en train de changer tandis

¹²⁷ *Ibid.*, p. 321-322.

¹²⁸ *Ibid.*, p. 322-323.

¹²⁹ *Ibid.*, p. 323.

¹³⁰ *Ibidem.*

¹³¹ *Ibid.*, p. 324.

¹³² *Ibidem.*

¹³³ *Ibid.*, p. 325.

que l'organisme répond à un objet¹³⁴». Le *méta-moi* découle d'une « narration non-verbale, moment après moment, des évènements affectant les protagonistes¹³⁵». Le langage n'est qu'une « forme raffinée de subjectivité », contenue dans les représentations qui affectent le corps des individus. Antonio Damasio dit sur le sujet, « Le langage n'est peut-être pas à l'origine du moi, mais il est très certainement à la source du "je" ».

En résumé, la perception des émotions fonctionne d'après A. Damasio selon trois niveaux. D'abord, l'émotion modifie l'état du corps du sujet. Ensuite, cet état du corps tel qu'il est en train d'être modifié est perçu en comparaison d'un « arrière-plan » du corps. Il est donc associé à des « images » du corps (autrement dit, le corps tel qu'il était perçu avant). Enfin, cet état du corps changeant, coopère avec l'image de l'objet à la source de l'émotion afin de déterminer une représentation du *moi*, c'est-à-dire de du corps de l'individu en train de changer selon un objet-source ou un évènement-source, extérieur à lui.

2.2– *Acquises et sociales*

L'approche constructiviste souligne l'importance du rôle social, culturel, historique dans le processus d'apprentissage du phénomène émotionnel et des émotions. À ce titre, Paul Ekman tente de réconcilier la pensée constructiviste et biologique¹³⁶, en reconnaissant une distinction entre « les manifestations universelles d'émotion [...] et d'autres mouvements corporels [...] qui varient en fonction des cultures¹³⁷ ». Il prend notamment en compte l'existence du déterminisme social dans la manifestation des émotions : certaines cultures peuvent encourager, brider, voire neutraliser l'existence ou *a minima* l'expression de certaines émotions, ce qu'il nomme « les règles d'expression¹³⁸ » (en anglais, *display rules*). Le personnage de Fletcher Reede (Jim Carrey) dans *Liar liar* de Tom Shadyac (1997, film) illustre

¹³⁴ *Ibid.*, p. 326.

¹³⁵ *Ibid.*, p. 327.

¹³⁶ Joseph Ledoux ne rejette pas non plus l'idée d'une complémentarité entre l'aspect biologique et social des émotions : « L'innée et l'acquis sont partenaires dans la vie émotionnelle, le tout est de savoir quelle est leur contribution spécifique », LEDOUX, *Op. Cit.*, p. 135.

¹³⁷ *Ibid.*, p. 116.

¹³⁸ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace, *Unmasking the face : A Guide to Recognizing Emotions From Facial Expressions*, Los Altos, Malor Books, 2003, p. 232.

bien la nécessité de ces règles sociales. Fletcher est dépeint comme un tartufe jusqu'au jour où son fils Max (Justin Cooper) fait le vœu que « son père ne mente plus jamais ». Dès lors, ce souhait inaugurer une suite de situations comiques et parfois gênantes, dans lesquelles Fletcher qui ne maîtrise plus ses expressions émotionnelles, se dissocie totalement du fonctionnement groupal.





Figure 6 : Fletcher Reede (Jim Carrey) enfreint les règles d'expressivité lors d'une comparution au palais de justice dans le film *Liar liar* de Tom Shadyac (1997)

Joseph Ledoux complète cet aperçu sur les émotions sociales telles qu'elles « ne sont pas innées, mais acquises durant l'enfance, et elles ne possèdent ni des expressions faciales distinctes ni des réponses physiologiques spécifiques¹³⁹ ». Les émotions sociales sont « plus complexes parce qu'elles impliquent des processus cognitifs élaborés, à savoir des processus de comparaison aux autres (comparaison sociale) et d'évaluation de soi [...]. Et elles nécessitent avant tout une conscience de soi, c'est-à-dire une représentation de soi comme une entité séparée des autres¹⁴⁰ ». Dans la même optique, Antonio Damasio différencie les émotions primaires ou « émotions de l'âge précoce », des émotions secondaires, « émotions de l'âge adulte¹⁴¹ ». L'humain serait « préprogrammé » à la naissance pour répondre face à certains types de stimuli : « Il s'agit, par exemple, de certaines tailles (comme celle des grands animaux) ; d'une vaste envergure [...] de certains types de mouvements [...] de certains sons (comme des grondements) ; de certains phénomènes prenant place au niveau du corps¹⁴² ». Ces deux catégories impliquent différents systèmes neuraux, une émotion secondaire comprenant des « processus de pensée, et peut activer le cortex frontal ventro-médian¹⁴³ » en plus de

¹³⁹ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 68.

¹⁴⁰ *Ibidem.*

¹⁴¹ DAMASIO, *Op. Cit.*, p. 184.

¹⁴² *Ibidem.*

¹⁴³ *Ibid.*, p. 192.

l'amygdale (activée lors d'une émotion primaire) : « les représentations potentielles préfrontales acquises nécessaires à l'expression des émotions secondaires sont distinctes de représentation potentielles innées nécessaires à l'expression des émotions primaires¹⁴⁴ ». Ce sont ces schémas différenciés qui produisent *in fine* une expérience singulière (un vécu), qui dépend de chaque individu.

Pour nous, il existe donc un versant biologique et un versant social des émotions, qu'il nous faudra prendre en compte lors de nos réflexions sur les modes d'immersion et d'interaction émotionnelles dans les environnements virtuels.

2.3– Phénomènes apparentés aux émotions

Pour bien cibler notre objet d'étude, les émotions, et la démarche créative des concepteurs-artistes s'intéressant aux œuvres avec immersion et interactions émotionnelles, il est important pour notre recherche de distinguer les phénomènes émotionnels d'autres processus affectifs, tels que :

- Les humeurs : « dans ce qui les appelle [phénomène d'induction], leur déroulement dans le temps, les évaluations impliquées et le substrat physiologique¹⁴⁵ ».
- Les attitudes émotionnelles : telles que l'amour et la haine qui sont « plus soutenus et impliquent généralement plus d'une émotion¹⁴⁶ ».
- Les troubles émotionnels : tels que l'anxiété, la dépression, etc. qui « impliquent des émotions, généralement plus d'une, mais elles diffèrent les unes des autres et des émotions elles-mêmes, en termes de leur déroulement dans le temps, et d'autres manières également¹⁴⁷ ».

¹⁴⁴ *Ibid.*, p. 191.

¹⁴⁵ EKMAN Paul, *Op. Cit.*, 1992, p. 194.

¹⁴⁶ *Ibidem.*

¹⁴⁷ *Ibidem.*

- Les intrigues émotionnelles (*emotional plots*) : tels que le deuil, la jalousie, l'engouement « impliquant des décors et des histoires dans lesquels des émotions se produisent¹⁴⁸ ». Oatley et Johnson-Laird les nomment « émotions complexes » : « Complex emotions are derived from a small number of basic emotions and arise at junctures of social plans¹⁴⁹ ». Elles se réalisent à l'âge adulte car une partie de l'évaluation incorpore des éléments sociaux - puisque les émotions ont une fonction de communication et d'ajustement social, elles permettent notamment de réaliser à cet âge les « objectifs communs » - et se réfère aussi au « modèle de soi¹⁵⁰ ».

- Les mélanges d'émotions (*blend emotions*¹⁵¹) notion qui désigne la co-présence de plusieurs émotions lors de l'expérience du phénomène émotionnel par l'individu et se combinant pour en produire une nouvelle¹⁵². Pour Paul Ekman, il existe peu de preuves (surtout physiologiques et expressives) qui attesteraient de l'existence de ce concept, malgré l'existence de « termes mélangés¹⁵³ » dans le langage. Il préfère au « mélange d'émotions », la notion d'émotions mixtes de Johnson-Laird et Oatley (*mixed emotions*) qui désigne la co-activation de deux affects diamétralement opposés¹⁵⁴, par exemple la joie et la tristesse (lire la revue de Raul Berrios et alii, 2015 sur le sujet). Dans l'acception de Johnson-Laird et Oatley, les individus font de « multiples évaluations cognitives » qui peuvent conduire à l'expérience de plusieurs émotions « simultanément » ou en « alternance rapide¹⁵⁵ ». Cela aurait pour incidence de

¹⁴⁸ *Ibidem*.

¹⁴⁹ OATLEY Keith, JOHNSON-LAIRD Philip N., « Towards a cognitive theory of emotions », *Cognition & Emotion*, vol. 1, 1987, p. 29.

¹⁵⁰ *Ibid.*, p. 46 et *Ibid.*, p. 48.

¹⁵¹ EKMAN Paul, *Op. Cit.*, 1992, p. 195.

¹⁵² BERRIOS Raul, TORTTERDELL Peter, KELLETT Stephen, « Eliciting mixed emotions: a meta-analysis comparing models, types, and measures », *Frontiers in Psychology*, vol. 6, n° 428, 2015, p. 2.

¹⁵³ EKMAN Paul, *Op. Cit.*, 1992, p. 195.

¹⁵⁴ Approche dimensionnelle : émotions de valence positive et négative.

¹⁵⁵ OATLEY Keith, JOHNSON-LAIRD Philip N., « The communicative theory of emotions: empirical tests, mental models, and implications for social interaction », dans Leonard L. Martin et Abraham Tesser (dirs.), *Striving and Feeling. Interaction Among Goals, Affect, and Self-Regulation*, New York, Russell Sage, 1996, p. 363-393, cite par BERRIOS Raul, TORTTERDELL Peter, KELLETT Stephen, *Op. Cit.*, p. 3.

produire des « émotions mixtes » donnant lieu à des expressions émotionnelles mixtes (Ekman et O’Sullivan, 1991¹⁵⁶ ; Du et al.¹⁵⁷, 2014).

2.4 – Composante subjective et modèles dimensionnels

En 1874, deux ans après la première édition du livre de Charles Darwin, l’approche psychologique de Wilhelm Wundt étudie de manière empirique et expérimentale « la dimension subjective introspective de l’émotion¹⁵⁸ ». La méthode utilisée par Wilhelm Wundt a la particularité d’être une méthode d’investigation scientifique très contrôlée, qui consiste pour l’individu à tenter de percevoir ses états émotionnels sur trois modes dimensionnels : plaisir-déplaisir, excitation-apaisement et tension-relâchement. La théorie tri-dimensionnelle de Wilhelm Wundt est un point de départ pour d’autres théories dimensionnelles au cours du XXe siècle : la théorie unidimensionnelle¹⁵⁹, le modèle circomplexe¹⁶⁰, le modèle tridimensionnel ou modèle EPA¹⁶¹ (*Evaluation, Potency and Activity*), le modèle bidimensionnel¹⁶², l’espace

¹⁵⁶ EKMAN Paul, O’SULLIVAN Maureen, « Who can catch a liar ? », *American Psychologist*, vol. 46, n° 9, Septembre 1991, p. 913-920.

¹⁵⁷ DU Shichuan, TAO Yong, MARTINEZ Aleix M., « Compound facial expressions of emotion », *Proceedings of the National Academy of Sciences*. vol. 111, n°15, Avril 2014. p. 1454-1462.

¹⁵⁸ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 16.

¹⁵⁹ Deux dimensions pour l’étude du comportement « l’intensité » et « la direction » dans DUFFY Elisabeth, « Activation », dans Norman, S. Greenfield, Richard A. Sternbach (dirs.), *Handbook of Psychophysiology*, New York, New York, Holt, Rinehart and Winston, 1972, p. 577-622.

¹⁶⁰ Huit dimensions affectives disposées de manière circulaire, en anglais : Arousal-Sleepiness, Excitement-Depression, Pleasure-Misery, Contentment-Distress, dans RUSSELL, James A., « A circumplex model of affect », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 39, n°6, 1980, p. 1164.

¹⁶¹ Compare les variations du sens sémantique des affects à travers trente cultures différentes et vingt-et-un langage pour supposer que celui-ci varie selon trois dimensions : l’évaluation (mal vs. bien), puissance (puissance vs. impuissance) et l’activité (vivacité vs. calme) dans OSGOOD Charles E., « Semantic differential technique in the comparative study of cultures », *American Anthropologist*, vol. 66, 1964, p. 180.

¹⁶² Les phénomènes émotionnels sont des états provoqués par la présentation de punitions-récompenses (dimension verticale) ou l’arrêt ou l’omission d’une récompense/d’une punition (dimension horizontale) ROLLS, Edmund, « A biased activation theory of the cognitive and attentional modulation of emotion », *Frontier in Human Neuroscience*, vol. 7, article 74, Mars 2013, p. 2.

évaluatif¹⁶³ et l'hypothèse d'activation asymétrique antérieure¹⁶⁴. Ces modèles évaluent le phénomène émotionnel via un nombre limité de dimensions.

Parce qu'elles ont un ancrage phylogénétique - leur fonctionnement se transmet entre les espèces apparentées - « les émotions peuvent être conçues comme des réponses adaptatives à deux grands types de stimulations : appétitives et aversives ». Par ailleurs, ces types de stimulations sont aussi nommées « valence agréable-désagréable » ou « valence affective¹⁶⁵ ». À titre d'exemple, la joie est une émotion positive alors que la colère et la tristesse sont perçues comme négatives. Le modèle de James Russel (1980), qui nous inspire principalement dans le cadre de nos recherches, ajoute à la dimension de valence, une dimension « d'activation » (en anglais, *arousal*) qui évalue l'intensité d'une émotion et une dimension de « dominance », qui évalue le sentiment d'être contrôlé par, ou de contrôler son émotion¹⁶⁶.

¹⁶³ Étude des processus de traitements évaluatifs positifs-négatifs, voir CACIOPPO John T., BERNTSON Gary G., « Relationship between attitudes and evaluative space: A critical review, with emphasis on the separability of positive and negative substrates », *Psychological Bulletin*, vol. 115, 1994, p. 401-423.

¹⁶⁴ Étude des systèmes de base constituant les rapports entre motivations et émotions de manière dimensionnel : approche(région antérieure gauche) - évitement(région antérieure droite). « L'hypothèse de valence » stipule cette fois que la dominance hémisphérique est relative à la valence émotionnelle d'un stimulus: « I proposed that the anterior regions of the two cerebral hemispheres are specialized for approach and withdrawal processes, with the left hemisphere specialized for the former and the right for the latter. Data were presented which indicated that the experimental arousal of certain positive and negative emotions is accompanied by phasic shifts in activation in the left and right frontal regions », DAVIDSON, Richard J., « Emotion and Affective Style: Hemispheric Solutions », *Psychological Science*, vol. 3, n° 1, Janvier 1992, p. 42.

¹⁶⁵ MERMILLOD, Martial (et *alii*), *Op. Cit.*, p. 282.

¹⁶⁶ Autrement dit, le niveau de contrôle qu'un individu peut avoir sur ses états émotionnels.

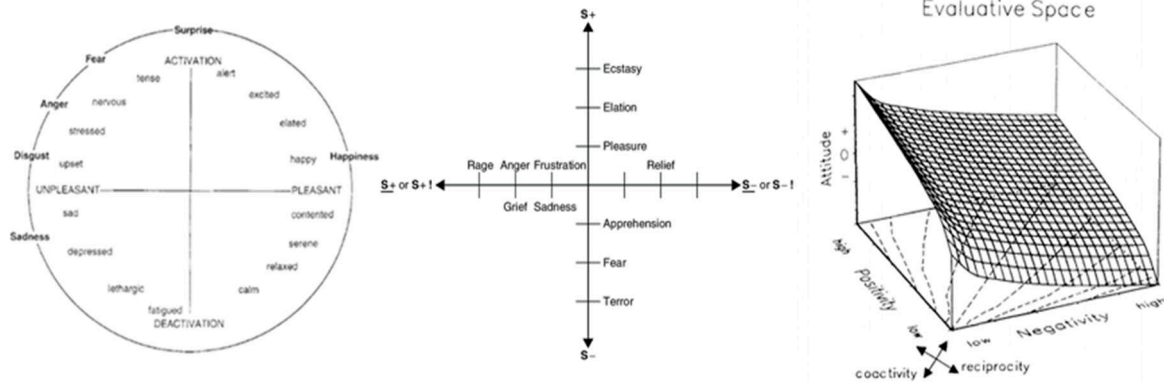


Figure 7 : Exemples de modèles dimensionnels (dans l'ordre),
 1. Circomplexe de Feldman-Barrett et Russell (1998),
 2. Bidimensionnel de Edmund T. Rolls (2019),
 3. Espace évaluatif de Cacioppo et Bernston (1994)

Les théories dimensionnelles sont intéressantes dans le cadre de notre étude sur les I² émotionnelles en réalité virtuelle, car elles engagent des modèles et des méthodologies d'analyse et d'interprétation du ressenti. Dans cet objectif, nous sommes en train de développer pour notre expérience de réalité virtuelle avec électrocardiogramme *Quand le cœur se serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022, le détail de cette expérience est à lire au chapitre 9), la première version d'un « senti-mètre » afin de comparer l'expérience vécue à un niveau physiologique (capteur cardiaque) et psychologique (subjectif). En effet, dans *Quand le cœur se serre* - une expérience narrative basée sur des effets de pointillisme en « 3-D » (en relief) - un capteur cardiaque communique en temps réel avec l'expérience de réalité virtuelle : les niveaux d'activation mesurés transforment ainsi des aspects de l'expérience (nombre de particules, vitesse des particules, volume sonore, etc.). Avec notre système de capteur cardiaque, il existe approximativement une donnée de pulsation par seconde. Dans la pratique, pour supprimer le bruit du signal cardiaque, nous avons réalisé une aide logicielle émotionnelle (AL Emo) qui compare chaque nouvelle pulsation à un tableau ayant enregistré les dix pulsations précédentes et l'ignore si celle-ci dépasse un seuil plus grand que les données préalablement enregistrées (de 10% en moyenne¹⁶⁷). Quand une pulsation est ignorée, notre aide logicielle la remplace par la précédente pulsation. Par exemple, si nous avons dans notre tableau 94, 95, 97, 95, 92, 93, 96, 98, 100, 102 - la moyenne de ces valeurs étant de 97 environ - une pulsation sera ignorée si elle dépasse le seuil de 106 battements par minute. Si la pulsation

¹⁶⁷ Cette donnée est modulable dans notre système et permet d'affiner la communication émotionnelle en fonction des résultats visibles lors de l'expérience.

mesurée est donc égale à 111, notre aide logicielle émotionnelle rejouera la pulsation précédente (102).

→ En temps réel on a :

Capteur cardiaque (ECG) → Communique en temps réel → **Expérience** de réalité virtuelle.

Chaque seconde est égale à une pulsation (modifiée ou non par une aide logicielle émotionnelle).

Notre modèle théorique de « senti-mètre¹⁶⁸ » fonctionne différemment : il mesure, enregistre et analyse (et interprète) la communication émotionnelle sur la durée. À l'inverse, dans notre système précédent, la communication en temps réelle est enregistrée sous la forme d'un tableau contenant dix valeurs d'activation cardiaque seulement (et les actualisant en temps réel).

→ Avec le senti-mètre on a :

Capteur cardiaque (ECG) → Enregistre la communication sur la durée → **Expérience** de réalité virtuelle.

Chaque pulsation enregistrée dans la durée (par secondes) génère une trace de l'activité physiologique ou émotionnelle du participant (autrement dit, la trace de la variation de son activité cardiaque).

¹⁶⁸Ici le « senti-mètre » n'est pas un modèle d'auto-évaluation de ses propres ressentis émotionnels (modèle de Yves-Alexandre Thalmann), il s'agit d'une mesure physiologique, comportementale (faciale, vocale) de la trace de l'activité émotionnelle du participant qui est effectuée dans la durée.

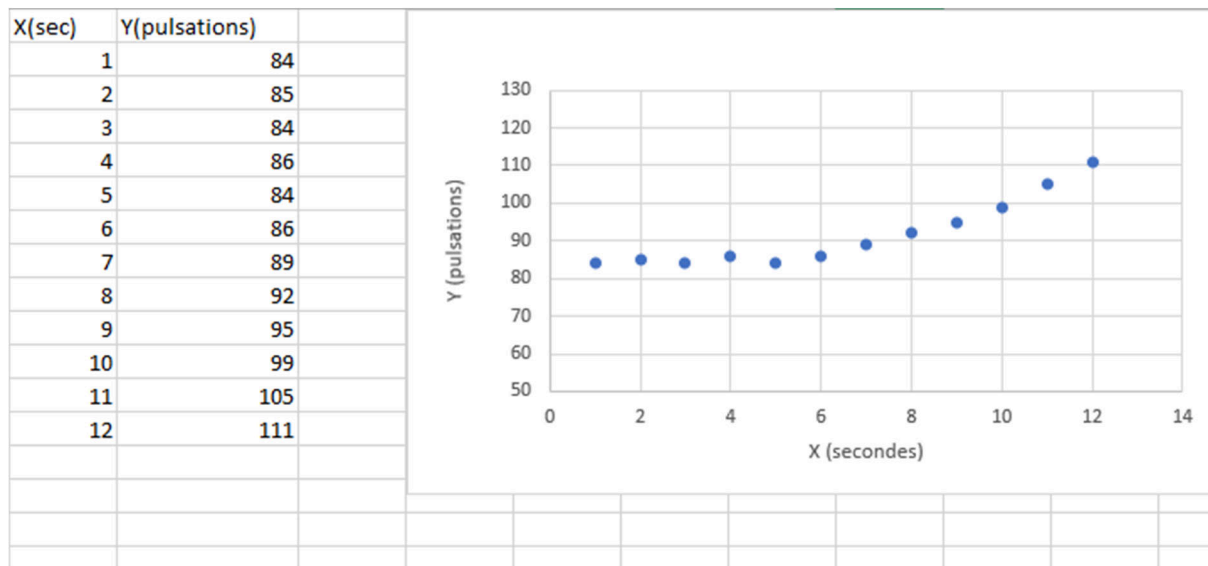


Figure 8 : Interface du « senti-mètre » (en production, dessin de l’auteure)

À la fin de *Quand le cœur se serre*, l’individu aura donc en sa possession son propre parcours émotionnel (variation de l’intensité de la pulsation) sous la forme d’un graphique. Une deuxième version de ce prototype permettra de comparer¹⁶⁹ les pics d’activation cardiaque aux contenus de l’expérience (interactions, évènements de l’histoire, etc.) pour symboliser la « trace émotionnelle » du participant au cours de son expérience.

¹⁶⁹ Sur ce point, nous aimerions conceptualiser un logiciel capable de comparer l’activité émotionnelle dans la durée aux faits et gestes du participant au cours de l’expérience (nous exposons cette future hypothèse à la fin de notre thèse dans nos perspectives).

Freud, la dernière hypnose

Un film neuro-interactif en VR 360

Ecrit et réalisé pour le prototype en cours EMOTIVE VR

par

Marie-Laure Cazin



Présentation

mercredi 10 avril | 18h30-19h30

Film neuro-interactif en VR 360

jeudi 11 avril | 14h-17h

vendredi 12 avril | 9h-12h

Université de Strasbourg

📍 Salle de l'Europe
Bâtiment MISHA
Allée du Général Rouvillois
67083 Strasbourg

Laboratoire **Approches contemporaines**
de la création et de la réflexion artistiques (EA 3402)
Université de Strasbourg

Faculté
des arts
Université de Strasbourg



Figure 9 : *Freud, la dernière hypnose*, Marie-Laure Cazin, 2019, expérience de vidéo 360° avec EEG

Le projet artistique et neuro-interactif *Freud, la dernière hypnose* (2019, vidéo 360° avec EEG) de Marie-Laure Cazin¹⁷⁰, s'ancre aussi dans cette optique. Pour réaliser ce film, la créatrice a coordonné la création d'un dispositif au croisement des arts et des sciences, l'EMOTIVE VR, qui permet d'interagir avec l'expérience en vidéo 360°, sur le mode différentiel de plaisir-déplaisir (valence) et notamment d'influencer les visuels (couleurs) et la

¹⁷⁰ Dès 2014, Marie-Laure Cazin engage sa recherche et création autour des données neurophysiologiques, des modèles dimensionnels et de la création artistique à travers son projet de cinéma interactif *Cinéma émotif*, dans lequel les modèles de valence (positif-négatif; agréable-désagréable) et d'excitation (faible-forte) influencent l'histoire et la bande sonore du film.

bande sonore¹⁷¹. L'EMOTIVE VR fonctionne en trois temps : d'abord, il utilise un casque électroencéphalique (EEG) Epoc Emotive pour la captation brute des données. Ensuite, il analyse la valence émotionnelle via le logiciel Openvibe conçu par l'INRIA (l'institut national de recherche en sciences et technologies du numérique). Enfin, il calibre grâce au IAPS (International Affective Picture System¹⁷²) le vécu émotionnel des différents spectateurs.

→ Dans Freud, la dernière hypnose on a :

Capteur neuronal (EEG) → analyse en temps réel de la valence → Expérience de réalité virtuelle.

3. Conclusion : principes généraux sur les émotions

À partir de ces bases théoriques, des premiers principes de l'émotion(s) émergent :

- L'émotion est un phénomène physiologique majoritairement inconscient et qui émerge dans le corps en réaction d'un contexte situationnel particulier, à travers un stimulus ou des stimuli. Le traitement émotionnel opère alors le long de deux voies, basse et haute, qui sont plus ou moins rapides et précises. La synthèse des processus à l'œuvre lors du phénomène émotionnel se nomme « séquence émotionnelle » (voir le chapitre 4).

- Puisque les émotions ne font pas forcément l'objet d'une prise de conscience, elles ont la particularité de générer une réponse moteur très rapide et courte.

- « L'émotion consciente » est la perception des changements émotionnels de son corps propre, en train de se produire.

¹⁷¹ Toutes les explications concernant le processus d'édition du son sont à trouver sur le site du compositeur et sound designer de *Freud, la dernière séance*, Mathias Harju, [https://matiasharju.com/projects/emotive_vr/emotive_vr.html]

¹⁷² Pour plus de détail sur le sujet voir au chapitre 5 sur la mesure et l'analyse des émotions.

- Le phénomène émotionnel est universel (émotions basiques, approche biologique), toutefois il peut varier dans son expression en fonction des cultures et de l'âge des individus (émotions complexes, approche constructiviste).

- Chaque émotion basique à un modèle neuronal et physiologique spécifique, toutefois les études sur le sujet sont très incomplètes (par exemple, Joseph Ledoux a focalisé ses études sur l'émotion de peur). C'est pourquoi, nous jugeons qu'il est plus facile de mesurer et analyser des phénomènes émotionnels à partir d'une approche dimensionnelle plutôt que taxonomique. Des recherches sur le sujet des I² émotionnelles et modèles taxonomiques existent cependant¹⁷³, elles se focalisent surtout sur le paramètre d'induction des émotions et donc la constitution de contextes situationnels propices à une émotion en particulier : par exemple un environnement obscur à l'intérieur duquel surgit brusquement un T-Rex (!).

¹⁷³ CHEN, Hao, *Emotion Sharing in Virtual Reality*, these de philosophie, Université de Canterbury, 2019, p. 49-51.

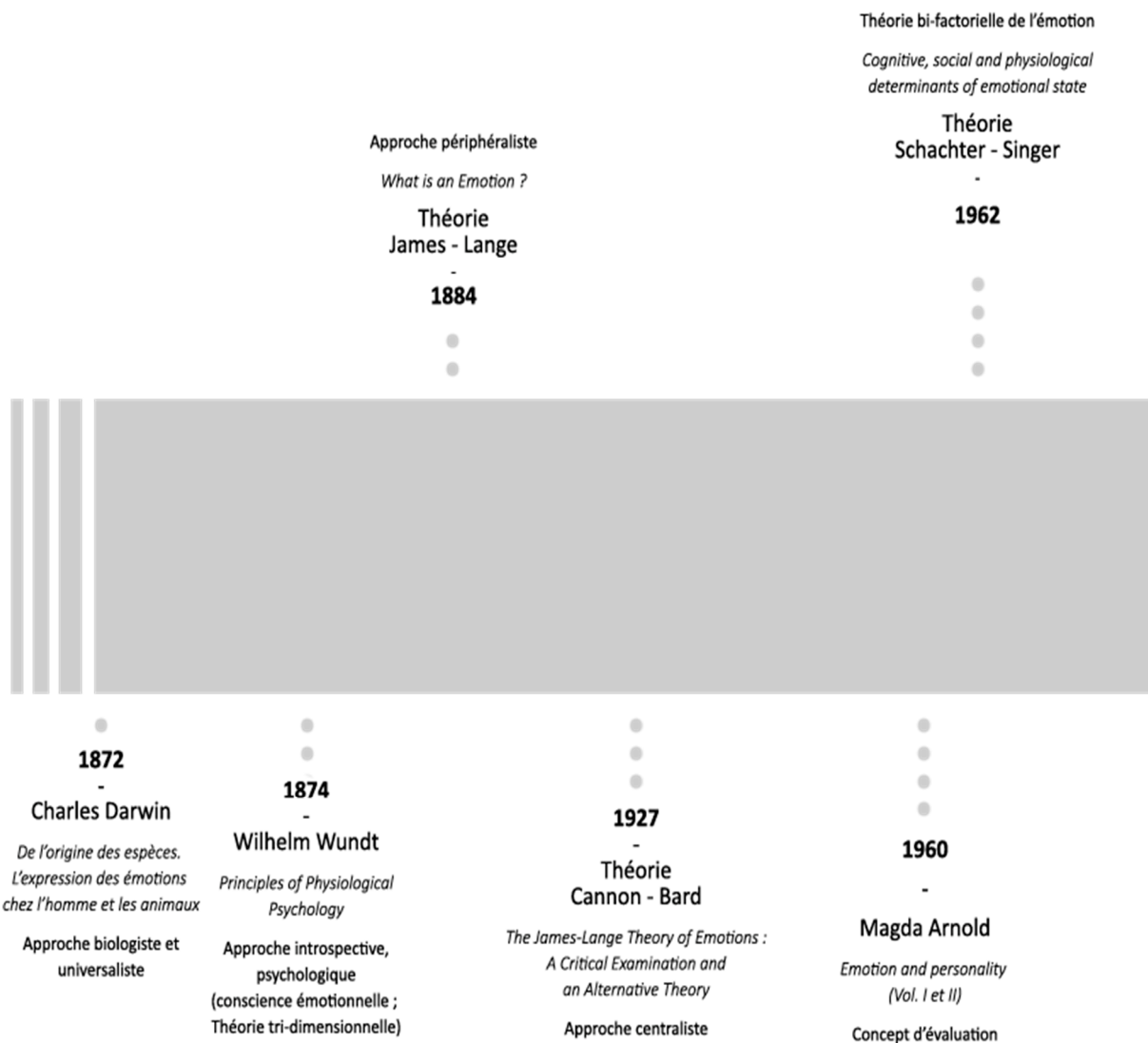


Figure 10 : Frise chronologique des moments majeurs de la recherche sur les émotions (dessin de l'auteur)

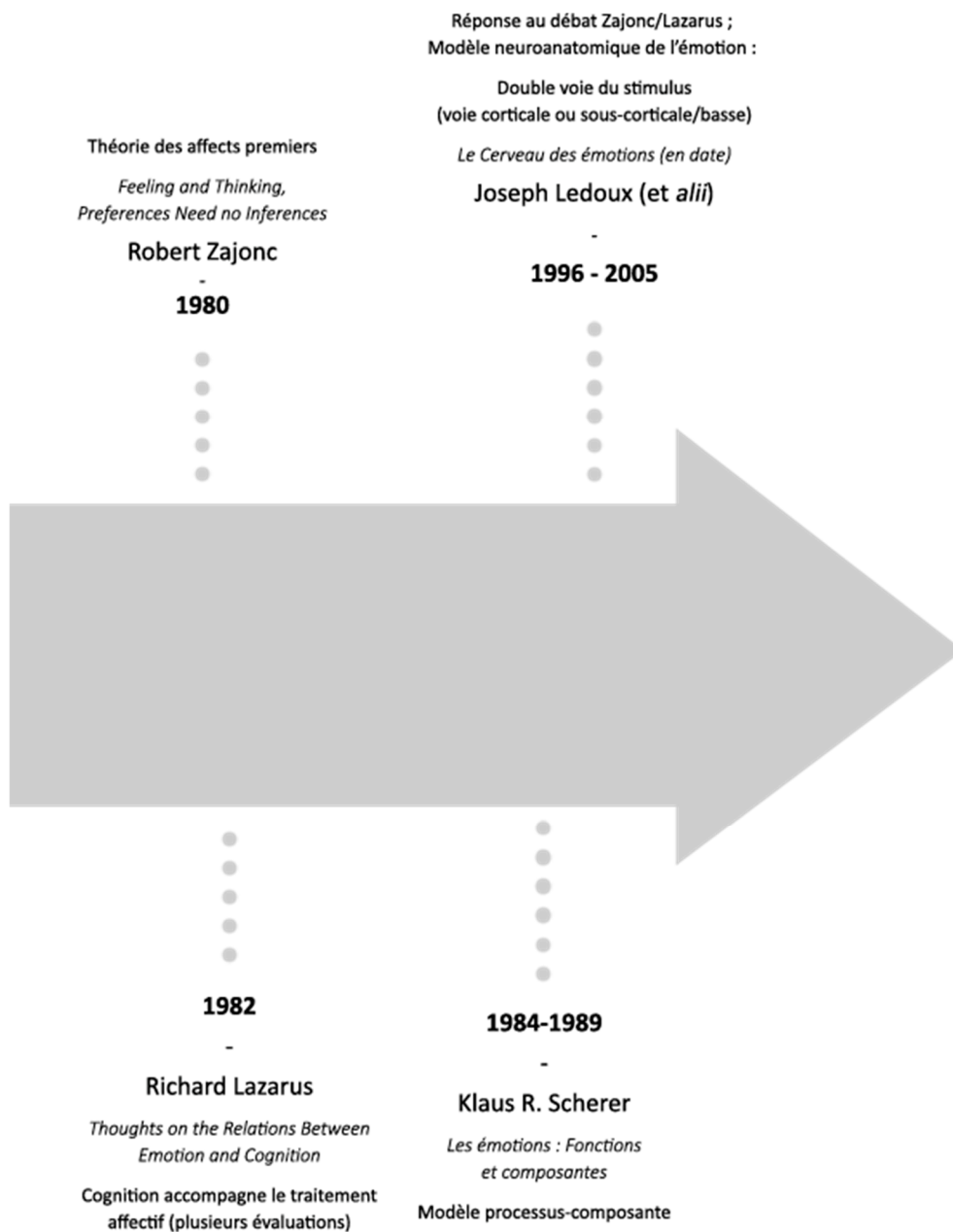


Figure 10 : Frise chronologique des moments majeurs de la recherche sur les émotions (suite, dessin de l'auteure)

Les émotions et la boucle Perception-Cognition (Décision) -Action

Introduction

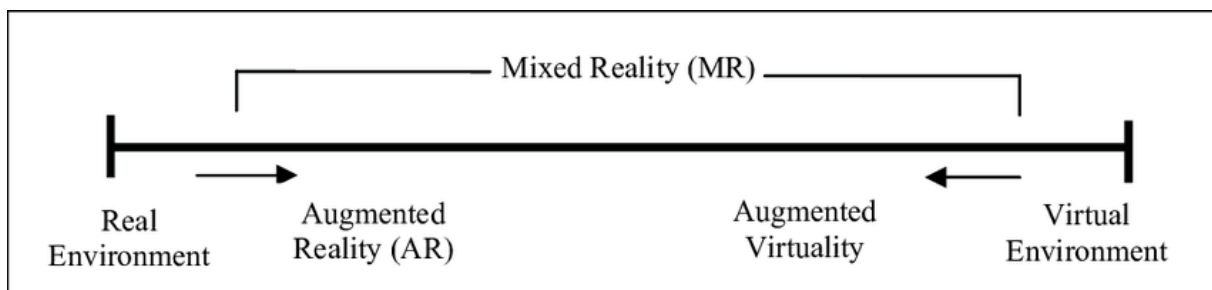


Figure 11 : Le continuum « réel-virtuel » de Paul Milgram et Fumio Kishino (1994)

Dans le chapitre précédent, nous avons explicité les liens entre les émotions et la cognition, ainsi que le phénomène émotionnel en général. Dorénavant, il nous reste à comprendre les modalités du dialogue émotionnel et notamment l'influence que les émotions peuvent avoir sur l'action, dans les environnements virtuels. Ces environnements correspondent à plusieurs conformations se situant sur le continuum de Paul Milgram et Fumio Kishino, toutefois par soucis de synthèse, pour cette recherche nous n'étudierons que trois configurations humain-œuvre : en Environnement Réel (ER), en Environnement Virtuel Extéroceptif ou visuellement à distance (EV_Ext) et en Environnement Virtuel Proprioceptif ou avec immersion corporelle (EV_Pro). Il est important de distinguer ces trois types de conformations, car en fonction d'elles, certains sens sont stimulés, isolés, et influencent donc les conditions immersives et interactives. Dans le cadre du cinéma classique, les sens stimulés sont essentiellement ceux de la vision et de l'ouïe. En réalité virtuelle, d'autres sens s'ajoutent à cette courte liste : la vision périphérique, le système vestibulaire, musculo-tendineux et

articulaires, le toucher et le poids et l'inertie des objets¹⁷⁴. Par ailleurs, dans notre cas d'étude, nous ajoutons aux dimensions extéroceptives et proprioceptives¹⁷⁵, la dimension intéroceptive - perception interne au corps, provenant des viscères, par exemple - notamment sollicitée par l'usage de boucle de rétroaction médiée dans le cadre de pratiques introspectives (pour plus de détail voire les chapitres 5, 6 et 7). Quand l'individu se concentre sur les mouvements internes de son corps, il développe une « conscience intéroceptive » qui désigne en substance la capacité de l'individu à percevoir « des changements subtils intervenant en réponse à des stimuli internes ou environnementaux [...] (pulsations, changement de température, mouvements musculaires¹⁷⁶ » et ainsi de les contrôler. En outre, par apprentissage introspectif, cette conscience intéroceptive lui permet de « distinguer ses sensations et émotions ¹⁷⁷».

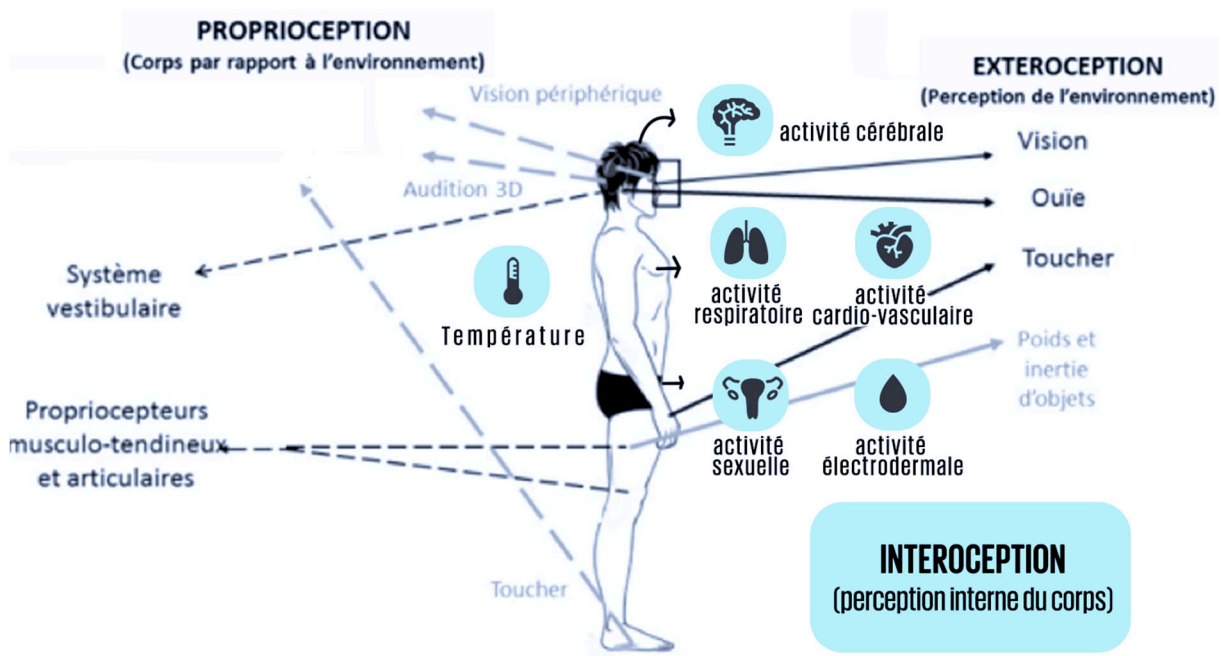


Figure 12 : Schéma simplifié de l'extéroception et de la proprioception (schéma repris de Philippe Fuchs) et augmenté avec les systèmes du corps appartenant à la dimension intéroceptive (en bleu, dessin de l'auteure)

À ces trois environnements, ER, EV_Ext et EV_Pro s'ajoute la prise en compte de la dimension individuelle ou collective de l'expérience et passive (cinéma) ou interactive (jeu

¹⁷⁴ FUCHS, Philippe, *Théorie de la réalité virtuelle. Les véritables usages*, Paris, Presses des Mines, 2018, p. 81.

¹⁷⁵ *Ibid.*, p. 42.

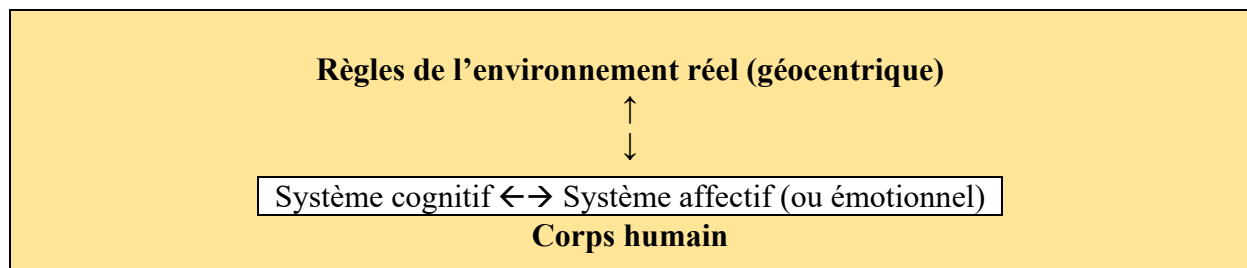
¹⁷⁶ ROSSIGNOL Mandy, PHILIPPOT Pierre, VÖGELE Claus, « Réactivité physiologique et conscience intéroceptive dans les troubles anxieux pédiatriques : une revue conceptuelle et empirique », *Neurosciences affectives et santé mentale*, vol. 41, n° 1, 2016, p. 195.

¹⁷⁷ *Ibidem.*

vidéo), dans le but de faire émerger progressivement les critères et les conditions de l'immersion et l'interaction émotionnelle en réalité virtuelle.

1. La boucle Perception-Cognition (Décision)-Action en environnement réel

Dans le chapitre précédent, nous avons expliqué les liens qui se tissent entre le système cognitif et le système affectif dans le corps humain, notamment à travers l'existence d'une « double voie », rapide-vague et lente-précise, de l'émotion. Maintenant, nous souhaitons comprendre de quelle manière ces systèmes émotionnels interagissent avec l'environnement réel (ER). Dans l'environnements réel, le corps humain s'est constitué autour du référentiel naturel de la gravité notamment, à travers lequel il construit sa manière de percevoir le monde. Ainsi, des recherches ont démontré cette relation intrinsèque entre l'environnement réel (géocentrique) et le système perceptif telle que « la verticale subjective¹⁷⁸ », les « récepteurs de la gravité dans le ventre¹⁷⁹ » et l'existence d'un « fil à plomb¹⁸⁰ » qui permet malgré les mouvements effectués par le corps, à la tête de se « stabiliser en rotation autour de positions déterminées par la direction du regard¹⁸¹ ».



¹⁷⁸ Nous ne parlons pas de la verticale terrestre, mais d'une verticale « visuelle » : « Le cerveau utilise les données des capteurs vestibulaires de la vision, de la proprioception, et le compare aux références intrinsèques de la direction axiale du corps. [...] La direction qu'il indique est intermédiaire entre l'axe du corps et celui de la verticale vraie, d'où l'idée que la verticale perçue [...] est la résultante de deux verticales : celle de la gravité mesurée par les otolithes, et l'axe du corps ou vecteur " idiotropique" », BERTHOZ Alain, *Le sens du mouvement* [1997], Paris, Odile Jacob, 2008, p. 113.

¹⁷⁹ Les récepteurs situés dans l'abdomen distinguent aussi la gravité, voir MITTELSTAEDT, Horst, « Somatic graviception », *Biological Psychology*, vol. 42, p. 53-74.

¹⁸⁰ Il existe un « fil à plomb » lié au système vestibulaire qui permettrait de stabiliser le regard.

¹⁸¹ BERTHOZ Alain, *Op. Cit.*, 2008, p. 112.

Dans l'environnement réel, le corps humain est donc en immersion et en interaction sur le mode de la boucle perception, cognition (décision) et action (PDA¹⁸²). La perception évalue, décide - c'est-à-dire, sélectionne les informations propices à la réalisation de l'action souhaitée - et nous permet de nous projeter dans l'action avant que cette dernière n'ait eu lieu. Entendez que ce que l'individu perçoit repose en fait intrinsèquement sur une « action simulée¹⁸³ ». Dans la version animée de Disney par exemple, lorsque *La petite Sirène* récupère au fond de la mer des objets conçus par les humains, elle s'interroge d'abord sur l'usage qu'elle peut en faire. Les objets en question ne correspondent à aucun de ses schèmes perceptifs¹⁸⁴ - manière dont l'individu appréhende un objet - ni aucun de ses schémas d'action. Autrement dit, elle ne les reconnaît pas dans son répertoire d'action¹⁸⁵ - mémoire des potentiels d'action d'un individu - elle ne sait pas comment les utiliser. Cette méconnaissance occasionne la confusion entre une fourchette (l'objet) et un peigne (le schéma d'action qu'elle attribue à la fourchette). Dès lors, l'action simulée puis réalisée, ne correspond pas à la fonction pour laquelle a été conçu l'objet, ce qui a l'intérêt de nous renseigner sur un autre point fondamental : lorsqu'un individu appréhende un objet, il le rencontre toujours à mi-chemin sur la base de sa nature et de sa culture humaine.

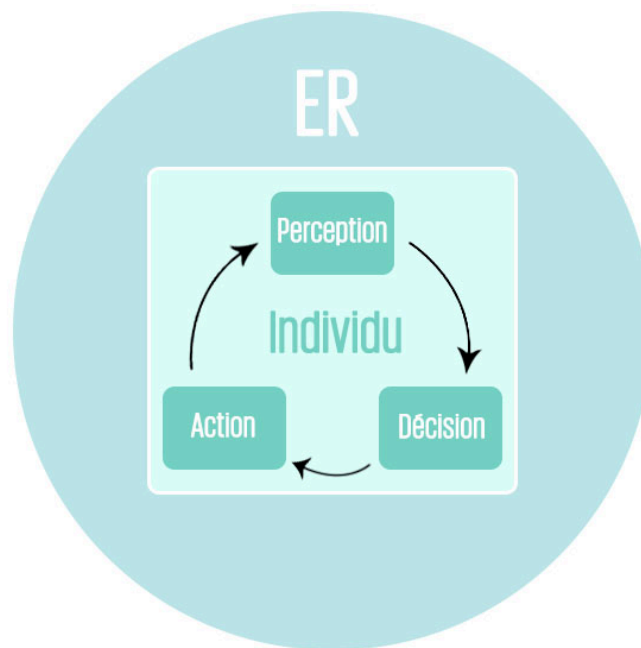


Figure 13 : Schéma de la boucle Perception-Cognition (Décision)-Action dans l'environnement réel (dessin de l'auteure)

¹⁸² BERTHOZ Alain, *Op. Cit.*, 2003, p. 10.

¹⁸³ *Ibid.*, p. 12.

¹⁸⁴ BERTHOZ Alain, *Op. Cit.*, 2008, p. 15-16.

¹⁸⁵ *Ibid.*, p. 67.

1.1 – Marqueurs somatiques

« Puisque cette perception concerne le corps, je donne à ce phénomène le terme de perception d'un "état somatique" [...] ; et puisqu'elle est associée à une image particulière, à la façon d'un repère ou d'une marque, je l'appelle "marqueur"¹⁸⁶ ».

Les marqueurs somatiques fonctionnent comme des « signaux d'alarme automatiques qui disent : attention, il y a danger à choisir l'option qui conduit à ce résultat¹⁸⁷ ». Ils préviennent des actions qui induisent des « résultats néfastes » et orientent vers de nouvelles alternatives : « les marqueurs somatiques représentent un cas particulier de la perception des émotions secondaires, dans le cadre duquel ces dernières ont été reliées, par apprentissage, aux conséquences prévisibles de certains scénarios¹⁸⁸ ». Par conséquent, les marqueurs somatiques fonctionnent en collaboration avec d'autres processus liés au raisonnement : « la comparaison des conséquences possibles, classement des résultats par ordre d'importance, et l'élaboration de déductions¹⁸⁹ ». Ainsi, ils influencent les décisions qui sont prises par l'individu : à mesure que le temps passe et que l'apprentissage se fait, les décisions dépendent davantage des « mécanismes de simulation des états somatiques », que des états somatiques réels de l'individu. Autrement dit, en grandissant l'individu a pu « classer les situations se répétant dans

¹⁸⁶ DAMASIO, Antonio, *Op. Cit.*, p. 239.

¹⁸⁷ *Ibid.*, p. 240. Les marqueurs somatiques sont conscients ou non-conscients, ils n'entrent pas tous dans le champ de l'attention, ils ne font par conséquent pas tous l'objet d'une prise de conscience. Pour Antonio Damasio, les états somatiques agissant à l'insu de la conscience sont « peut-être à la source de ce que nous appelons l'intuition, ce mystérieux moyen par lequel nous arrivons à la solution d'un problème sans le soumettre au raisonnement », *Ibid.*, p. 258.

¹⁸⁸ *Ibidem*. Il existe deux processus neuronaux permettant le fonctionnement de ces marqueurs somatiques. Le premier est appelé « mécanisme fondamental » et opère via le cortex préfrontal et l'amygdale qui « déterminent un profil particulier de l'état du corps », *ibidem*. Le deuxième mécanisme, « alternatif », fonctionne de la sorte : « le corps est court-circuité et le cortex préfrontal et l'amygdale ne font que pousser le cortex somatosensoriel à reproduire les types d'activités neurales qu'il aurait eu, si le corps avait été placé dans un état déterminé et s'il avait envoyé les signaux correspondants. Le cortex somatosensoriel fonctionne comme s'il recevait les signaux relatifs à un certain état du corps, et bien que cette activité de simulation ne soit sans doute pas exactement la même que l'activité qui serait engendrée par un état du corps réel, elle peut néanmoins être prise en compte dans le mécanisme de prise de décision », *Ibid.*, p. 253-254.

¹⁸⁹ *Ibid.*, p. 271.

des catégories » et il n'a donc plus besoin de faire l'expérience d'états somatiques réels pour prendre ses décisions. Il a parachevé pendant l'enfance, un processus « d'ajustement » à la société et qui est façonné « par des états somatiques liés à des punitions et à des récompenses¹⁹⁰ ».

1.2 – Rôle modérateur et motivationnel de l'émotion

Dans l'histoire occidentale récente, la décision et les décisionnaires, sont abordés de manière cartésienne et logique¹⁹¹ : le contrôle des émotions favoriserait notamment la prise de décision et les comportements rationnels chez l'humain¹⁹². Pourtant à la fin du XXe¹⁹³ siècle, Antonio Damasio a démontré par l'étude du cas de Elliot que « l'affaiblissement de la capacité de réagir émotionnellement peut également être à la source de comportements irrationnels¹⁹⁴ »

¹⁹⁰ *Ibidem.*

¹⁹¹ « Les décideurs étaient supposés évaluer les conséquences potentielles de leurs décisions sans passion et choisir des actions maximisant "l'utilité" de ces conséquences ». LOEWENSTEIN George, LERNER Jennifer S., « The role of affect in decision making », dans R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. H. Goldsmith (dirs.), *Handbook of affective Sciences*, 2003, p. 619.

¹⁹² « À partir des cas historiques rapportés ci-dessus et des observations faites dans notre laboratoire, nous avons pu avancer les conclusions suivantes : 1. Lorsque la région ventro-médiane est concernée, la lésion bilatérale du cortex préfrontal est systématiquement accompagnée de déficits dans la faculté de raisonnement et de prise de décision, ainsi que dans la capacité d'exprimer et ressentir des émotions. 2. Lorsque l'on constate, chez un patient, des déficits dans le domaine du raisonnement et de la prise de décision, ainsi que dans celui de l'expression des émotions, alors que, par ailleurs, le profil neuropsychologique est largement intact, on vérifie que la lésion implique surtout la région ventro-médiane du lobe frontal ; en outre, le domaine personnel-social est celui qui est le plus perturbé. 3. Lorsque les lésions préfrontales concernent les régions dorsale et latérale du lobe frontal au moins autant, ou davantage, que la région ventro-médiane, les déficits dans le domaine du raisonnement et de la prise de décision ne sont plus restreints au domaine personnel-social. Ces déficits, de même que ceux affectant la capacité d'exprimer et ressentir des émotions, sont accompagnés par des troubles dans la faculté d'attention et la mémoire de travail, troubles que l'on peut mettre en évidence par des tests faisant appel à des mots, des nombres ou des choses », DAMASIO, Antonio, *Op. Cit.*, 94- 95.

¹⁹³ Charles Darwin avait aussi supposé dans *L'expression des émotions chez l'Homme et les animaux* (1872), le lien entre les émotions et la décision (prévenant donc une action) en remarquant que celle-ci s'accompagnait parfois d'une expression faciale : « Des considérations précédentes nous pouvons conclure que le froncement des sourcils n'exprime pas la simple réflexion ni l'attention, quelque profondes ou soutenues qu'elles soient, mais bien une difficulté ou un obstacle rencontré dans la suite des pensées ou dans l'action », DARWIN, Charles, *Op. Cit.*, 1890, p. 230.

¹⁹⁴ DAMASIO, Antonio, *Op. Cit.*, p. 84.

et que par effet, le phénomène émotionnel influençait la prise de décision à plusieurs niveaux. En effet, notre capacité à anticiper les conséquences émotionnelles que peuvent engendrer une décision, l'influence en partie, c'est ce que l'on appelle les « émotions attendues¹⁹⁵ » : un choix sera effectué dans l'objectif de maximiser les conséquences émotionnelles positives et inversement, minimiser les conséquences négatives. La décision est aussi influencée par ce que l'on nomme les « émotions immédiates », qui sont ressenties lors du processus décisionnel et peuvent donc avoir un impact direct : par exemple, l'individu peut être influencé par un état anxieux qui le préviendra d'une situation qu'il perçoit comme risquée. Les émotions et humeurs peuvent aussi avoir un impact indirect, en modifiant la manière (perception et jugement) dont les conséquences émotionnelles sont traitées par l'individu : « les personnes de bonne humeur émettent des jugements et des choix optimistes et les personnes de mauvaise humeur font des jugements et des choix pessimistes¹⁹⁶ ». Le phénomène émotionnel influence aussi la décision quand il est intégré dans des contextes plus larges, via notamment les « phénomènes de synchronisation affective¹⁹⁷ » et d'émotions sociales (par exemple, la culpabilité), qui produisent et organisent « l'action collective¹⁹⁸ ».

¹⁹⁵ En anglais « expected emotions », LOEWENSTEIN George, LERNER Jennifer S., *Op. Cit.*, p. 620.

¹⁹⁶ *Ibid.*, p. 628.

¹⁹⁷ Empathie, compassion et contagion émotionnelle.

¹⁹⁸ RAVAT, Jérôme, « Actions, émotions, motivation : fondements psychologiques du raisonnement pratique », *Le Philosophoire*, vol. 2, n° 29, 2007, p. 88.

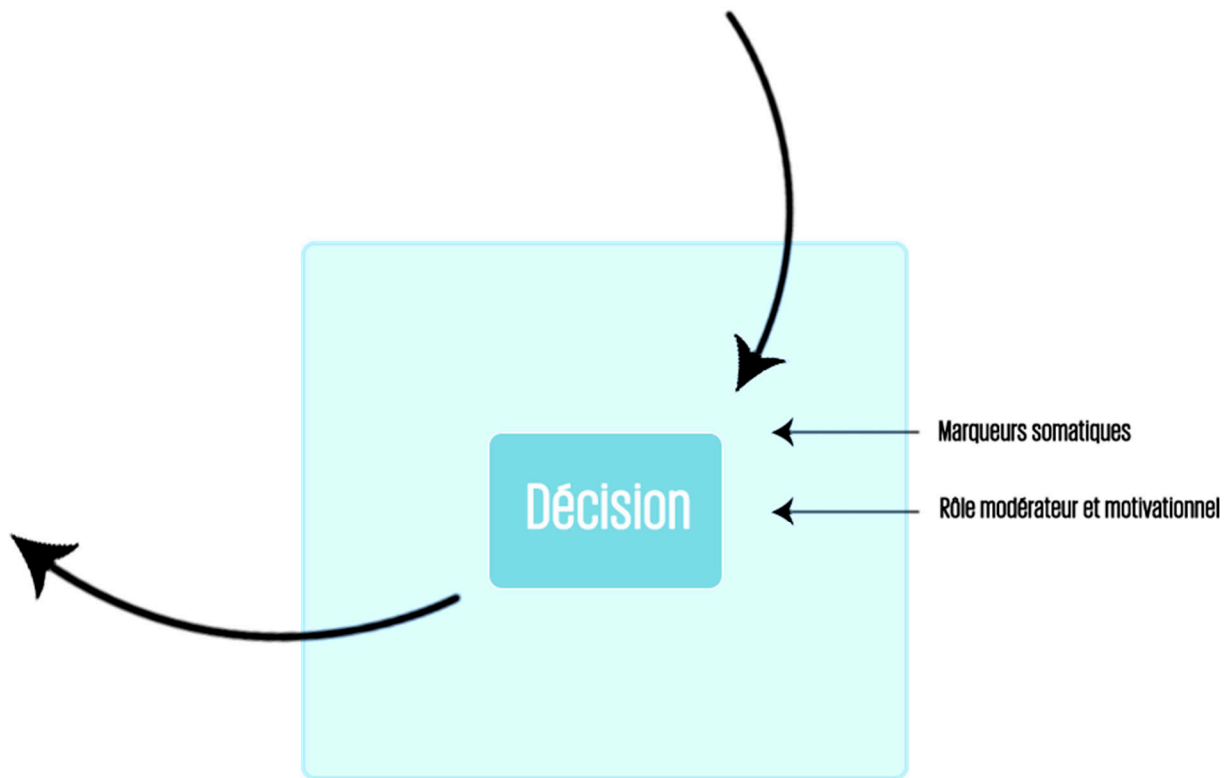


Figure 14 : Le rôle de l'émotion au sein de la boucle PDA (dessin de l'auteure)

L'émotion interfère donc lors de la prise de décision et permet aussi un changement de point de vue ou plutôt de « sentir » par compassion ou « empathie émotionnelle¹⁹⁹ » (voir au chapitre 3). Les émotions « balisent le cours de nos actions » et sont donc « de puissants motivateurs pour de futurs comportements²⁰⁰ ». Par ailleurs, les stimuli émotionnels sont aussi favorisés lors du processus attentionnel de sélection de l'information²⁰¹. Le rôle de l'émotion au sein de cette boucle PDA et plus majoritairement au sein du mécanisme de la décision, nous fait réfléchir quant à l'importance que nous avons de sortir du paradigme erroné de l'approche rationaliste : il y a un intérêt à comprendre, à apprendre et à maîtriser nos émotions, (aussi) pour mieux structurer nos prises de décision et par effet notre rapport à soi, à autrui et au monde.

¹⁹⁹ TISSERON, Serge (dir.), *Subjectivation et empathie dans les mondes numériques*, Paris, Dunod, « Inconscient et Culture », 2013, p. 11.

²⁰⁰ LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 21.

²⁰¹ « De même, l'attention est plus susceptible d'être soutenue par des stimuli qui ont une signification motivationnelle, par rapport à des événements de routine affectivement neutres », LANG Peter J., BRADLEY Margaret M., CUTHBERT Bruce N., « Motivated attention: Affect, activation, and action », *Dans* P. Lang, R. F. Simons, M. T. Balaban (dirs.), *Attention and orienting: Sensory and motivational processes*, Erlbaum, Mahwah, 1997a, p. 97.

2. La boucle Perception - Cognition (Décision) - Action en environnement virtuel

Pour cette thèse, nous souhaitons approfondir le fonctionnement de cette boucle PDA dans le cadre d'environnements virtuels (EV_Ext et EV_Pro). Autrement dit, nous souhaitons comprendre de quelle manière ces systèmes cognitifs et émotionnels interagissent en conformation avec des environnements virtuels (numériques), dont la logique est numérique : à l'intérieur de ces mondes, les « Actions Comportementales Virtuelles²⁰² » (ACV), ou potentiels d'actions que le participant peut entreprendre, peuvent être pseudo-réalistes, symboliques (déplacement au joystick, par exemple) ou irréalistes²⁰³, c'est-à-dire déconnectés de leur fonctionnement habituel. Nous postulons que la création et l'apprentissage de ces ACV symboliques et surtout irréalistes est possible grâce à la compétence de vicariance²⁰⁴ de l'être humain :

« La vicariance est le remplacement d'un processus par un autre qui conduit au même but, est un outil fondamental des organismes vivants. Il leur donne une puissante capacité de créer, d'innover et d'interagir avec autrui avec souplesse, tolérance et générosité. La vicariance est aussi la clé de la merveilleuse faculté qu'a l'homme de créer des mondes imaginaires²⁰⁵ ».

La vicariance est une capacité créative car elle permet malgré les contraintes et en changeant de perspectives, des échappatoires divers qui révèlent *de facto* la capacité de notre corps à s'adapter aux changements. Par exemple, dans l'œuvre de réalité virtuelle *La funambule virtuelle* (Michel Bret et Marie-Hélène Tramus, créé en collaboration avec Alain Berthoz,

²⁰² FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, 2018, p. 329.

²⁰³ *Ibid.*, p. 329.

²⁰⁴ La vicariance définie comme la capacité d'adaptation du cerveau humain lorsqu'il rencontre un problème, se distingue de l'adaptation qui suppose plus généralement « la modification des conduites qui visent à assurer l'équilibre entre un organisme et ses milieux de vie, ainsi que les processus qui sous-tendent ces modifications » (définition de psychologie), la vicariance pourrait donc constituer un de ces processus. Dans le cadre des études biologiques, l'adaptation signifie plutôt « l'ensemble des ajustements réalisés par un organisme pour survivre dans un environnement physique donné », FISCHER Gustave-Nicolas, TARQUINIO Cyril, DODELER Virginie, « Adaptation et coping », dans Gustave-Nicolas Fischer, Cyril Tarquinio, Virginie Dodeler (dirs., *Les bases de la psychologie de la santé*, Paris, Dunod, « Psycho Sup », 2020, p. 105.

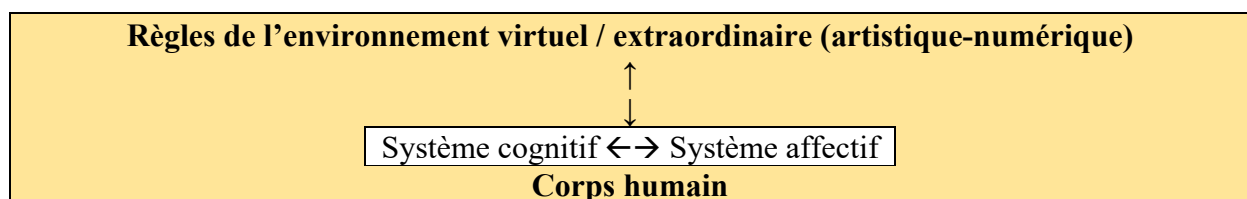
²⁰⁵ BERTHOZ, Alain, *Op. Cit.*, 2013, p. 7.

2000), il est demandé à un participant de tenir un balancier muni d'un capteur de position et de rotation afin d'équilibrer un personnage de synthèse sur un fil virtuel. Le participant a pour retour d'information sur son équilibre, la vision d'un personnage de synthèse sur un fil.



Figure 15 : *La Funambule virtuelle* de Michel Bret, Marie- Hélène Tramus, Alain Berthoz (2000-2006), expérience de réalité virtuelle (image interactive)

Seulement l'interaction du participant sur le balancier n'a pas pour fonction d'être réaliste. Les modules associés à la capture des données sont déréglés dans le but de créer de nouveaux comportements chez le participant : c'est ce que Michel Bret et Marie-Hélène Tramus nomment la « seconde interactivit ²⁰⁶ ». Ces nouveaux comportements devront être appris par l'individu car ils seront nécessaires pour parfaire l'équilibre du personnage virtuel sur le fil. Nous avons ici un bon exemple sur le plan comportemental, de la créativité et de l'originalité que peut produire notre capacité de vicariance. Or, celle-ci peut être aussi opérante dans le champ des immersions et interactions émotionnelles. Dans le cadre d'une expérience en environnement virtuel, nous avons donc :



²⁰⁶ TRAMUS Marie-Hélène, BRET Michel. *La Funambule Virtuelle*, Consulté le 12 Janvier 2022, [<http://www.anyflo.com/bret/art/2000/fun/fun.htm>]

L'œuvre d'art interactive en EV_Ext et EV_Pro est également de nature relationnelle. Certains environnements artificiels sont dotés d'un modèle d'interactivité tel que celui de la boucle PDA. À titre d'exemple, dans *Les pissenlits* de Edmond Couchot, Michel Bret et Marie-Hélène Tramus (1988, image interactive avec microphone, *fig. 16*) les utilisateurs soufflent sur un microphone afin de faire se détacher les akènes des fleurs, qui s'envolent et chutent avec pesanteur. L'action virtuelle comportementale (ACV) est ici pseudo-réaliste, puisqu'elle répond à des schémas d'action ou « schèmes naturels » connus de l'individu (souffler sur une fleur).



Figure 16 : *Les pissenlits*, Edmond Couchot, Michel Bret, Marie-Hélène Tramus, 1988, expérience de réalité virtuelle avec microphone

Nous postulons que des EV_Ext aux EV_Pro, le fonctionnement de la boucle PDA ne change pas, seules les ACV changent puisque les dispositifs ne sont pas interfacés de la même manière. Dans le cadre des EV_Pro, les déplacements et gestes de l'individu sont aussi interfacés, par conséquent l'action de l'individu est dirigée de manière à avoir un impact dans l'environnement virtuel et cet environnement va réagir en temps réel via des interfaces sensorimotrices. D'un côté donc, l'individu se crée mentalement le monde virtuel (phénoménologie, étude de la perception), et de l'autre, l'environnement virtuel est construit techniquement pour lui répondre²⁰⁷ :

²⁰⁷ Le schéma est tiré de FUCHS., Philippe, *Op. Cit.*, 2018, p. 177.

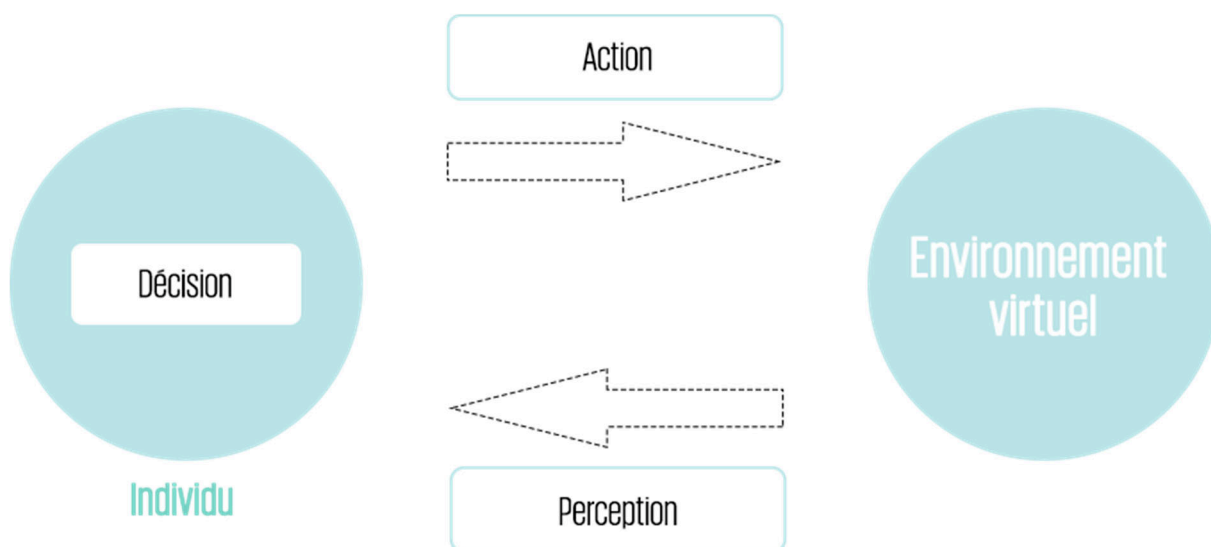


Figure 17 : La boucle “Perception, Cognition (Décision), Action” dans les environnements virtuels, selon Philippe Fuchs

La nature de ces ACV a aussi conséquence sur la cohérence de l’expérience émotionnelle vécue par le participant. Dès lors, les concepteurs-artistes doivent leur porter une attention particulière : ce n’est pas la même chose de jeter une boule de neige à la main en réalité virtuelle - qui pourrait à force provoquer des tendinites, comme nous le démontrons en annexe via notre expérience *Winter Break*, RyseUp Studios, 2020 - que de jeter des boules de neige avec un « lance-boule de neige²⁰⁸ ». Par conséquent, si les ACV sont irréalistes, le vécu du participant peut être « extraordinaire », c’est-à-dire déconnecté de son fonctionnement habituel. À titre d’exemple, l’individu pourra faire l’expérience du temps qui passe plus ou moins vite, en lien avec ses mouvements et ses déplacements comme dans *Superhot VR* ou encore « percevoir des choses qui se trouvent très loin [...] percevoir ce qu’un autre perçoit²⁰⁹ ». C’est ce qui se produit dans le cas de l’expérimentation *The Machine to be another* (Be Another Lab, voir chapitre 3), qui permet à deux individus d’échanger de corps²¹⁰ par l’usage des caméras disposées sur chaque usager, dont le flux vidéo est retransmis dans les visiocasques de réalité virtuelle. Pour pousser plus loin cette immersion corporelle, il est demandé aux deux participants de reproduire à l’identique une chorégraphie de mouvements et de gestes.

²⁰⁸ Qui repose néanmoins volontairement sur le schème d’action pseudo-naturel du « lance-pierre ».

²⁰⁹ VITALI ROSATI, Marcello, *Corps et Virtuel : Itinéraires à partir de Merleau-Ponty*, Paris, L’Harmattan, 2009, p. 152.

²¹⁰ En fait, via le dispositif de télé-présence ils n’échangent que ce qu’ils voient.

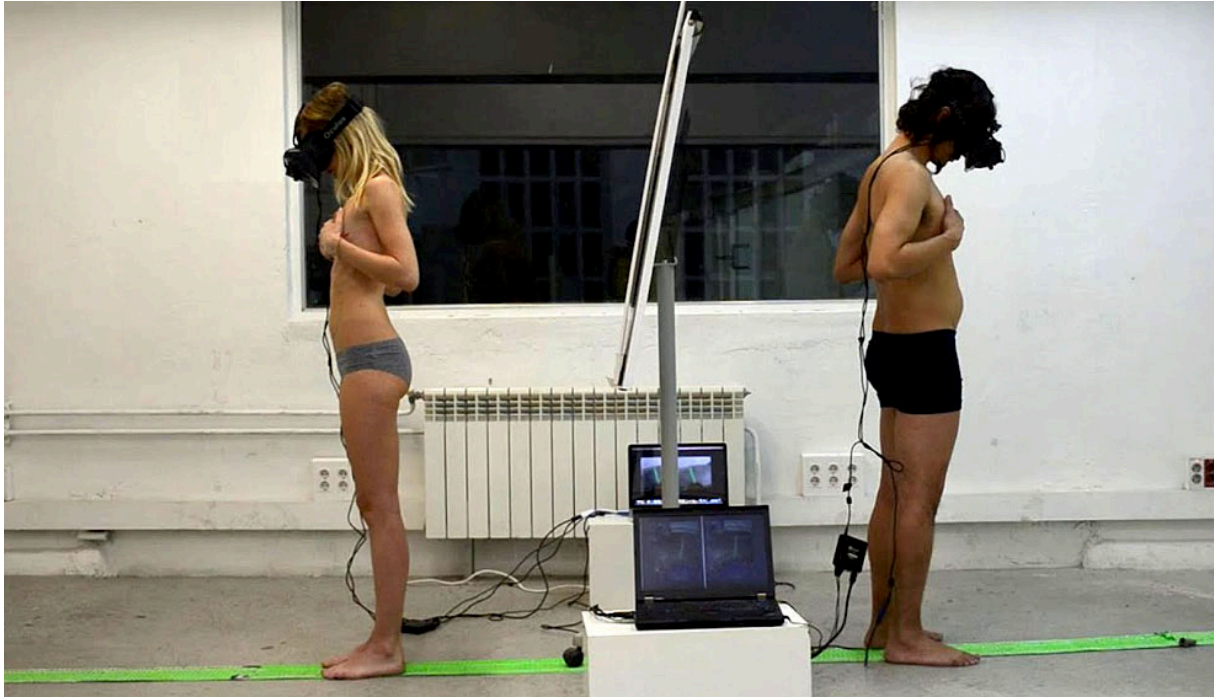


Figure 18 : « Body Swap », The Machine to Be Another, expérience de réalité virtuelle

2.1 – Immersion et interaction sensorimotrices

Le premier niveau d’immersion et d’interaction d’un individu dans un environnement de réalité virtuelle est sensori-moteur. L’immersion et l’interaction d’un individu dans un univers de réalité virtuelle est d’abord permis par son système sensoriel - visuel, auditif, tactile, proprioceptif, musculo-tendineux, articulaire, kinesthésique, etc. - et moteur, qui comprend des mouvements intentionnels dits « actifs » et des mouvements « passifs », tels que les réflexes²¹¹. À un premier niveau d’immersion et d’interaction (sensori-moteur) dans un environnement de réalité virtuelle, la relation entre l’individu et l’œuvre se fera donc via des interfaces motrices et sensori-motrices et des interfaces sensorielles. Par conséquent, elles sont fortement liées aux ACV qui peuvent être décomposées dans le cas de la réalité virtuelle, en quatre types : (1) l’individu peut observer l’EV ; (2) l’individu peut se déplacer/naviguer ; (3) l’individu peut agir/manipuler ; (4) l’individu peut communiquer (avec autrui, avec l’application).

Comme nous l’avons vu précédemment, du fait de la technologie, dans les environnements virtuels le comportement de l’individu n’est pas tout à fait le même que dans

²¹¹ Par exemple, l’œil change de positionnement dans son orbite via un réflexe oculomoteur quand l’individu se déplace.

l'environnement réel - les schèmes naturels qu'il a appris depuis l'enfance sont perturbés - et l'individu peut même à certaines occasions rencontrer des « incohérences perturbatrices » qui empêcheront son immersion et ses interactions, notamment émotionnelles, dans l'expérience. À ce titre, l'incohérence visuo-vestibulaire provoquée par des effets de latence par exemple, engendre un état de « cinétose » ou « mal des transports » chez le participant (plus connue par les concepteurs-artistes sous dénomination anglaise, *motion sickness*) à laquelle il faut donc impérativement pallier en réalité virtuelle. Ces interfaces seront donc accompagnées par des Aides Logicielles comportementales qui aident à l'immersion et aux interactions Sensori-motrices (« AL S-m ») et à l'immersion et aux interactions Cognitives (« AL Cog ») de l'individu pour lui faciliter la tâche dans l'environnement virtuel. Les « Aides Logicielles sensori-motrices » (AL s-m) en particulier, facilitent l'interfaçage entre l'individu et le monde virtuel, en améliorant la « qualité des données » et la « qualité des stimuli sensoriels et moteurs²¹² ». À un niveau sensori-moteur, la boucle perception, cognition(décision), action se positionne donc à l'interface entre un humain et un ordinateur, qui va actualiser en temps réel et en fonction des déplacements et des gestes du participant, le versant « physique » de l'environnement virtuel (de l'œuvre²¹³) :

²¹²FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, 2018, p. 171.

²¹³*Ibid.*, p. 114.

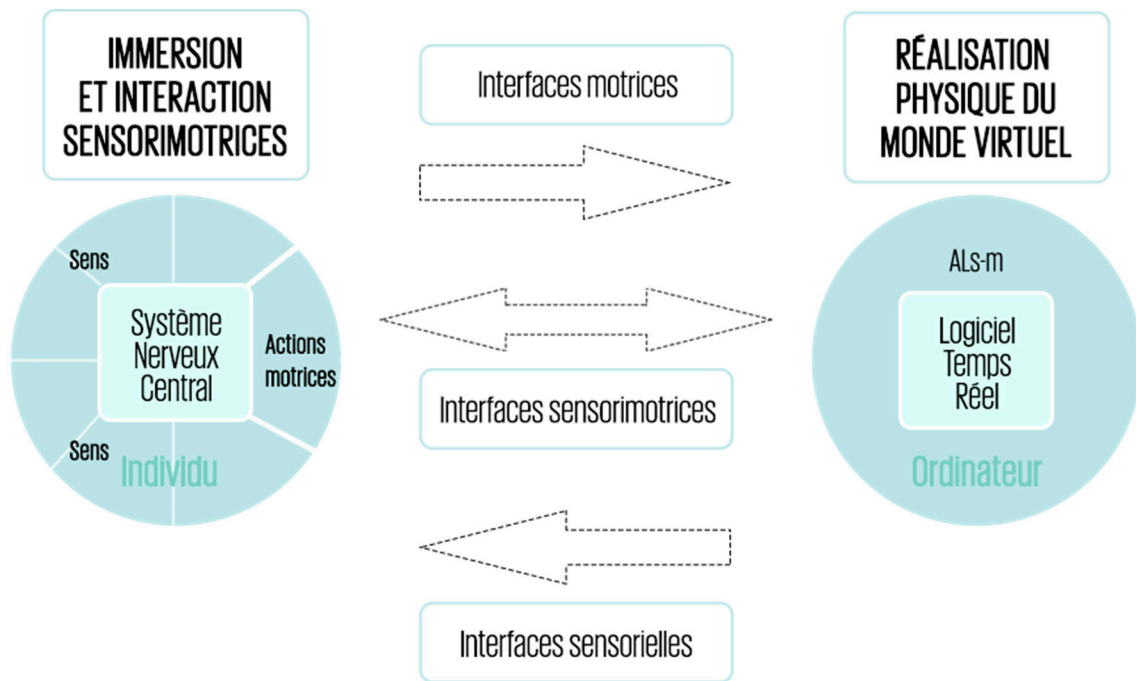


Figure 19 : La boucle « perception, cognition(décision), action » du comportement humain au niveau sensori-moteur selon Philippe Fuchs

2.2 – Immersion et interaction cognitives

À un deuxième niveau, l'information provenant des récepteurs sensori-moteurs de l'individu doit être traitée cognitivement. L'immersion de l'individu dans l'environnement de réalité virtuelle dépend de trois facteurs qui sont variables en fonction du dispositif de l'œuvre. D'abord, elle est « égocentrique », c'est-à-dire anthropocentrée, le sujet est le centre névralgique de l'environnement artificiel à 360°.

Ensuite, l'immersion est extéroceptive (et pas seulement visuelle, mais aussi tactile et auditive) et proprioceptive. L'individu n'est pas à « distance » de l'œuvre (comme au cinéma), il est immergé corporellement dans une expérience. Qu'il soit à distance ou au centre de l'œuvre, l'individu est de toute manière, totalement immergé cognitivement : les mécanismes de l'attention - de sélection et persistance au niveau de la conscience d'un stimulus chez l'individu - et de la perception sont sollicités de la même manière qu'il soit dans l'environnement réel ou virtuel²¹⁴. La perception est soit consciente, auquel cas un stimulus sensoriel a fait l'objet d'une prise de conscience ; mais elle peut être inconsciente, si les stimuli

²¹⁴ *Ibid.*, p. 210.

sensoriels n'ont pas donné lieu à une prise de conscience car celle-ci opère via un « goulot d'étranglement²¹⁵ ».

Enfin, l'individu peut être plus ou moins actif dans un environnement artificiel, ce qui conditionne la nature de son immersion. Les « Aides Logicielles cognitives » (AL Cog) en particulier, facilitent la réalisation d'une tâche ou pallient les incohérences sensori-motrices²¹⁶ pour promouvoir dans le même temps une possible immersion et interaction émotionnelles. Dans le cas de *Winter Break* par exemple, l'individu doit tirer avec un « lance-boules de neige » sur des cibles. Nous avons constaté que les participants ne parvenaient à toucher les cibles qu'ils visaient qu'à de très rares occasions. Nous avons donc mis en place des aides logicielles (voir en annexe, « *Aim Assist* » et « *Aim Assist Trail* ») permettant à ces derniers d'effectuer plus simplement cette tâche. L'*Aim Assist*, ou système de correction de tir, est une aide logicielle corrigeant la trajectoire du projectile afin que ce dernier touche plus facilement sa cible. L'*Aim Assist Trail*, ou système d'assistance pour viser, est une aide visuelle permettant à l'individu de connaître la trajectoire du projectile avant que celui-ci ne soit envoyé. À un niveau cognitif, la boucle perception, cognition(décision), action se positionne donc à l'interface entre un humain et un ordinateur, qui va modéliser en temps réel le versant « comportemental » de l'environnement virtuel (de l'œuvre²¹⁷) :

²¹⁵ DEHAENE, Stanislas, *Le Code de la conscience*, Paris, Odile Jacob, « Sciences », 2014, p. 58.

²¹⁶ FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, 2018, p. 172.

²¹⁷ *Ibid.*, p. 173.

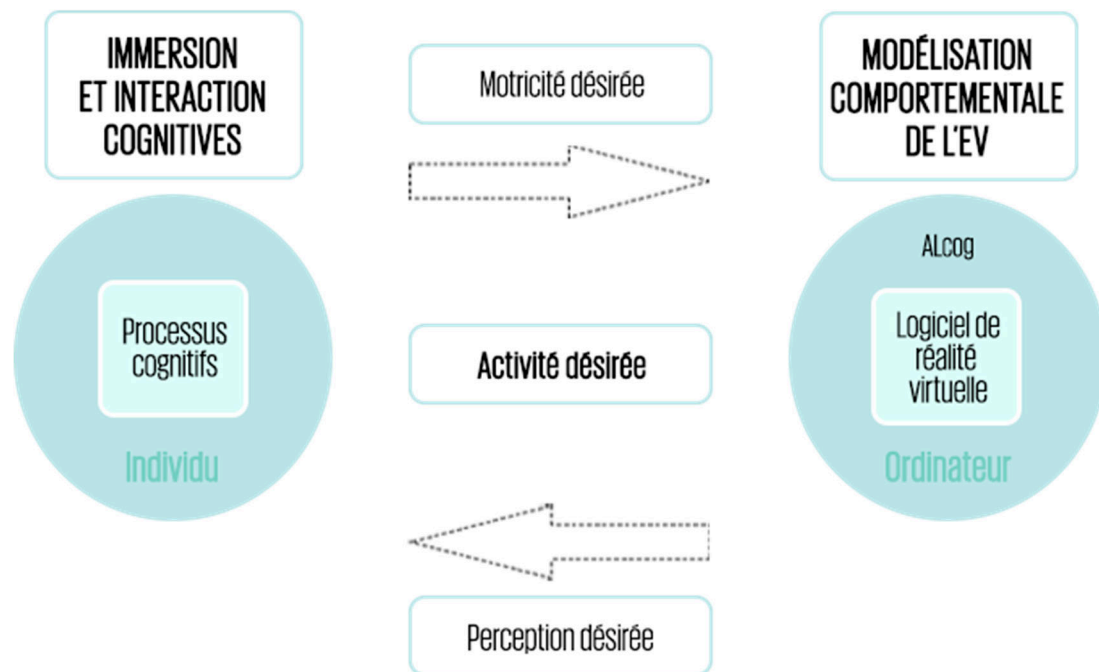


Figure 20 : La boucle « perception, cognition (décision), action » du comportement humain au niveau cognitif selon Philippe Fuchs

2.3 – Immersion et interaction fonctionnelles

À un troisième niveau, Philippe Fuchs introduit la nécessité d'une immersion et interaction fonctionnelle. Cette I² fonctionnelle consiste à simplifier les ACV que l'individu doit effectuer dans l'environnement virtuel. À ces fins, les concepteurs bénéficient de deux solutions, l'interfaçage comportemental, et les Aides Logicielles comportementales (AL Cog et AL S-m) que nous avons vues précédemment. L'interfaçage comportemental suppose un dispositif technologique (système de *tracking*) capable de récupérer des données issues des déplacements et des mouvements de l'individu dans un environnement réel délimité (une *roomscale*, par exemple). Les balises externes (ou externalisées) de l'interfaçage comportemental, utilisées dans le cas du HTC VIVE par exemple, envoient des signaux infrarouges au visiocasque du participant afin d'indiquer la position, mouvements et déplacements, de son corps dans l'espace virtuel. Les balises internes (ou internalisées), utilisées cette-fois ci dans le cas du visiocasque Oculus Rift S, sont composées de caméras calculant « image par image », les déplacements et les gestes de l'individu par rapport à l'environnement et aux objets qui le composent. Quand le participant se sert des manettes (*controllers* ; interface sensorielle) pour déclencher certains éléments de l'environnement virtuel, il appuie sur des boutons (*inputs*) ou il effectue des gestes en particulier, qui répliquent en sortie des « images, des sons, etc. ». Enfin, s'il se sert des gants à retour d'effort, il utilisera alors des « interfaces sensori-motrices »,

car celles-ci sont à la fois « motrices et sensorielles²¹⁸ ». Les données reçues de cet interfaçage comportemental et dans notre cas d'étude, émotionnel, sont ensuite « modelées », « facilitées » par les aides logicielles comportementales²¹⁹ (Al Cog, Al S-m, Al Emo). En effet, nous postulons dans le cadre de cette thèse qu'il existe aussi un interfaçage émotionnel, qui est notamment permis par les boucles de rétroaction médiées et qui suppose également l'existence d'aides logicielles émotionnelles (AL Emo) : les modèles d'analyse et modèles d'induction en sont un exemple (voir aux chapitres 5, 8 et 9).



²¹⁸ FUCHS, Philippe. *Op. Cit.*, p. 113.

²¹⁹ *Ibid.*, p. 219-240.



Figure 21 : Présentation des interfaces comportementales dans le film *Ready Player One*, Steven Spielberg, 2018. Dans l'ordre : système de suivi de mouvements faciaux, gants à retour d'effort, tapis de course omnidirectionnel et visiocasque

À un niveau 3I², la boucle perception, cognition(décision), action se positionne donc à l'interface entre un humain et un ordinateur, qui va actualiser en temps réel le monde virtuel afin de modéliser et faciliter le versant « comportemental » de l'œuvre²²⁰ :

²²⁰ *Ibid.*, p. 220.

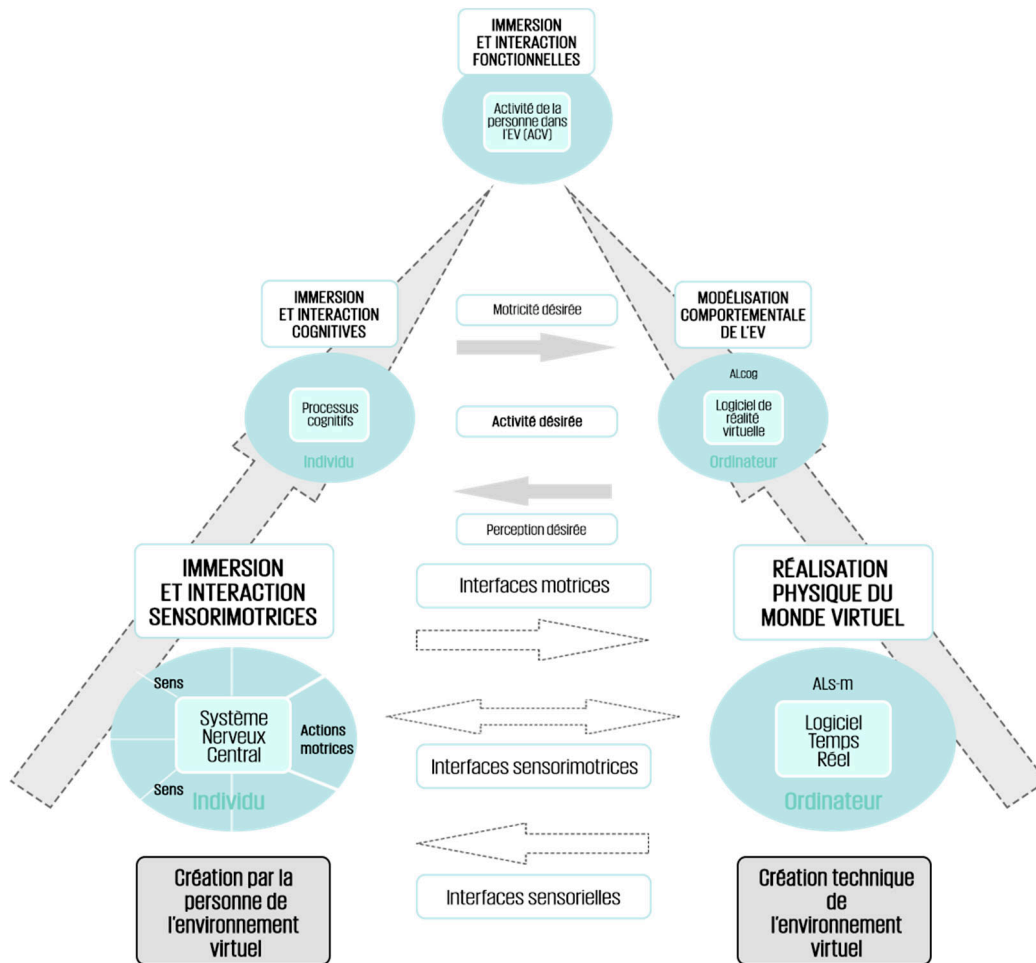


Figure 22 : Modèle à trois niveaux d'immersion et d'interaction selon Philippe Fuchs

2.4 – Immersion et interaction émotionnelles

Dans son dernier livre *Théorie de la réalité virtuelle. Les véritables usages*, Philippe Fuchs engage à partir de différents modèles d'induction extéroceptifs et proprioceptifs - visuels, acoustiques, haptiques, etc. - un répertoire des possibles émotionnels en réalité virtuelle. Cette taxonomie suppose d'occuper le point de vue des concepteurs de contenus en réalité virtuelle et d'imaginer des potentiels artistiques, les affordances²²¹, en s'appuyant sur les règles émotionnelles humaines et sur les outils qui permettent de constituer l'EV_Pro. Dans le cadre de notre thèse, nous nous appuyons sur ses premiers développements que nous compléterons d'une approche détaillée sur les émotions telles qu'elles peuvent être maîtrisées dans un environnement virtuel. Pour Philippe Fuchs, la finalité des concepteurs-artistes est la

²²¹ Capacité autotélique d'un objet, d'un système ou d'un environnement à expliquer par lui-même, son fonctionnement ou son moyen d'être utilisé.

« présence émotionnelle » d'un individu²²² dans l'œuvre, c'est pourquoi il situe ce versant symboliquement au-dessus des trois autres²²³ (sensori-moteur, cognitif et fonctionnel).

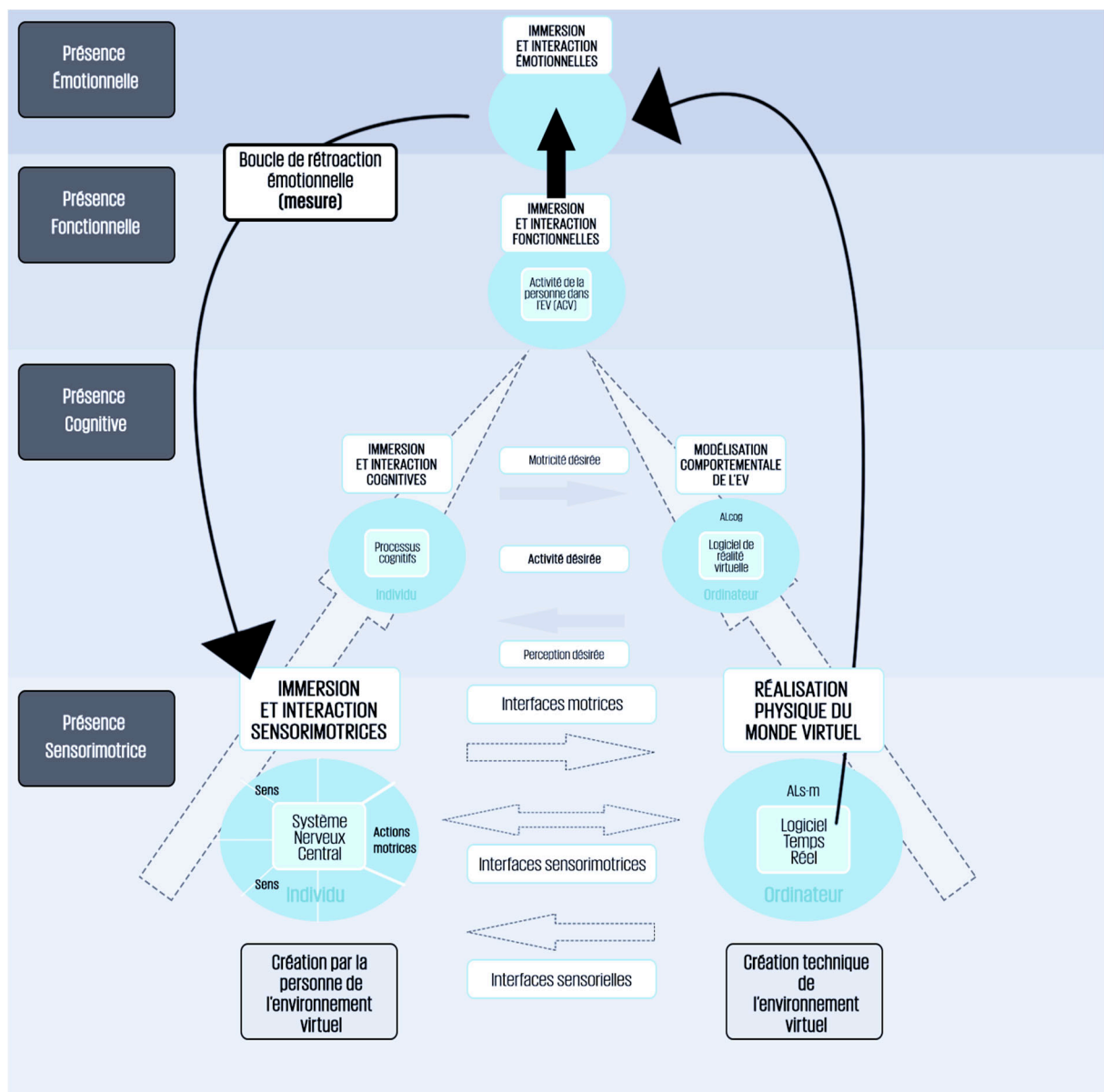


Figure 23 : Modèle à quatre niveaux d'immersion et d'interaction selon Philippe Fuchs

²²² Il distingue quatre niveaux de présence qui correspondent aux quatre niveaux du modèle 4I² : 1. Présence sensori-motrice (issue des stimulations), 2. Présence cognitive (issue des processus de perception et de motricité), 3. Présence fonctionnelle (issue des actions qu'il est possible de faire dans l'EV : observer, se déplacer, manipuler et communiquer), et 4. Présence émotionnelle, FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, 2018, p. 258. Pour notre part, nous définissons cette présence émotionnelle comme : le sentiment d'être présent émotionnellement - souvent via par l'usage de retour d'information (*feedback*) émotionnels - dans une œuvre.

²²³ *Ibid.*, p. 243.

Néanmoins si l'on considère qu'il est possible de créer des interactions émotionnelles, il me semble plus juste de positionner cette I² émotionnelle en dessous des I² fonctionnelles : l'I² émotionnelle nécessitant parfois un interfaçage émotionnel - capteurs biométriques, comportementaux, tests subjectifs - et des Aides Logicielles (AL Emo) qui facilitent le dialogue entre l'utilisateur et l'œuvre sur le mode émotionnel. Les AL Emo sont liées à la mesure et l'analyse des données biologiques, comportementales et subjectives et constituent aussi des nouvelles ACV via la régulation émotionnelle dans l'environnement virtuel. La « boucle de rétroaction médiée » (*feedback* physiologiques ou émotionnels) va augmenter d'une nouvelle fonction la liste des ACV : observer, se déplacer, manipuler, communiquer et réguler. Dans *Deep* (Marieke Van Rooij et alii, 2016, voir chapitre 6) par exemple, grâce à l'utilisation des biofeedback il existe un lien homéostatique - l'homéostasie est le phénomène qui orchestre via des capteurs naturels ou artificiels, l'équilibre de l'organisme et l'environnement grâce à des processus de régulation - entre l'activité interne de l'individu et l'activité de l'environnement virtuel.

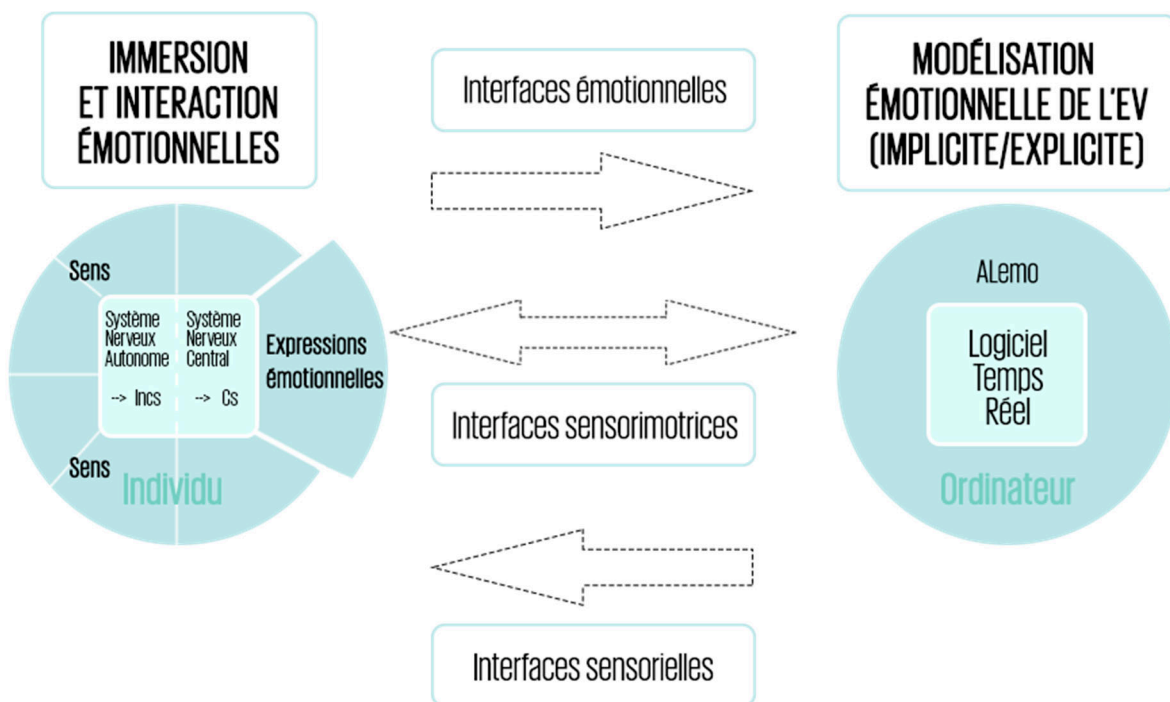


Figure 24 : La boucle « perception, cognition (décision), action » du fonctionnement humain au niveau émotionnel (dessin de l'auteure)

3. Conclusion : le modèle à quatre niveaux d'immersion et interaction augmenté

Dans le cadre d'un modèle 4I² avec immersion et interactions émotionnelles, l'utilisateur pourra agir dans l'expérience via l'usage d'interfaces biométriques, comportementales et subjectives. Le retour d'information (*feedback*) de son activité physiologique ou émotionnelle sera implicitement ou explicitement intégré dans l'expérience via les interfaces sensorielles, voire sensori-motrices si on imagine des retours liés à l'activité émotionnelle de l'individu²²⁴. Aussi, pour nous l'I² émotionnelles doivent se placer en dessous des I² cognitives, car comme nous l'avons vu précédemment, l'émotion possède un rôle modérateur et motivationnel lors de la prise de décision. À un niveau 4I², la boucle perception, cognition(décision), action se positionne donc à l'interface entre un humain et un ordinateur, qui va actualiser en temps réel le versant « physique » du monde virtuel, afin de modéliser et faciliter ensuite le versant « émotionnel » et « comportemental » de l'œuvre. La modélisation émotionnelle de l'environnement virtuel est permise grâce à la mesure et l'analyse des signaux physiologiques ou émotionnels de l'utilisateur. Ces signaux modifient l'expérience sur les plans esthétiques, narratifs et fonctionnels via les boucles de rétroaction médiées (voir le chapitre 6, 7 et 8) :

²²⁴ Par exemple, le rythme cardiaque accélère = augmentation de la force exercée par le gant à retour d'effort ou l'augmentation de la vitesse du tapis connecté, etc.

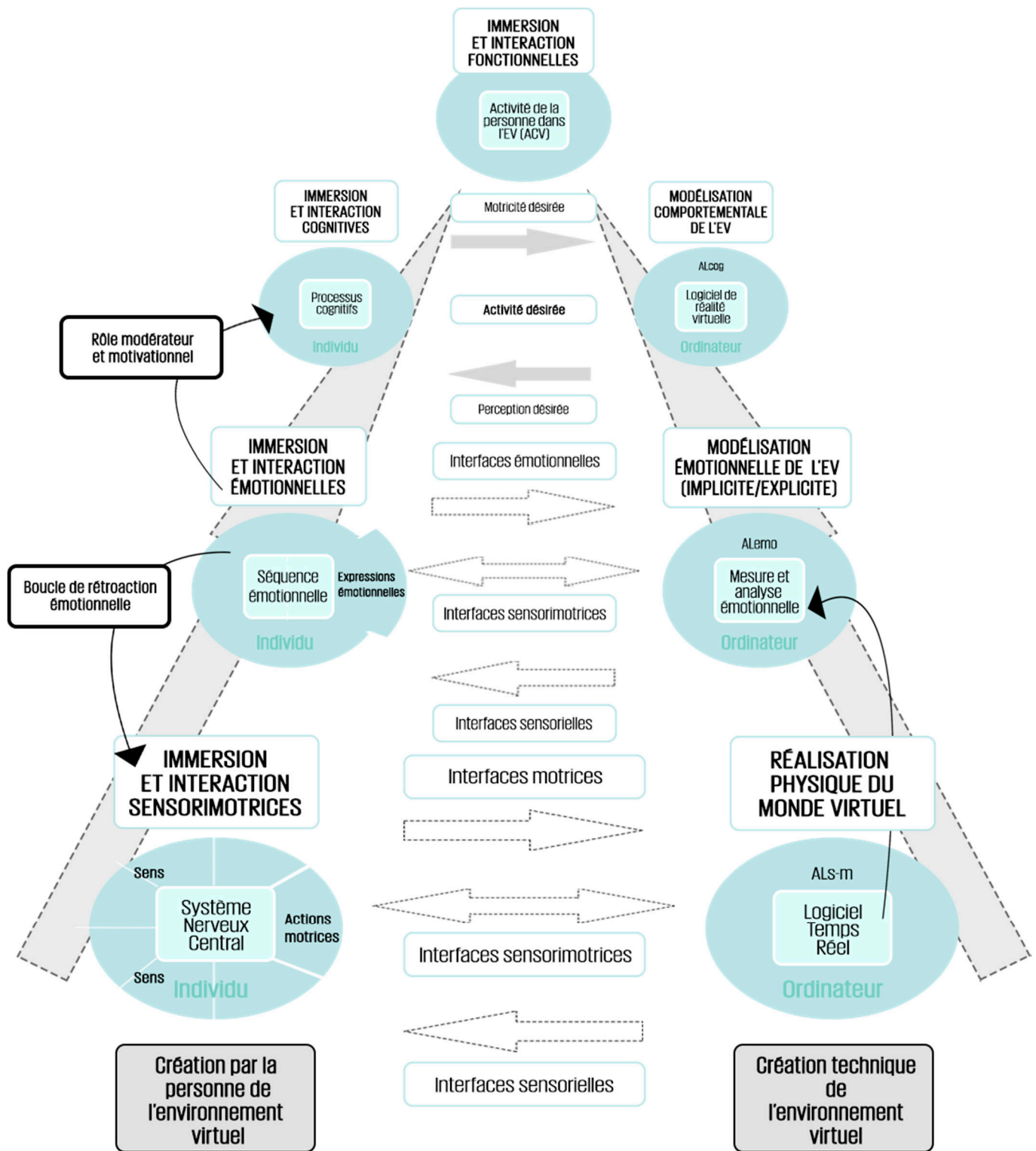


Figure 25 : Schéma global du modèle 4I² en réalité virtuelle

Dans un quatrième temps, nous supposons que l'individu est immergé et interagit dans l'environnement de réalité virtuelle sur le mode émotionnel. L'émotion est une réaction cognitive, subjective, expressive, physiologique et motivationnelle à un stimulus ou des stimuli

perçus (ou non) en séquence. Ces stimuli sont reliés à un contexte situationnel, un événement, un épisode, qui va permettre d'induire une émotion chez l'individu et que nous proposons de réfléchir à l'aune d'un contexte nouveau : celui des environnements virtuels avec immersion proprioceptive. Le phénomène émotionnel est une réaction en interne d'abord (voir les chapitres 1,2, 4) et résulte le plus souvent sur une forme expressive de l'émotion - physiologique, physique (comportementale, faciale, vocale) et subjective - qui peut être mesurable (voir les méthodes et contraintes liées aux mesures au chapitre 5).

Émotions intersubjectives et collectives

Introduction

Les dynamiques émotionnelles intersubjectives (de personne à personne) ou collectives (du groupe social) se construisent via des processus « décentrement de soi²²⁵ », telle que l'empathie ou des phénomènes autocentrés de « résonance affective²²⁶ » - processus non conscients et automatiques qui imitent les affects d'autrui - tels que la contagion émotionnelle. Dans un groupe, les émotions de chaque individu sont modelées à partir de règles normatives (règles d'expressivité) qui renseignent sur les comportements émotionnels à adopter en fonction des contextes situationnels particuliers. Autrement, les émotions collectives concernent l'apparition « quasi simultanée » d'une même émotion à la suite d'un stimulus commun, dans un contexte réel ou virtuel réunissant plusieurs individus. Ces états collectifs sont le résultat d'une « convergence émotionnelle » qui procède bien souvent par des processus de contagion émotionnelle entre les membres du groupe. À l'inverse du phénomène empathique, la contagion émotionnelle se caractérise d'ailleurs par une « indifférenciation entre soi et autrui », par une « abolition momentanée de la distinction des moi individuels confondus en un moi collectif²²⁷ ». Les expériences² émotionnelles et artistiques se présentent aussi sous des formes intersubjectives et collectives (multijoueur, par exemple) dont il nous faut présenter les enjeux. Le processus émotionnel et autopoïétique qui est à l'œuvre n'est pas le même que l'on soit immergé et participant seul, à deux ou à plusieurs, constituant différentes versions du corps - corps biologiques et corps sociaux - au sein de l'expérience. Ce chapitre est donc l'occasion de renseigner les concepteurs-artistes sur la médiatisation des phénomènes émotionnels intersubjectifs et collectifs. De quelle manière ses phénomènes sont-ils toujours opérant dans

²²⁵ BERTHOZ, Alain, « Physiologie du changement de point de vue », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 261.

²²⁶ PLANTIN, Christian, *Op. Cit.*, p. 53.

²²⁷ PACHERIE, Elisabeth, « L'empathie et ses degrés », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 149.

des configurations numériques qui *a priori*, via l'usage des avatars, complexifient la capacité expressive des émetteurs - individus affichant une réponse émotionnelle - et le rôle des récepteurs quant à leur capacité à reconnaître une réponse émotionnelle.

1. Émotions intersubjectives

L'intersubjectivité est une communication « réciproque et mutuelle²²⁸ » de personne à personne (à deux) qui a notamment pour effet - dans le croisement de notre propre subjectivité et de celle d'autrui, ainsi que dans l'effort empathique de se mettre à la place de l'autre - de développer un rapport objectif au monde, à autrui et à soi-même²²⁹. Pour Serge Tisseron, l'intersubjectivité correspond au troisième stade du processus empathique, c'est-à-dire d'une empathie qui « suppose que je reconnaisse à autrui le pouvoir de m'informer utilement sur des aspects de moi-même encore inconnus de moi [...] se découvrir à travers lui différent de ce que l'on croyait être et de se laisser transformer par cette découverte²³⁰ ». Pour nous, les émotions intersubjectives sont donc des émotions qui naissent au carrefour de configurations de personne à personne et notamment des processus sympathiques et empathiques, si l'on considère que l'empathie puisse aussi être compatible avec les processus émotionnels en consistant dans ce cas, à « changer de point de sentir²³¹ ». Ce concept « d'empathie » est important dans le cadre de notre étude puisqu'il nous permet de comprendre un pan de la recherche et création en réalité virtuelle, qui consiste par l'immersion corporelle à placer le participant dans le corps de son avatar et d'adopter ainsi son point de vue (subjectif). Plus largement, dans cette sous-partie il nous faudra aussi démêler au sein de ces relations intersubjectives, de quelle manière les différents processus - empathie, sympathie, etc. - se mêlent au phénomène émotionnel et ainsi concevoir par quel moyen ils opèrent dans les environnements virtuels.

²²⁸ TISSERON, Serge (dir.), *Op. Cit.*, p. 10.

²²⁹ « Ce que je découvre dans cette "intersubjectivité transcendante", c'est la possibilité d'un monde objectif. Perçue empathiquement, c'est-à-dire dans son double caractère connu et inconnaisable, l'expérience de l'*alter ego* me donne un autre point de vue que le mien (entièrement connu) sur le monde [...] » HOCHMAN, Jacques, *Une histoire de l'empathie*, Paris, Odile Jacob, 2012, p. 75.

²³⁰ TISSERON, Serge (dir.), *Op. Cit.*, p.14.

²³¹ BERTHOZ, Alain, « Physiologie du changement de point de vue », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 266.

Le mot « empathie » est un vocable de plus en plus sollicité en politique, en marketing, etc. Il y a une cinquantaine d'années pourtant, le terme était très peu utilisé. Il existerait donc aujourd'hui un « déferlement empathique²³² » qu'il nous faut interroger, démêler afin d'en identifier les raisons. Lors de nos lectures, ce « déferlement empathique » a eu un impact plutôt problématique. Au cours de nos recherches, nous nous sommes rendu compte que l'empathie était souvent définie de manières imprécises, principalement en se confondant avec la sympathie²³³. Aussi, l'empathie a des interprétations multiples en proportion des différents champs disciplinaires à travers lesquels elle se construit conceptuellement, de l'esthétique - Robert Vischer, Theodor Lipps, Wilhel Worringer autrement nommés « les romantiques allemands » et plus actuellement Bertold Bretcht²³⁴ et Michel Chion²³⁵ - à la psychologie - Edward Bradford Titchener, Jacques Cosnier - à la philosophie - la phénoménologie d'Edmond Husserl par exemple - puis à la psychanalyse (Sigmund Freud), aux sciences sociales (Emmanuelle Glon²³⁶), à l'éthologie (Véronique Servais²³⁷) et enfin, à la physiologie, aux sciences cognitives et aux neurosciences (Jean Decety, Alain Berthoz). Nous avons donc décidé de dresser un panorama diachronique du concept de l'empathie, dont voici un bref résumé, depuis sa création avec « l'*Einführung* » jusqu'à aujourd'hui, selon différents champs disciplinaires qui ont parcouru par la notion, dans l'objectif d'en tirer une définition claire et

²³² HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.* p. 12.

²³³ Nous précisons que nous adoptons ici un regard *a posteriori* des recherches en neurosciences et sciences cognitives. L'imagerie cérébrale a permis de préciser notamment la notion d'empathie et la notion de sympathie.

²³⁴ Berthold Bretch, qui considère alors l'empathie comme un principe du plaisir esthétique, développe une « esthétique de la distanciation » par méfiance vis à vis de du phénomène de l'empathie « laquelle peut avoir comme effet pervers de tout comprendre, y compris son agresseur comme dans le syndrome de Stockholm ». JORLAND, Gérard, « L'empathie, histoire d'un concept », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 43.

²³⁵ Chez Michel Chion une musique « empathique » est considérée comme en adéquation avec les images. Par la répétition, elle en souligne l'émotion. Une musique « an-empathique » est dissonante, elle s'oppose à l'image et produit ainsi une contrariété qu'il qualifie d'« effet d'indifférence ». La musique ne prête plus d'attention à l'image, elle ne semble par être « affectée » par celle-ci. CHION, Michel, « Glossaire », *Lampe-tempête*, Publié le 14 Octobre 2006, Consulté le 12 Novembre 2018, [<http://www.lampe-tempete.fr/ChionGlossaire.html>]

²³⁶ GLON, Emmanuelle, « Émotion empathique et cognition sociale », dans Christian Lazzeri, Soraya Nour (dirs.), *Reconnaissance, Identité et Intégration Sociale*, Paris, Presses Universitaires de Paris Nanterre, « Sciences humaines et sociales », 2009, p. 215-238.

²³⁷ SERVAIS, Véronique, « L'empathie et la perception des formes dans l'éthologie contemporaine », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 221.

qui correspond à notre sujet d'étude, l'immersion et interaction émotionnelle dans le cadre artistique de réalité virtuelle.

1.1 – Origines de l'empathie : l'Einfühlung

Bien qu'il lui précède dans le temps, on peut retrouver chez Adam Smith dans *Théorie des sentiments moraux* (1759), une approche du phénomène de l'empathie dans l'art. Pour Adam Smith, l'individu cherche une « approbation²³⁸ » chez autrui et c'est en se mettant à la place de l'autre, de ses « sentiments », que l'individu parviendrait à ajuster ses émotions, d'abord en fonction d'autrui, ensuite en fonction d'un « spectateur impartial²³⁹ » (« *the man within* »). L'individu se juge alors « à l'aune de sa propre conscience, seule manière de distendre les mailles des regards croisés sur lui²⁴⁰ ». À défaut de pouvoir utiliser le terme empathie (ou à l'époque « *Einfühlung* »), celui-ci apparaissant plus tard, en 1872 -, Adam Smith conceptualise ce qu'il nomme « la réciprocité sympathique²⁴¹ » qui supposerait un dialogue de « convenance²⁴² » lors duquel les discours, bien que nourris d'affects, s'harmonisent. Cette idée de « réciprocité sympathique » nous semble avoir été aujourd'hui plus approfondie par Jacques Cosnier et Marie-Lise Brunel dans l'ouvrage *L'Empathie. Un sixième sens*, à partir de l'existence d'un « postulat empathique²⁴³ ». Dans ce cadre, l'empathie réciproque permet aux interlocuteurs de comprendre aisément « l'implicite de leur communication²⁴⁴ ». Cette coopération, cet accordage, aurait « une fonction économique » de la même manière que « l'échoïstation corporelle²⁴⁵ », mimétisme à l'œuvre entre les interlocuteurs :

²³⁸ JORLAND, Gérard, « L'empathie, histoire d'un concept », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, 2004. p. 45.

²³⁹ HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.*, p. 29.

²⁴⁰ JORLAND, Gérard, « L'empathie, histoire d'un concept », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 46.

²⁴¹ *Ibidem.*

²⁴² HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.*, p. 26.

²⁴³ *Ibid.*, p. 96.

²⁴⁴ *Ibid.* p. 100.

²⁴⁵ *Ibidem.*

« Chaque membre d'un groupe est convaincu qu'autrui est capable de sentir et de se représenter les mêmes choses que lui et réciproquement [dans une] interchangeabilité des points de vue [...] L'"accord empathique" qui permet la poursuite de la conversation est continuellement assuré par un principe de coopération résumé par les célèbres maximes de GRICE : une maxime de quantité (une communication ne doit pas apporter plus d'information que nécessaire), une maxime de qualité (l'information doit être véridique), une maxime de pertinence (elle ne doit pas être hors sujet), une maxime de style (elle doit être claire)²⁴⁶ ».

Toutefois, le point de départ du concept « d'empathie » est posé en 1872²⁴⁷ avec l'invention d'un concept par Robert Vischer²⁴⁸ auquel il donne l'appellation d'*Einfühlung*²⁴⁹. Robert Vischer évoque l'*Einfühlung* pour la première fois dans sa thèse de doctorat²⁵⁰ : *Über das optische Formgefühl (Sur le sentiment optique de forme)*. Robert Vischer, en tant que symboliste, tente d'expliquer à travers l'*Einfühlung* la « boucle impression-sensation-sentiment²⁵¹ ». Les formes contiendraient « en boucle » des représentations, qui « s'impriment » sur nos sens. L'*Einfühlung* de Robert Vischer comprendrait à ce titre différents modes (*Zufühlung, Nachgefühl, Angefühl, Zusammengefühl, Ausgefühl*) tous construits sur le radical *fühl* qui signifie : « le sentiment éprouvé au contact des choses ou des êtres²⁵² ». Chacun de ces modes définit une relation particulière aux choses ou aux êtres - « les êtres » est un ensemble qui comprend : les animaux, les végétaux et les minéraux²⁵³ - *Nachgefühl* signifie

²⁴⁶ *Ibidem*.

²⁴⁷ Certains, certaines disent 1873²⁴⁷ comme CALIANDRO, Stefania, « Empathie et esthésie : un retour aux origines esthétiques », *Revue Française de Psychanalyse*, vol. 68, 2004, p. 791-800.

²⁴⁸ Robert Vischer est le fils de Frederich Theodor Vischer, un historien connu pour ses recherches sur l'esthétique postkantienne, dont il va poursuivre les recherches notamment autour du sujet de « la racine du sentiment esthétique » dans, par exemple, *Empathy, Form and Space, Problems in German aesthetics*. HOCHMAN, Jacques. *Op. Cit.* p. 40.

²⁴⁹ Comme nous l'avons dit précédemment, ce concept d'*Einfühlung* naît dans le contexte d'un débat de théorie de l'art, qui oppose les formalistes et les symbolistes. C'est une acception que nous détaillerons tout particulièrement puisqu'elle constitue le fondement historique de l'empathie. On notera plus tard, que les approches actuelles de l'empathie sont radicalement différentes de celle-ci, notamment puisqu'elles n'opèrent plus dans le même champ de la recherche.

²⁵⁰ JORLAND Gérard, THIRIOUX Bérange, « Note sur l'origine de l'empathie », *Revue de métaphysique et de morale*, n°58, 2008, p. 270.

²⁵¹ *Ibid.*, p. 271.

²⁵² *Ibid.*, p. 270.

²⁵³ *Ibid.* p. 274.

par exemple, « le sentiment du mouvement²⁵⁴ », qui peut, dans certaines circonstances, être attribué à « la grâce » ou à « la légèreté » et inversement.

Pour Robert Vischer il existe deux types de représentations, « la représentation de l'objet » et la « représentation de soi²⁵⁵ ». La représentation de soi ne se fait de manière consciente chez Robert Vischer, que par analogie à un objet. Elle se fait via la représentation de l'objet : « Nous nous représentons notre corps ou des parties de notre corps par analogie avec des objets ou des parties d'objet ». Par réciproque, l'*Einfühlung* devient dès lors « une transposition de soi dans l'objet²⁵⁶ ». Les mouvements d'un tableau, ou d'une architecture par exemple, produisent une correspondance avec « nos mouvements internes²⁵⁷ ». L'*Einfühlung* tel qu'il est défini par Robert Vischer relève à l'origine d'un processus lié à une imitation en interne. Quand ces mouvements sont à notre image (en harmonie sujet/objet), ils renforcent notre sentiment « d'unité de soi » que Robert Vischer qualifie comme une « sensation vitale²⁵⁸ ». Enfin, « la projection de notre "moi sensori-moteur" dans l'objet nous permet [...] d'y lire nos émotions²⁵⁹ ». À l'origine la définition de l'*Einfühlung* repose donc sur une conception esthétique, phénoménologique de l'objet qui s'opère par la contemplation. C'est à ce titre que Jacques Hochman rajoute à propos de Robert Vischer : « La création artistique est la mise en œuvre de cette familiarité fusionnelle²⁶⁰ ». L'artiste, dans son rôle de passeur, retranscrit à travers son œuvre « le processus vital²⁶¹ » de la nature, l'objet d'art est *vitalisé* par le phénomène d'*Einfühlung* qui permet à l'observant de sentir son corps dans l'œuvre.

Une autre particularité de l'*Einfühlung*, est qu'elle n'est pas introduite par Robert Vischer comme une notion limitée à l'étude de l'esthétique. Robert Vischer la rend compatible avec un discours de psychologie : l'*Einfühlung* dans sa relation harmonieuse entre les sujets est caractérisée par « le sentiment²⁶² ». Chaque sujet rencontre autrui, et *vice versa*, avec un

²⁵⁴ *Ibidem*.

²⁵⁵ *Ibid.*, p. 272.

²⁵⁶ Robert VISHÉR cité par Gérard Jorland et Bérangeère Thirioux, *Ibid.*, p. 270.

²⁵⁷ *Ibidem*.

²⁵⁸ *Ibidem*.

²⁵⁹ Robert VISHÉR cité par Gérard Jorland et Bérangeère Thirioux, *Ibid.*, p. 270.

²⁶⁰ HOCHMAN, Jacques. *Op. Cit.* p. 41.

²⁶¹ *Ibidem*.

²⁶² Robert VISHÉR cité par Gérard Jorland et Bérangeère Thirioux, *Ibid.*, p. 273.

Selbstgefühl, un « sentiment de soi²⁶³ ». La rencontre entre *soi* et *autrui* reconstruit sur cette base un *Mitfühlung*, un « sentiment partagé ». Il dit que l'*Einfühlung* est « le fait de pouvoir s'immerger dans la conscience d'autrui tout en gardant conscience de soi²⁶⁴ ».

Au début du XXe siècle, Theodor Lipps²⁶⁵ s'approprie l'*Einfühlung* de Robert Vischer et transpose le concept des champs d'étude de l'esthétique à la psychologie de l'intersubjectivité. Pour l'auteur, la particularité de l'objet d'art (« le détachement de l'objet esthétique de la réalité contingente²⁶⁶ ») favorise la « dépersonnalisation du sujet » (la « délocalisation » chez Robert Vischer). L'art existe dans une sphère à part et propre à lui. Ce « détachement de l'œuvre de son contexte » favorise pour Theodor Lipps « l'aliénation de soi » et la « sympathie esthétique » : « Ce sentiment n'est donc ni un produit illusoire, ni un acquis donné, mais demeure d'une certaine manière suspendue au-delà des critères de réalité et de vraisemblance, engendré par la relation empathique²⁶⁷ ». Pour Theodor Lipps, l'empathie naît d'un « instinct d'imitation²⁶⁸ » et pourrait se définir ainsi : « L'empathie est donc la capacité que nous avons d'éprouver les sentiments de l'autre dès lors qu'il leur prête son visage²⁶⁹ ». Il est important de noter que Theodor Lipps introduit dans la notion d'*Einfühlung* une dimension instinctive qui n'existait pas chez Robert Vischer : « C'est un mouvement interne instinctif immédiat en face d'autrui, une expérience constitutive du sentiment de l'autre²⁷⁰ ». Ce mouvement, parce qu'il est imité en « interne » me différencie d'autrui qui l'effectue et provoque en moi un « sentiment d'altérité²⁷¹ ». Chez Theodor Lipps « l'imitation interne » est donc à la base de l'*Einfühlung*²⁷². Le concept de « l'imitation interne », qui implique une

²⁶³ *Ibidem*.

²⁶⁴ Robert VISHNER cité par Jacques Hochman, HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.* p. 43.

²⁶⁵ Dans LIPPS, Theodor, *Die Kultur der Gegenwart. Systeematische Philosophie*, Berlin / Leipzig, Teubner, 1907, LIPPS, Theodor, « Einfühlung, innere Nachahmung und Organempfindungen », *Archiv für die gesamte Psychologie*, 1903.

²⁶⁶ CALIANDRO, Stefania. *Op. Cit.*, p. 800.

²⁶⁷ *Ibidem*.

²⁶⁸ JORLAND, Gérard, « L'empathie, histoire d'un concept », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 37.

²⁶⁹ *Ibid.*, p. 38.

²⁷⁰ HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.*, p. 48.

²⁷¹ *Ibid.*, p. 49.

²⁷² *Ibid.*, p. 45.

certaine forme d'immédiateté, est critiqué notamment par William Dilthey²⁷³. Pour ce dernier, la compréhension des affects d'autrui passerait davantage par la déduction d'après nos propres expériences, que par l'instinct.

Pour Theodor Lipps, l'empathie est « "objectivation de soi" en ce sens qu'elle est un mode de l'aperception²⁷⁴ » : « Le sentiment esthétique est donc le contact avec le monde extérieur par lequel le sujet accède à la chose et fait l'expérience de lui-même sur le mode du "se sentir dans la chose"²⁷⁵ ». L'aperception implique que l'imaginaire du sujet soit inoculé *a priori* dans la chose, grâce au phénomène d'empathie. En définitive pour Theodor Lipps, l'empathie en esthétique permet « une jouissance objectivée de soi ». Cette approche de la notion d'empathie sera reprise en 1907 par Wilhelm Worringer qui la considère (en citant Theodor Lipps) comme l'acte de « Jouir esthétiquement de soi-même dans un objet sensible, distinct de soi, se sentir en *Einfühlung* avec lui²⁷⁶ ». Ce n'est qu'en 1909 que Edward Bradford Titchener traduit *Einfühlung* par *Empathy* (dans « A text book of psychology »). Il dit : « L'empathie (un mot formé par analogie avec sympathie) est le nom donné au processus d'humanisation des objets qui consiste à nous lire ou à nous sentir nous-mêmes à l'intérieur d'eux²⁷⁷ ». Le terme « empathie » est utilisé pour une des premières fois par Carl Rogers, dans un livre qu'il publie en 1962 en deux tomes avec Marian Kinget : *Psychothérapie et relations humaines*. Dans ce livre, le terme « empathie » est utilisé pour sa dimension thérapeutique. Le concept d'empathie est alors utilisé pour parfaire des méthodes de psychothérapie.

1.2 – *Empathie vs. Sympathie*

²⁷³ DILTHEY, William, *Introduction à l'étude des sciences humaines*, Paris, Presses universitaires de France, 1942. Cité dans MUCCHIELLI, Alex (dir.), *Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines*, 2^e Ed., Paris, Armand Colin, 2004, p. 70.

²⁷⁴ JORLAND, Gérard, « L'empathie, histoire d'un concept », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 37.

²⁷⁵ *Ibidem*.

²⁷⁶ WORRINGER, Wilhelm, *Abstraction et Einfühlung*, Trad. par Emmanuel Martineau, Paris, Klincksieck, « L'esprit et les formes », 1986, p. 43.

²⁷⁷ HOCHMAN, Jacques. *Op. Cit.*, p. 51.

Au XVIII^e siècle, l'idée de « sympathie » se développe dans les champs d'étude de l'art, par le biais des artistes et des théoriciens (esthéticiens, essentiellement). Cette période se compose notamment de deux courants de pensée, formaliste et symboliste. Les formalistes, tels que Emmanuel Kant ou encore Johann Friedrich Herbart, pensent l'art et l'esthétique comme harmonie, équilibre de la nature, réalisation de son essence et qui dissipe l'excitation de l'homme. Par conséquent, les productions artistiques qu'ils estiment représentent un accès à « l'absolu ». Par exemple, elles font référence au nombre d'or, à l'accord parfait (cf. les œuvres de Gustav Fechner sur le sujet). Les symbolistes, courant notamment incarné par Robert Vischer, sont influencés par le romantisme : « ils considèrent le sentiment du beau comme lié à une reconnaissance de nos émotions dans la forme²⁷⁸ ». L'*Einfühlung* est née de ce clivage entre formalistes et symbolistes. Ces derniers se considéraient d'ailleurs plutôt comme des « psychologues » - la psychologie tentait alors de s'établir comme une science - et avaient pour ambition d'« expliquer la reconnaissance d'un contenu émotionnel essentiel au sentiment du beau²⁷⁹ ». À l'époque, nous attribuons cette fonction à l'*Einfühlung* car la notion de sympathie était utilisée dans le langage populaire afin de « désigner un vague sentiment d'attrance ou conclure une lettre par une formule de politesse²⁸⁰ ». À l'origine de la création de l'*Einfühlung* il existe déjà une proximité terminologique avec l'idée de sympathie qui semble difficile à démêler conceptuellement. Nous observons en effet que les définitions qui se réfèrent aux mots « sympathie » et « empathie » sont des déterminations assez proches, difficiles à différencier. Par ailleurs, c'est peut-être cette imprécision « originelle » qui a eu pour conséquence la multiplicité des interprétations et la confusion qui parfois caractérisent ces deux notions. Cette ambiguïté a été conservée dans le temps - Theodor Reik dénonçait par exemple en 1935 l'amalgame entre les deux termes²⁸¹ - et a produit plusieurs approches et définitions en fonction des champs d'étude et des auteurs. Par exemple, pour Gérard Jorland l'empathie nécessite qu'un individu se mette à la place d'autrui « sans forcément éprouver ses émotions²⁸² ». La sympathie, à l'inverse, implique que le sujet éprouve les sentiments d'autrui, sans forcément se mettre à sa place. Pour Elisabeth Pacherie, la différence entre l'empathie et la sympathie dépend des « fins

²⁷⁸ HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.* p. 37.

²⁷⁹ *Ibid.*, p. 39.

²⁸⁰ *Ibidem.*

²⁸¹ *Ibid.*, p. 12.

²⁸² JORLAND, Gérard, « L'empathie, histoire d'un concept », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 20.

[qui sont] poursuivies²⁸³ ». La sympathie implique des « fins altruistes et suppose l'établissement d'un lien affectif avec celui qui en est l'objet²⁸⁴ ». L'empathie vise la « compréhension d'autrui et non à l'établissement de liens affectifs²⁸⁵ ». Pour Jacques Hochman, la différence entre le phénomène empathique et le phénomène sympathique peut se comprendre à partir des études neurodéveloppementales : l'empathie est « définie comme la capacité à apprécier les émotions et les sentiments d'autrui » et la sympathie est « conçue comme un souci du bien-être de l'autre n'impliquant pas nécessairement une connaissance de son état mental ni un désir de le connaître²⁸⁶ ».

Pour nous, la notion d'« empathie » fait référence à des processus cognitifs qui permettent de *se mettre à la place de* et qui donc relèvent d'un « décentrement²⁸⁷ » de soi et la notion de « sympathie » fait référence à un processus autocentré²⁸⁸ de résonance affective qui consiste à ressentir les affects d'autrui. L'empathie implique quatre mécanismes :

- Une « perception cohérente de notre corps et de son rapport à l'environnement²⁸⁹ ».
- La capacité de l'individu à « résonner avec les émotions et les intentions d'autrui comme nous faisons dans la sympathie²⁹⁰ ».
- La capacité de l'individu à « changer sa propre perspective ou "point de vue" et introduire mentalement notre corps et notre cerveau dans le corps et le cerveau d'autrui²⁹¹ ».

²⁸³ PACHERIE, Elisabeth, « L'empathie et ses degrés », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p.150.

²⁸⁴ *Ibidem.*

²⁸⁵ *Ibidem.*

²⁸⁶ HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.* p. 165.

²⁸⁷ BERTHOZ, Alain, « Physiologie du changement de point de vue », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 261.

²⁸⁸ *Ibidem.*

²⁸⁹ BERTHOZ, Alain, « Une théorie spatiale de la différence entre la sympathie et les processus de l'empathie », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 84.

²⁹⁰ *Ibidem.*

²⁹¹ *Ibidem.*

- Enfin, une capacité « d'inhibition²⁹²» de l'émotion que l'individu « ressent à la place d'autrui » et qui lui parvient bien souvent via des processus de contagion émotionnelle. En effet, l'empathie permet de comprendre les émotions et sentiments d'autrui, sans pour autant les ressentir forcément :

« L'empathie répond à la question : qu'est-ce que l'autre éprouve, que croit-il, que désire-t-il, que pense-t-il ? C'est un geste vers l'autre pour le connaître, comprendre ou expliquer son comportement. Si elle nécessite, comme on l'a vu, un changement de perspective spatiale, une façon de se mettre à la place occupée par l'autre, elle n'implique pas nécessairement un partage de sentiments²⁹³ ».

Certains auteurs distinguent l'empathie en deux branches, « l'empathie cognitive », *penser à la place d'autrui* « qui consiste à s'imaginer ce qu'on penserait si on était à la place de l'autre » et « l'empathie émotionnelle », *sentir à la place d'autrui* qui consiste à « s'imaginer ce qu'on pourrait éprouver à la place de l'autre, et à le ressentir partiellement²⁹⁴ ». Enfin, le phénomène d'empathie ne peut fonctionner que si l'individu inhibe ses propres émotions. L'empathie nécessite un « désinvestissement temporaire de l'image de soi-même²⁹⁵ ». Christine Olden, suggère que « la sensibilité d'une personne à une autre personne implique un renoncement à ses propres besoins narcissiques²⁹⁶ ».

1.3 – Définitions actuelles de l'empathie

Dans le cadre de notre thèse, l'empathie est surtout abordée de manière empirique à travers le prisme des recherches en sciences cognitives, neurosciences et physiologie ou de l'expérimentation artistique. Tout en poursuivant notre travail d'état de l'art, nous allons tenter de faire émerger notre approche de l'empathie à partir des théories récentes sur le sujet. Deux grandes théories expliquent le mécanisme du phénomène empathique : la « Théorie de la théorie » et la « Théorie de la simulation ». La Théorie de la théorie présume que notre capacité

²⁹² *Ibid.*, p. 85.

²⁹³ HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.* 173.

²⁹⁴ TISSERON, Serge (dir.), *Op. Cit.*, p. 11.

²⁹⁵ HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.* p. 64.

²⁹⁶ *Ibidem.*

à prédire un comportement, le mien ou celui d'autrui, « est fondée sur l'utilisation d'une théorie, innée ou acquise, de la structure et du fonctionnement de l'esprit²⁹⁷ ». La théorie de la simulation suppose que l'empathie se base sur la simulation et l'imagination éactive : « nous nous plaçons en imagination dans la situation d'un autre et utilisons nos propres mécanismes de raisonnement pratique pour décider ce que nous penserions ou ferions dans cette situation et lui attribuons sur cette base des intentions et des croyances²⁹⁸ ». La théorie simulationniste correspond à l'apparition de deux pensées nouvelles. D'abord, elle participe à la remise en cause de la séparation alors établie entre « la vie intellectuelle » et « la vie émotionnelle²⁹⁹ ». Aussi, elle se revendique des nouveaux schémas qui ne « séparent plus la perception de l'action et qui considère la perception comme une sélection d'informations sur la base de l'action intentionnelle, une préparation à l'action³⁰⁰ » (ce que nous avons vu au chapitre 2).

L'approche de Elisabeth Pacherie que nous sollicitons prioritairement, tente de réconcilier ces deux théories principales, la théorie de la théorie et la théorie de la simulation, « une qui conçoit l'empathie comme un mode de perception directe des émotions d'autrui, l'autre qui met l'accent sur le rôle de l'imagination et de la simulation projective³⁰¹ ». Ces deux théories sont complémentaires puisque selon E. Pacherie « la première vaut plutôt pour les formes plus élémentaires d'empathie, la seconde pour des formes plus élaborées³⁰² ». Pour aller au terme de son processus, l'empathie nécessiterait notamment une « flexibilité imaginative³⁰³ » qui nous permettrait de nous mettre à la place d'autrui, de ses désirs, de ses croyances etc. tout en conservant une distance avec lui : « Il nous faut veiller à maintenir une séparation entre ces entrées imaginées que sont les croyances et désirs d'autrui et les entrées réelles que sont nos propres désirs et croyances faute de quoi nous risquerions d'attribuer aux autres des émotions qui ne sont pas les leurs³⁰⁴ ». La difficulté est d'autant plus grande que les situations ne sont pas toujours transparentes pour le récepteur, et que les émotions sont parfois difficiles à déchiffrer, voire sont complètement imperceptibles, comme nous le verrons aux chapitres 4 et 5. En effet,

²⁹⁷ PACHERIE, Elisabeth, « L'empathie et ses degrés », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 175.

²⁹⁸ *Ibidem.*

²⁹⁹ HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.*, p. 159.

³⁰⁰ *Ibidem.*

³⁰¹ PACHERIE, Elisabeth, « L'empathie et ses degrés », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 175.

³⁰² *Ibidem.*

³⁰³ *Ibid.*, p. 178.

³⁰⁴ BERTHOZ, Alain, « Physiologie du changement de point de vue », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 278.

les émotions ressenties par le récepteur peuvent aussi être l'expression d'une situation passée ou future, voire même de situations « irréelles », comme celles qui sont vécues « en rêve ». Elles peuvent concerner des « potentiels motivationnels³⁰⁵ » d'autrui qui nous sont incernables, puisque ce ne sont pas les nôtres, puisqu'ils ne sont pas manifestes. Enfin, selon les normes culturelles, elles peuvent être inhibées, prohibées et donc cachées ou atténuées. À titre d'exemple, les représentations de héros que nous retrouvons au cinéma et dans le jeu vidéo - Robert Pattinson incarnant Batman³⁰⁶ dans *The Batman* de Matt Reeves (2022) et Norman Reedus incarnant Sam Porter Bridges dans *Death Stranding* de Hideo Kojima (2019) - ne présentent que rarement une masculinité sensible³⁰⁷, privilégiant des formes virilistes qui supposent de faire preuve de force plutôt que de larmes (*fig. 26*).



Figure 26 : À gauche, Robert Pattinson incarnant Batman dans le film *The Batman* de Matt Reeves (2022, film)
À droite, Norman Reedus incarnant Sam Porter Bridges dans *Death Stranding* de Hideo Kojima, jeu vidéo, 2019

Aussi, *In the Mood for Love* (Wong Kar-Wai, 2000, film) montre bien cette complexité culturelle en traitant le sujet d'un amour impossible à voir, puisqu'il est prohibé par la société : les amants (et voisins) sont tous les deux mariés à d'autres protagonistes. La pudeur du jeu des acteurs ne saurait pourtant cacher les émotions qui émergent à leur rencontre. Ce paradoxe de la situation - entre la proximité d'un lien amoureux, et le mutisme manifeste que provoque cet interdit sociétal - que la forme filmique semble dédoubler. Le réalisateur rend compte de cette séparation entre les deux personnages par l'usage du décor et des champs et contre-champs (voir *fig. 27*). Il enregistre l'interdit de cette rencontre en médiatisant le visible, par exemple, en filmant le couple par le biais d'un miroir. Les personnages sont ainsi cachés du regard de la caméra, qui ne les capture qu'à travers l'embrasement des portes, qui ne les découvre qu'au sein

³⁰⁵ PACHERIE, Elisabeth, « L'empathie et ses degrés », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p.175.

³⁰⁶ Toute forme d'émotivité est par ailleurs, cachée par son masque.

³⁰⁷ La tristesse et de manière générale, l'émotivité, étant proscrire pour les hommes dans nos schémas de société.

d'une foule de gens, simulant dans le même temps le regard toutefois voyeuriste du spectateur, de la société, à leur égard.



Figure 27 : Un amour impossible dans le film *In the Mood for Love*, Wong Kar-Wai (2000, film)

Toutes ses contraintes de transparence des émotions qui sont liées au constructivisme culturel et parfois à des troubles cliniques (voir le concept d'alexithymie, au chapitre 4 et 5), peuvent donc contrevenir au phénomène empathique. Par conséquent, pour aborder le sujet de l'empathie nous préférons envisager les « théories qui mettent en avant le rôle de l'imagination et la capacité d'adopter la perspective cognitive ou motivationnelle d'autrui³⁰⁸ » et qui permettent donc une bonne interprétation des intentions d'autrui.

1.3.1 – Théories simulationnistes

L'empathie nécessite en plus que la « résonance » des actions ou des affects d'autrui, de comprendre *a minima* « l'état mental³⁰⁹ » de l'autre : elle est « une simulation mentale de la subjectivité d'autrui³¹⁰ ». En suivant cette logique, le phénomène d'empathie est décomposé par Jean Decety en trois niveaux. Le premier est attribué à la « résonance motrice », le second à la « conscience de la perspective subjective de l'autre » et le troisième à « l'aptitude à faire la différence entre soi et autrui³¹¹ » :

³⁰⁸ *Ibidem.*

³⁰⁹ *Ibidem.*

³¹⁰ *Ibidem.*

³¹¹ GALLAGHER, Shaun, « Simulation ou narration : recherche sur les bases de l'empathie », dans Michel Botbol, Nicole Garret-Gloanec et Antoine Besse (dirs), *L'empathie au carrefour des sciences et de la clinique*, Montrouge, Doin, 2014, p. 49.

- (1) La composante de résonance motrice est « automatique, non contrôlable et non intentionnel[le]³¹² ». Cette composante n'est pas strictement humaine, car certaines espèces - les loups, par exemple - manifestent des comportements similaires « fondés sur la réciprocité, le mimétisme et la communication d'émotions³¹³ ». Ces mécanismes de traitement de l'information émotionnelle impliquent « des circuits neuronaux spécifiques³¹⁴ » appartenant au système limbique. Ils relient « l'amygdale au cortex temporal, au cortex cingulaire et au cortex orbito-frontal » et ils « jouent un rôle régulateur dans la vie en groupe³¹⁵ » au sein d'autres espèces animales (les dauphins, notamment). Ils permettent notamment « la reconnaissance des émotions » et « l'intégration de l'information qu'elle véhicule pour la sélection et la gestion de réponses appropriées³¹⁶ ».

- (2) La conscience de la perspective subjective d'autrui est davantage « contrôlée et intentionnelle³¹⁷ », plus récente et peut-être typiquement humaine. C'est parce que ce comportement est associé à d'autres facteurs cognitifs et neurologiques chez l'homme que l'empathie prend un sens singulier. Pour Jean Decety « Seul *Homo Sapiens* serait doté de cette capacité de mentalisation, c'est-à-dire de considérer soi et autrui comme des êtres dont le comportement est causé par des états mentaux (intentions, croyances, émotions) qui peuvent être similaires ou différents³¹⁸ », seul l'humain peut percevoir autrui comme « des agents intentionnels³¹⁹ ».

- (3) La distinction soi et autrui implique qu'il y ait des « représentations partagées³²⁰ » qui « naissent de l'interaction entre les individus d'une même espèce comme l'ont proposé les psychologues du développement et [qui] reposeraient sur ce codage commun entre perception

³¹² DECETY, Jean, « L'empathie est-elle une simulation mentale de la subjectivité d'autrui ? », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 55.

³¹³ *Ibid.*, p. 60.

³¹⁴ *Ibid.*, p. 62.

³¹⁵ *Ibidem.*

³¹⁶ *Ibidem.*

³¹⁷ *Ibid.*, p. 55.

³¹⁸ *Ibid.*, p. 63.

³¹⁹ *Ibid.*, p. 65.

³²⁰ *Ibid.*, p. 70.

et action³²¹ ». Le codage commun est une hypothèse selon laquelle « les actions sont codées dans le système nerveux central selon les effets perçus qu'elles sont censées produire dans l'environnement physique et social³²² ». Ces représentations partagées nécessitent, pour parachever le phénomène empathique, de se différencier d'autrui. Il faut « naviguer au sein de ces représentations partagées³²³ » car autrui n'aura pas forcément la même réaction émotionnelle que moi suite à l'évaluation d'un événement : « L'empathie ne suppose pas obligatoirement une résonance émotionnelle. La résonance n'est pas synonyme de compréhension³²⁴ ». Se mettre à la place d'autrui - autrement dit pour Jean Decety « simuler mentalement la subjectivité d'autrui » - est un processus qui nécessite donc une « flexibilité mentale³²⁵ ».

D'autres théories simulationnistes³²⁶³²⁷ considèrent que « l'empathie a un statut particulier, qui la rend distincte de la cognition sociale quotidienne³²⁸ ». Elle distingue le phénomène empathique de l'« interprétation quotidienne des états mentaux d'autrui³²⁹ » et préfère le définir à partir de « conditions » qui le caractérise. Pour Frédérique De Vignemont et Tania Singer, les conditions de l'empathie sont résumées en quatre points : « la personne est dans un état affectif », l'état affectif de cette personne est « isomorphe à l'état de quelqu'un d'autre », il est « suscité par l'observation ou l'imagination de l'état affectif de l'autre » et enfin, « la personne sait que l'autre est la source de son propre état affectif³³⁰ ». Dans « What is it like to feel another's pain ? », Frédérique De Vignemont et Pierre Jacob approfondissent cette nomenclature sous la forme de cinq conditions :

³²¹ *Ibid.*, p. 71.

³²² *Ibid.*, p. 70.

³²³ *Ibid.*, p. 71.

³²⁴ *Ibidem.*

³²⁵ *Ibid.*, p. 82-83.

³²⁶ JACOB Pierre, DE VIGNEMONT Frédérique, « What is it like to feel another's pain ? », *Philosophy of Science*, Vol. 79, p. 295-316.

³²⁷ DE VIGNEMONT Frédérique, SINGER Tania, « The empathic brain : how, when and why ? », *Trends in Cognitive Sciences*, 2006, p. 435-441.

³²⁸ GALLAGHER, Shaun, « Simulation ou narration : recherche sur les bases de l'empathie », dans *Op. Cit.*, p. 48.

³²⁹ *Ibid.*, p. 52.

³³⁰ *Ibidem.* Lire aussi DE VIGNEMONT Frédérique, SINGER Tania, *Op. Cit.*, p. 435.

- Une « condition d'affectivité³³¹ », qui suppose que le processus d'empathie est en action seulement si « la personne en empathie et la personne cible font l'expérience d'un état affectif ». Cette condition a pour objectif de dissocier le processus d'empathie, mais aussi de sympathie, « de la simple interprétation des états mentaux³³² ».

- La « condition de similitude interpersonnelle³³³ », suppose que les deux individus doivent expérimenter un état affectif similaire.

- La « condition d'état par procuration³³⁴ », le fait que « cet état est suscité par l'observation ou l'imagination de l'état affectif de l'autre³³⁵ ». Il s'agit d'un état « comme si ».

- La « condition d'attribution³³⁶ », le fait que « la personne sait que l'autre est la source de son propre état affectif³³⁷ ». C'est cette condition qui distingue notamment le phénomène empathique de la contagion émotionnelle : le premier est conscient, il est « su » et « intentionnel », le second ne permet pas de distinguer soi et d'autrui (ce point est approfondi dans la sous-partie dédiée aux émotions collectives).

- La « condition du souci de l'autre », implique que l'individu en empathie « se préoccupe de la vie affective de la personne cible³³⁸ ».

À ces deux premières théories simulationnistes, Shaun Gallagher répond par une troisième : « une conception alternative de l'empathie fondée [aussi] sur les capacités narratives³³⁹ ». Pour l'auteur, la théorie de la simulation « surestime la similitude interpersonnelle quand il s'agit d'attribution d'états mentaux³⁴⁰ ». La similitude ne concerne

³³¹ GALLAGHER, Shaun, « Simulation ou narration : recherche sur les bases de l'empathie », dans *Op. Cit.*, p. 53.

³³² *Ibidem.*

³³³ *Ibidem.*

³³⁴ *Ibid.*, p. 53.

³³⁵ *Ibidem.*

³³⁶ *Ibidem.*

³³⁷ *Ibid.*, p. 52.

³³⁸ *Ibid.*, p. 53.

³³⁹ *Ibid.*, p. 47.

³⁴⁰ *Ibid.*, p. 63.

pas les états mentaux eux-mêmes, mais les mécanismes humains, imitatifs ou empathiques, qui sont à la source de notre capacité à faire « coïncider » les comportements d'autrui et les nôtres. Les capacités narratives humaines consisteraient quant à elles à fonder un « contexte herméneutique global³⁴¹ » (*a massive hermeneutical background*) qui, quant à lui, permettrait d'expliquer les comportements et états affectifs d'autrui dans un contexte social : « nos propres actions et celles des autres sont intelligibles et commencent à prendre sens quand nous les intégrons dans un cadre narratif³⁴² ».

1.3.2 – *Théorie des changements de point de vue*

Pour certains auteurs, l'ontogénèse de l'empathie pourrait s'expliquer à partir de l'acte de désigner, autrement nommé « la désignation ». Cette hypothèse constitue un bon point de départ à l'introduction de la théorie des changements de point de vue de Alain Berthoz, puisqu'elle implique aussi une construction triangulaire, « celui qui désigne, celui à qui la désignation est destinée et la cible de la désignation³⁴³ ». Dans le cadre de la relation intersubjective de « personne à personne », la désignation introduit un troisième élément, « l'objet », qui en modifie la dynamique. Cette relation s'établit désormais par le prisme de l'objet, dans une triangularité « personne-personne-objet³⁴⁴ » et permet une « intersubjectivité secondaire³⁴⁵ », autrement nommée « compréhension partagée ». La situation dans laquelle est prise l'objet - celui-ci est objectivé - et la relation réciproque entre soi et autrui a pour résultat un processus « d'objectivation » qui « transforme les éléments perçus visuellement en entités désignables³⁴⁶ ». La représentation « objective », à l'inverse de la représentation égocentrée (visuo-proprioceptive), est un « processus » qui permet d'attribuer à un élément du monde « une

³⁴¹ Voir, GALLAGHER, Shaun, « Narrative competence and the massive hermeneutical background », Dans Paul Fairfield (Ed.), *Education, Dialogue and Hermeneutics*, New-York, Continuum International Publishing Group, 2011, p. 21-38.

³⁴² GALLAGHER, Shaun, « Simulation ou narration : recherche sur les bases de l'empathie », dans *Op. Cit.*, p. 72.

³⁴³ BACHOUD-LEVI Anne-Catherine, DEGOS Jean-Denis, « Désignation et rapport à autrui », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 91.

³⁴⁴ TREVARTHEN, Colwyn, « Une sympathie innée : comment les bébés établissent leurs relations émotionnelles avec les autres », dans Michel Botbol, Nicole Garret-Gloane et Antoine Besse, *Op. Cit.*, p. 121.

³⁴⁵ *Ibidem*.

³⁴⁶ BACHOUD-LEVI Anne-Catherine, DEGOS Jean-Denis, « Désignation et rapport à autrui », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 109 ; « On peut donc considérer que la désignation est le témoin archétypique de ce qu'on va appeler "l'objectivation" ». *Ibid.*, p. 95.

existence objective, c'est-à-dire indépendante du sujet qui le voit³⁴⁷ ». Cette structure particulière, la communication triangulaire, permet de dissocier le soi d'autrui et de l'objet et pourrait notamment éclairer les individus sur un « deuxième degré de l'empathie³⁴⁸ » qui consiste à comprendre l'objet à la source de l'émotion perçue chez autrui. C'est ce qui peut se produire par exemple, lors du phénomène de « l'attention partagée », les yeux et la direction du regard d'un individu me renseignent sur l'objet qui suscite son attention. Par exemple dans la relation de la mère à l'enfant, ce dernier « repère l'objet ou l'événement sur lequel porte l'attention leur mère, traite alors la réaction émotionnelle de celle-ci comme un commentaire sur l'objet³⁴⁹ ». Ce processus lui permet ainsi de faire l'apprentissage du monde et des objets qu'il contient, en particulier « des significations culturelles acquises », c'est-à-dire « l'usage des objets comme outil ou la nourriture, les habitudes et rituels acceptés comme comportements sociaux, et les messages véhiculés par le langage³⁵⁰ ».

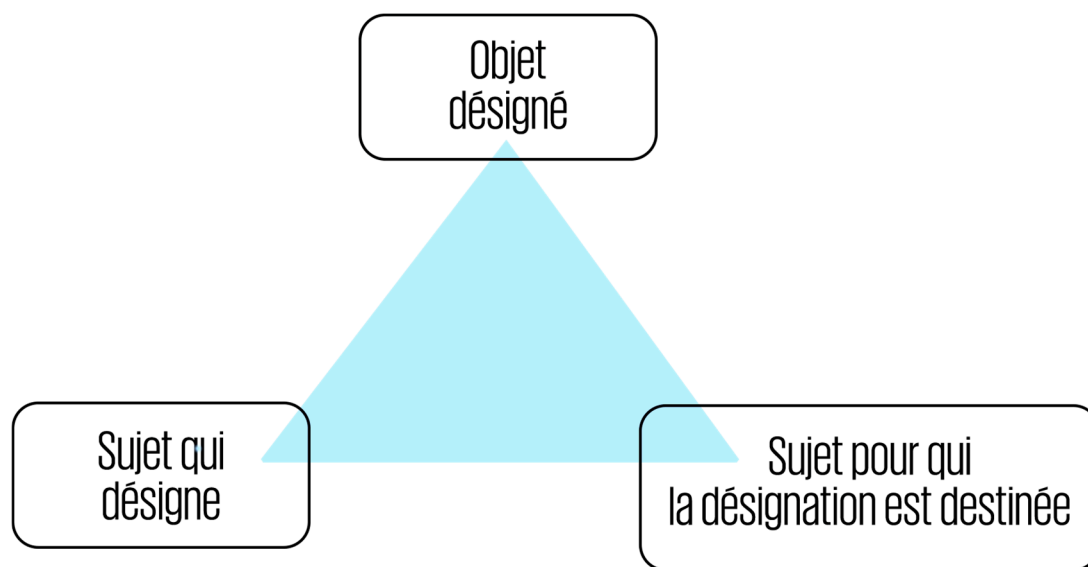


Figure 28 : Schéma de l'acte de désigner d'après Anne-Catherine Bachoud et Jean-Denis Degos (dessin de l'auteure)

³⁴⁷ *Ibid.*, p. 107.

³⁴⁸ Le premier consiste à « comprendre quelle est l'émotion éprouvée par autrui ». PACHERIE, Elisabeth, « L'empathie et ses degrés », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 167.

³⁴⁹ *Ibidem.*

³⁵⁰ TREVARTHEN, Colwyn, « Une sympathie innée : comment les bébés établissent leurs relations émotionnelles avec les autres », dans Michel Botbol, Nicole Garret-Gloanec et Antoine Besse, *Op. Cit.*, p. 121.

Aussi, le phénomène de l'attention partagée peut être utilisé dans le cadre du jeu vidéo ou de l'expérience de réalité virtuelle, via des personnages de synthèse, pour inviter le participant à trouver une information en dehors de son champ de vision. Dans notre expérience *Quand le cœur se serre*, un personnage de synthèse regarde à travers le velux pour signifier au participant l'endroit vers lequel il doit porter son attention. Quand l'attention du participant est située au bon endroit, le rythme cardiaque du personnage de synthèse s'accélère, indiquant par ce *feedback* émotionnel qu'un événement dramatique va se produire. Aussi, dans *BioShock Infinite* (Irrational Games, 2013), le personnage de Elisabeth ne cesse de regarder avec panique en direction de l'étage supérieur, faisant ainsi comprendre au joueur qu'une menace plane au-dessus de sa tête.

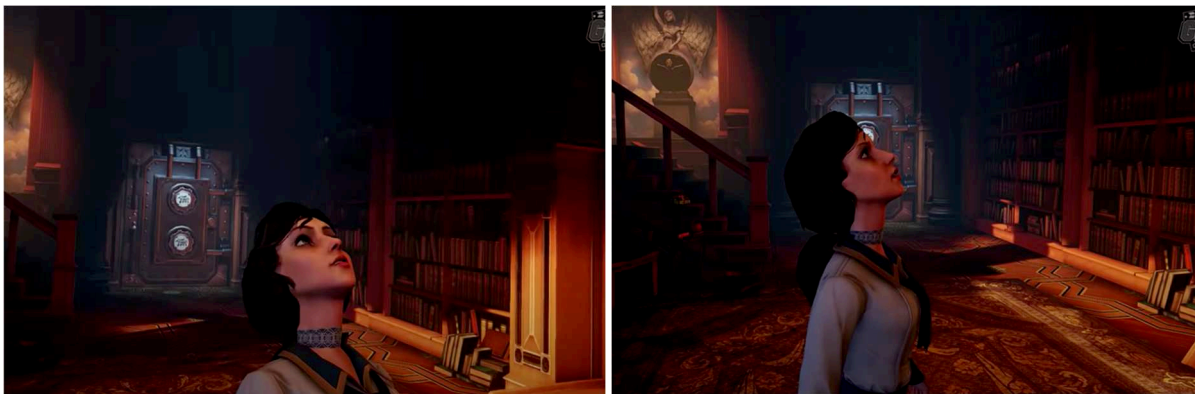


Figure 29 : *BioShock Infinite*, Irrational Games, 2013 (jeu vidéo)

Pour Alain Berthoz, l'empathie est intimement liée à cette « physiologie du regard » et à une « physiologie des manipulations de l'espace par l'action, l'émotion, l'attention et l'intention³⁵¹ » : elle est « mon propre regard [...] que je porte sur le monde à la place de l'autre³⁵² ». Selon Alain Berthoz le phénomène d'empathie pourrait aussi être lié à des « des mécanismes spécifiques qui permettent de manipuler les points de vue spatiaux³⁵³³⁵⁴ » et qui

³⁵¹ BERTHOZ, Alain, « Physiologie du changement de point de vue », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 255.

³⁵² *Ibid.*, p. 254.

³⁵³ *Ibid.*, p. 271.

³⁵⁴ Pour Alain Berthoz l'empathie, *se mettre à la place de quelqu'un* peut relever du traitement de l'espace effectué par le cerveau droit (qui traite aussi en majeure partie les émotions). Chez Jean Decety « simuler en première personne ou en troisième personne est associé à des activations dans le gyrus précentral, l'aire motrice supplémentaire et le lobule pariétal gauche », DECETY, Jean, « Naturaliser l'empathie », *L'encéphale*, vol. 28,

permettraient en outre de « manipuler librement les points de vue de types cognitifs, croyances, opinions, perception de l'autre³⁵⁵ ». Déjà dans *Le sens du mouvement*, Alain Berthoz a développé différents « points de vue spatiaux » qu'il nomme d'ailleurs des « référentiels », c'est-à-dire des cadres à l'intérieur desquels le cerveau organise la perception et l'action :

- Le référentiel « égocentrique³⁵⁶ » que nous avons abordé déjà au chapitre 2, rapporte les objets à soi. Il s'appuie sur des référentiels naturels tels que la gravité (référentiels donc « géocentrique » à partir duquel, à la naissance, le corps se coordonne).

- Le référentiel « allocentrique³⁵⁷ » (exocentrique ou encore hétérocentrique), rapporte les objets à un autre point dans l'espace. Il est centré ailleurs que sur le corps et est donc propre à certains primates, capables de simulation mentale.

À partir de ces postulats, il élabore donc une théorie de la manipulation des points de vue, il dit : « Ma théorie est donc que, pour éprouver de l'empathie ou pour sortir du chemin mental tracé par le conditionnement égocentré et isolant du monde qu'inculquent les fanatismes, il faut que l'enfant fasse une opération de décentrage semblable à celle qui est nécessaire pour passer d'une géométrie égocentrée à une géométrie allocentrée³⁵⁸ ». Cette « prise de perspective d'autrui » est par ailleurs ce qui marque une différence fondamentale chez Alain Berthoz, entre sympathie (processus de résonance) et empathie : « Tandis que la sympathie est apparentée à une contagion émotionnelle et n'exige pas que le sujet adopte le point de vue d'autrui, l'empathie exige une manipulation dynamique et complexe des références spatiales et de l'émotion³⁵⁹ ». L'empathie consiste à « éprouver, simuler mentalement en

2002, p. 7. Simuler à la troisième personne implique néanmoins d'autres régions du cerveau, des « activations dans le précunéus, le lobule pariétal inférieur et le gyrus fronto-marginal au sein de l'hémisphère droit sont spécifiquement détectée dans la simulation en troisième personne ». *Ibid.*, p. 16.

³⁵⁵ BERTHOZ, Alain, « Physiologie du changement de point de vue », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 271.

³⁵⁶ BERTHOZ, Alain, *Op. Cit.*, 1997, p. 108.

³⁵⁷ *Ibid.*, p. 110.

³⁵⁸ BERTHOZ, Alain, « Physiologie du changement de point de vue », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 261.

³⁵⁹ BERTHOZ, Alain, « Une théorie spatiale de la différence entre la sympathie et les processus de l'empathie », Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 79.

intégrant dans le flux de son vécu l'expérience de l'autre³⁶⁰ ». Pour Alain Berthoz, l'empathie n'est donc pas tant le fait de « changer de point de vue » que de, finalement, « changer le point de sentir³⁶¹ ». « Changer le point de sentir », implique donc des mécanismes de la mémoire en interaction avec les mécanismes du traitement de l'espace. Ces deux processus se rencontrent dans des stratégies cognitives de navigation telles que la stratégie de « route », qui fait appel à la mémoire « kinesthésique » (car elle est composée de la mémoire des kinesthèses), et la stratégie de survol (autrement appelée de « vue d'ensemble, allocentrée ou d'aperçu³⁶² »), etc. Le regard symbolise bien cette triangularité : d'abord, je vous regarde d'un point de vue égocentré, puis vous me regardez et j'essaie en adoptant votre point de vue de comprendre les raisons de ce regard. Ces regards se croisent en un lieu qui nous est extérieur, qui se situe « entre nous³⁶³ », dans une troisième perspective que nous pouvons qualifier d'« allocentrée ».

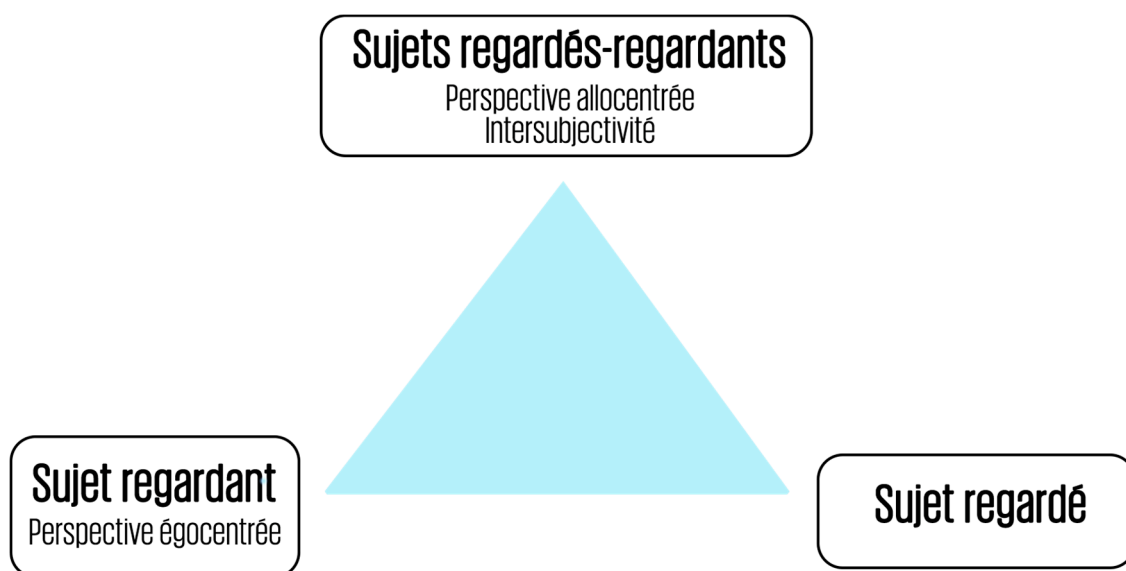


Figure 30 : Le regard comme analogie au fonctionnement de l'empathie d'après Alain Berthoz (dessin de l'auteure)

Dans les sous-parties précédentes, nous avons défini les phénomènes émotionnels intersubjectifs lorsqu'ils opèrent dans environnement ordinaire (réel). Désormais, il convient

³⁶⁰ BERTHOZ, Alain, « Physiologie du changement de point de vue », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 266.

³⁶¹ *Ibidem.*

³⁶² BERTHOZ, Alain, *Op. Cit.*, 2013. p. 96.

³⁶³ HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.*, p. 274.

d'étudier la portabilité de ces processus dans le cadre de configurations qui mêlent le participant à des environnements virtuels.

1.4 – Le processus empathique dans les environnements numériques

1.4.1 – Le processus empathique dans les environnements virtuels extéroceptifs

Dans les mondes numériques, le « désir d'intersubjectivité » réunit les individus sous leur représentation numérique, ce qui peut-être détermine, ou pour le moins oriente, les modes de l'intersubjectivité et donc par conséquent, les modes selon lesquels le processus d'empathie se construit et se manifeste. En effet, dans ces cas particuliers le phénomène empathique ne concerne plus uniquement les rapports directs humains, mais aussi les rapports indirects ou médiatisés qui sont produits via l'usage des avatars, ces personnages 2D ou 3D représentant graphiquement l'internaute ou le joueur. Cette médiation n'empêche pas la capacité des technologies numériques, après avoir été le relais des capacités physiques et opératoires de l'humain, à prolonger les « possibilités psychiques³⁶⁴ » de l'utilisateur et notamment celles qui sont engagées par le phénomène d'empathie. Toutefois, le processus d'intersubjectivité est transformé dans le contexte des mondes virtuels : « Le désir d'intersubjectivité dans le monde virtuel est le terme par lequel il faut entendre le désir de la rencontre avec un autre joueur dans le monde réel, permise par une première représentation imaginée d'un sujet réel derrière un avatar contrôlé par un autre joueur³⁶⁵ ». Même si cette hypothèse suppose qu'il y ait toujours un être humain derrière un personnage de synthèse qui l'incarne, nous pouvons nous interroger à propos des modes opératoires du phénomène empathique dans les environnements numériques : Qu'en est-il notamment de la physiologie des points de vue de Alain Berthoz, s'il est difficile, voire impossible, de *se mettre à la place* d'un sujet qui nous est inconnu ou d'un personnage dont nous ne supposons pas immédiatement les propriétés ? L'avatar peut autant « emprisonner » le sujet dans sa représentation de synthèse, si ses modèles d'expression et d'action sont limités par exemple, que le « libérer », si ses modèles d'expression et d'actions sont élargis vers des schémas irréalistes et extraordinaires.

³⁶⁴ TISSERON, Serge (dir.), *Op. Cit.*, p. 8.

³⁶⁵ TORDO Frédéric, TISSERON Serge, « Les diverses formes de l'empathie dans le jeu vidéo en ligne », dans Serge Tisseron (dir.), *Op. Cit.*, p. 91.

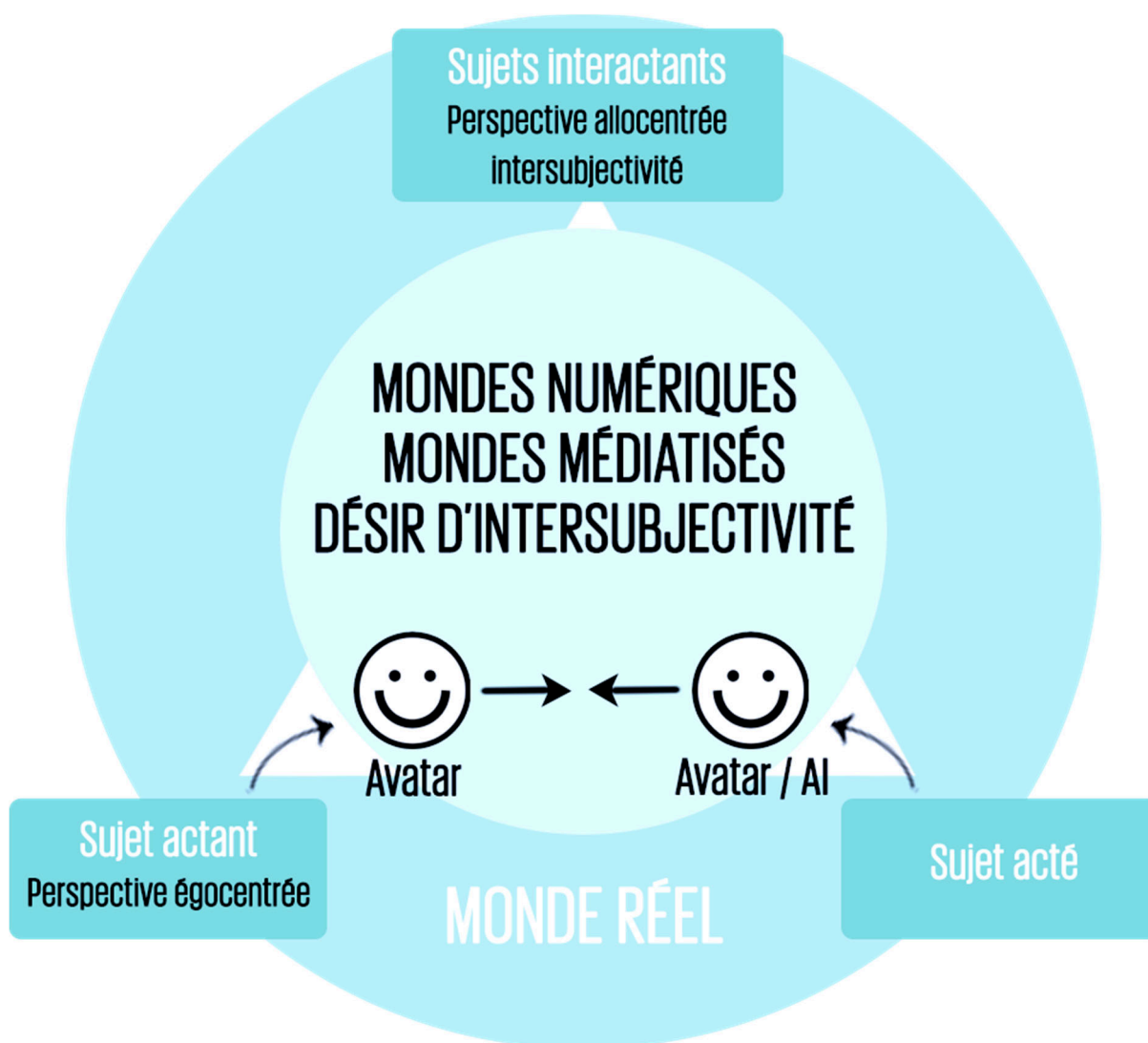


Figure 31 : Hypothèse sur la conception de l'intersubjectivité dans les mondes numériques, d'après Serge Tisseron (dessin de l'auteure)

Dans le cadre des mondes numériques, l'intersubjectivité se réalise donc à partir des capacités expressives des avatars, mais aussi des possibles dialogiques de l'expérience (par exemple, les « canaux de voix » ou *voice channels*, dans les jeux vidéo multijoueurs). Les possibles dialogiques de l'expérience dépendent donc des fonctionnalités de l'immersion et des interactions émotionnelles qui sont mises en œuvre. Celles-ci impliquent la question proprioceptive, kinesthésique, proxémique, dans le cadre de la réalité virtuelle, et par notre recherche, la question de la communication émotionnelle. Nous émettons donc l'hypothèse ici, que l'I² émotionnelle et notamment les expressions émotionnelles numériques auraient pour atout de renforcer la qualité du dialogue et de la construction intersubjective dans les environnements virtuels.

1.4.2 – Le processus empathique dans les environnements virtuels proprioceptifs

Le processus d'intersubjectivité à l'œuvre dans les environnements numériques nous pousse à questionner les modalités qui permettent au phénomène d'empathie de se manifester dans les environnements, en particulier, de réalité virtuelle. C'est une nouvelle approche qu'il nous reste à définir car il existe une différence entre « être immergé » dans des mondes numériques visuellement à distance et « être immergé » dans des environnements virtuels avec immersion et interaction corporelle. En plus de la représentation artificielle de son corps ou d'une partie de son corps (et parfois il n'y a pas de corps virtuel du tout), la présentation du corps du participant subsiste également dans l'environnement virtuel sous la forme de ses gestes et déplacements (proprioception), comme nous pouvons le voir à travers une participante et son avatar dans l'expérience de réalité virtuelle *VR_I* de Gilles Jobin (2017, visiocasque) présentée ci-dessous :



Figure 32 : *VR_I* de Gilles Jobin (chorégraphe), Susana Panadés Díaz, Victoria Chiu, Diya Naidu, Gilles Jobin, Tidiani N'Diaye (danseurs), Sylvain Chagué et Caecilia Charbonnier (plateforme et technologie immersive), expérience de réalité virtuelle, 2017

Le schéma corporel du participant - les contours de son corps, ses sensations et *in fine* la représentation qu'il a de ce corps - qui favorise son immersion, est plus ou moins impacté en fonction des dispositifs et des choix effectués par les concepteurs-artistes. Par exemple, dans *VR_I* qui est une expérience multi-participants, l'utilisateur peut sentir un « contact physique » avec les autres individus qui prennent part à l'expérience. Quand l'utilisateur touche la main

d'un avatar, il est surpris par une sensation physique qui ne lui permet plus de distinguer ce qui est réel de ce qui est virtuel : cette confusion aurait pour effet selon l'équipe de recherche d'amplifier le sentiment d'immersion³⁶⁶.



Figure 33 : Participants et participantes se serrant la main dans *VR_I* de Gilles Jobin, expérience de réalité virtuelle, 2017

Une communication, une rencontre avec les personnages de synthèse (IA), les avatars, l'environnement virtuels et ses différents contenus, est donc toujours possible au niveau corporel et notamment sensori-moteur et proxémique. Nous avons introduit au chapitre précédent un dispositif, *The Machine to Be Another* (TMBA), capable de promouvoir «l'empathie entre les individus³⁶⁷ ». Ce dispositif permet à deux individus d'échanger ce qu'ils voient et d'adopter ainsi le point de vue d'un personnage pris dans une histoire fictive ou réelle, élaborée par des concepteurs-artistes (*embodied narrative*). Pour réaliser cet échange de point de vue, voire de point de sentir, ce dispositif utilise des caméras qui sont disposées sur chaque

³⁶⁶ Interview de CHAGUÉ Sylvain, CHARBONNIER Caecilia, « VR_I Official Trailer », *Vimeo*, publié en 2018, consulté le 23 Janvier 2022, [https://vimeo.com/246280660?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=1848413]

³⁶⁷ BERTRAND Philippe, GONZALEZ-FRANCO Daniel, CHERENE Christian, POINTEAU Arthur, « " The Machine to Be Another" : embodiment performance to promote empathy among individuals », 2014, [http://www.themachinetobeanother.org/wpcontent/uploads/2013/09/THE_MACHINE_TO_BE_ANOTHER_PAPER_2014.pdf], lien cassé à la diffusion du manuscrit.

usager et dont le flux vidéo est retransmis par les visiocasques de réalité virtuelle. Dans certains cas, les participants synchronisent volontairement leurs mouvements dans le but de favoriser la nouvelle perspective qu'ils adoptent, du point de vue d'autrui. Dans d'autres, des acteurs sont employés pour interagir avec le participant. Enfin, via les dispositifs de télé-présence (caméra+ réalité virtuelle), l'individu se scrute finalement lui-même, et s'engage ainsi dans une pratique introspective. Il consent à jouer le jeu de « l'auto-empathie », à se rencontrer lui-même par le biais d'une perspective hétérocentrée (du point de vue d'autrui), tout en acceptant à l'inverse, la présence virtuelle de son *alter* en lui³⁶⁸. À titre d'exemple, dans l'application *GenderSwap* du TMBA, un individu peut interagir depuis le point de vue d'un autre, les deux individus s'assignant un genre différent (femme et homme, par exemple).



Figure 34 : *The Machine to Be Another*, *Body Swap* et *Embodied Narratives* (narrations incarnées)

Dans l'expérience *Empathy towards an immigrant* (2013, expérience de vidéo 360°), l'utilisateur pouvait ainsi se voir « dans le corps de Youssoupha³⁶⁹ ». Au cours de l'expérience, le participant peut interagir avec des objets dans la scène qui déclenchent alors des versants de

³⁶⁸ Nous pouvons faire l'hypothèse que ce « lui » est composé seulement d'un versant sensori-moteur : l'individu conserve au cours de l'échange ses propres qualités cognitives et émotionnelles.

³⁶⁹ *Ibidem*.

l'histoire de Youssoupha - son enfance au Sénégal, par exemple - un acteur reproduit alors les mouvements et déplacements du participant en temps réel pour produire une narration incarnée. Une actrice est aussi utilisée dans le cadre de l'expérience *Dancing on the Feet* (2013, expérience de vidéo 360°), grâce à laquelle une danseuse en chaise roulante a pu s'observer du point de vue d'une autre performeuse, sans handicap physique.

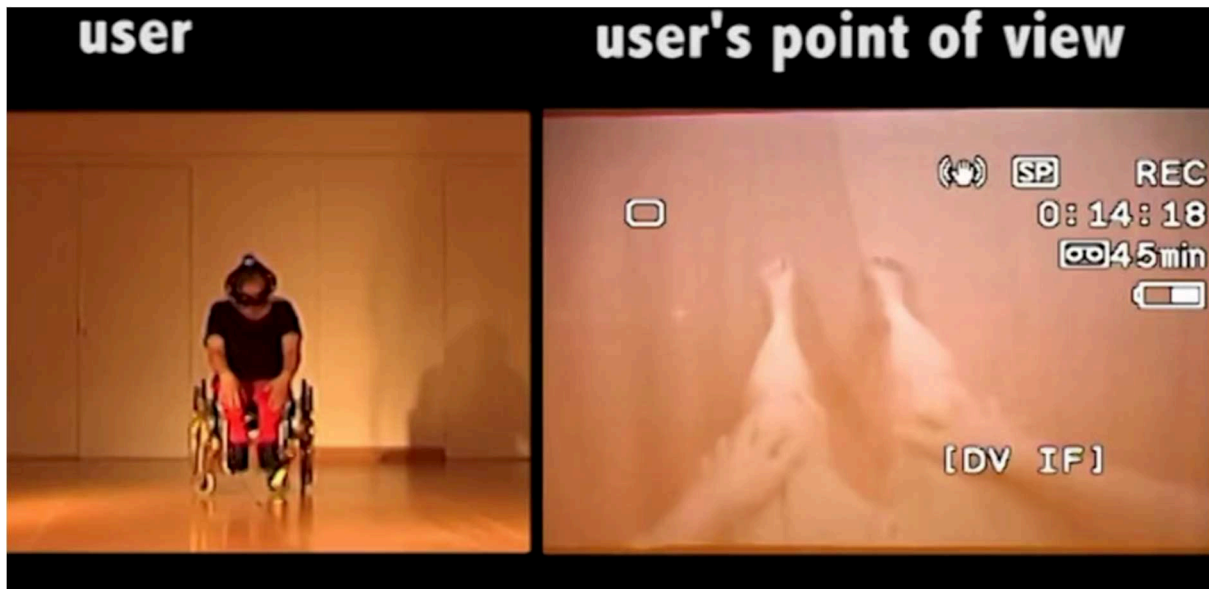


Figure 35 : *Dancing on the Feet*, Victoria Martínez Alés, Cristina Roca (chorégraphes), danse incarnée grâce à un dispositif de téléprésence, vidéo 360°, Juin 2013

Ces différents contenus permettent de faire l'expérience d'un « échange de corps » en réalité virtuelle, qui a notamment pour intérêt de faire « l'apprentissage » de l'expérience d'autrui et donc de le sensibiliser : de « réduire les préjugés raciaux et développer l'altruisme³⁷⁰ » par exemple, ou de « faire le pont entre les cultures et favoriser la compréhension mutuelle³⁷¹ ». Aussi, lors de la conception de *Winter Break* (RyseUp Studios, 2020, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque), nous avons la contrainte de reproduire une partie de boule de neige entre enfants. Dans cette expérience, les participants tels qu'ils sont vus à la troisième personne, peu importe leur hauteur de base, incarnent tous des personnages de petite taille. Du point de vue à la première personne (subjectif), ils conservent leur taille, toutefois le monde virtuel dans lequel ils se trouvent est plus grand forçant l'impression visuelle qu'ils incarnent des enfants³⁷².

³⁷⁰ *Ibidem*.

³⁷¹ *Ibidem*.

³⁷² Voir en annexe pour plus de détails sur les systèmes mis en place pour réaliser ce phénomène d'incarnation.



Figure 36 : Les enfants de *Winter Break*, RyseUp Studios, 2020, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque

En réalité virtuelle, le principe d'incarnation permet aussi de se mettre à la place de corps non-humain, des animaux³⁷³, des végétaux³⁷⁴, afin de promouvoir la compassion inter-espèce et la relation des êtres à la nature. Selon les auteurs Pia Spangenberg et *alii*, une expérience de ce type en réalité virtuelle est « perçue comme plus immersive par rapport à la visualisation d'une vidéo sur un écran de bureau³⁷⁵ » et permettrait notamment « d'adopter le point de vue [ou point de sentir] de quelqu'un d'autre, réduire l'écart temporel entre l'action et les conséquences, s'impliquer de manière interactive, recevoir une rétroaction directe sur les décisions et le comportement, voir les conséquences, prévoir les futurs scénarios de changement climatique et expérimenter des stimulations sensorielles qui peuvent avoir un fort impact sur les affections³⁷⁶ ». L'empathie et la compassion (ou sympathie) sont des facteurs nécessaires pour parfaire les interactions sociales, voire la survie de l'espèce. Elles servent notamment à protéger les nouveaux nés, mais peut aussi par transfert « trans-espèce » nous amener à prendre soin d'un chaton, d'un chiot ou d'une souris, par exemple. Ces processus peuvent aussi concerner des êtres virtuels, conçus dans des cadres artistiques, tels que le personnage de Quill, une petite souris, dans *Moss* (Polyarc, 2018, expérience de réalité virtuelle) que le participant doit protéger à travers différentes séquences de combat. Pour favoriser cette compassion vis-à-vis de Quill, la petite souris adopte une apparence « Kawaii³⁷⁷ » se caractérisant par « le schéma

³⁷³ PIMENTEL Daniel, KALYANARAMAN Sri, « The effects of embodying wildlife in virtual reality on conservation behaviors », *Scientific Reports*, Vol. 12, n° 6439, 2022, p. 1-18, [<https://www.nature.com/articles/s41598-022-10268-y>]

³⁷⁴ SPANGENBERGER Pia, GEIGER Sonja Maria, FREYTAG Sarah-Christin, « Becoming nature : effects of embodying a tree in immersive virtual reality on nature relatedness », *Scientific Reports*, Vol. 12, n° 1311, 2022 p. 1-11, [<https://www.nature.com/articles/s41598-022-05184-0>]

³⁷⁵ *Ibid.*, p. 7.

³⁷⁶ *Ibid.*, p. 1.

³⁷⁷ « Kawaiï » est un concept japonais pour désigner des personnages ou animaux « mignons ».

du bébé » : « Il s'agit d'un ensemble de caractéristiques couramment observées chez les jeunes animaux : une grosse tête par rapport à la taille du corps, un front haut et saillant, de grands yeux, etc.³⁷⁸».



Figure 37 : Personnage de Quill dans *Moss*, Polyarc, 2018, expérience de réalité virtuelle

Les effets « kawaii » chez le participant « capturent l'attention, amènent un sourire sur le visage du spectateur [ou du participant] et induisent une motivation et un comportement qui favorisent l'approche et la prestation de soin³⁷⁹ ». L'étude de Hiroshi Nittono et *alii.* cherche notamment à souligner la différence des comportements humains, qu'il s'agisse de bébés animaux ou d'animaux adultes. Ainsi les individus parlent plus lentement à un enfant, sont plus attentifs, plus vigilants face aux potentiels dangers qui pourraient survenir pour le nourrisson etc. L'effet « Kawaii » est donc un premier moyen esthétique pour créer du lien et peut-être de la compassion, entre *The Reader* (personnage joué à la première personne par le participant) et Quill.

³⁷⁸ NITTONO Hiroshi, FUKUSHIMA Michiko, YANO Akihiro, MORIYA Hiroki. « The Power of *Kawaii* : Viewing Cute Images Promotes a Careful Behavior and Narrows Attentional Focus », *PLoS ONE*, Vol. 7, n° 9, publié le 26 Septembre 2012, consulté le 20 Avril 2018, [<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0046362>]

³⁷⁹ *Ibidem*.

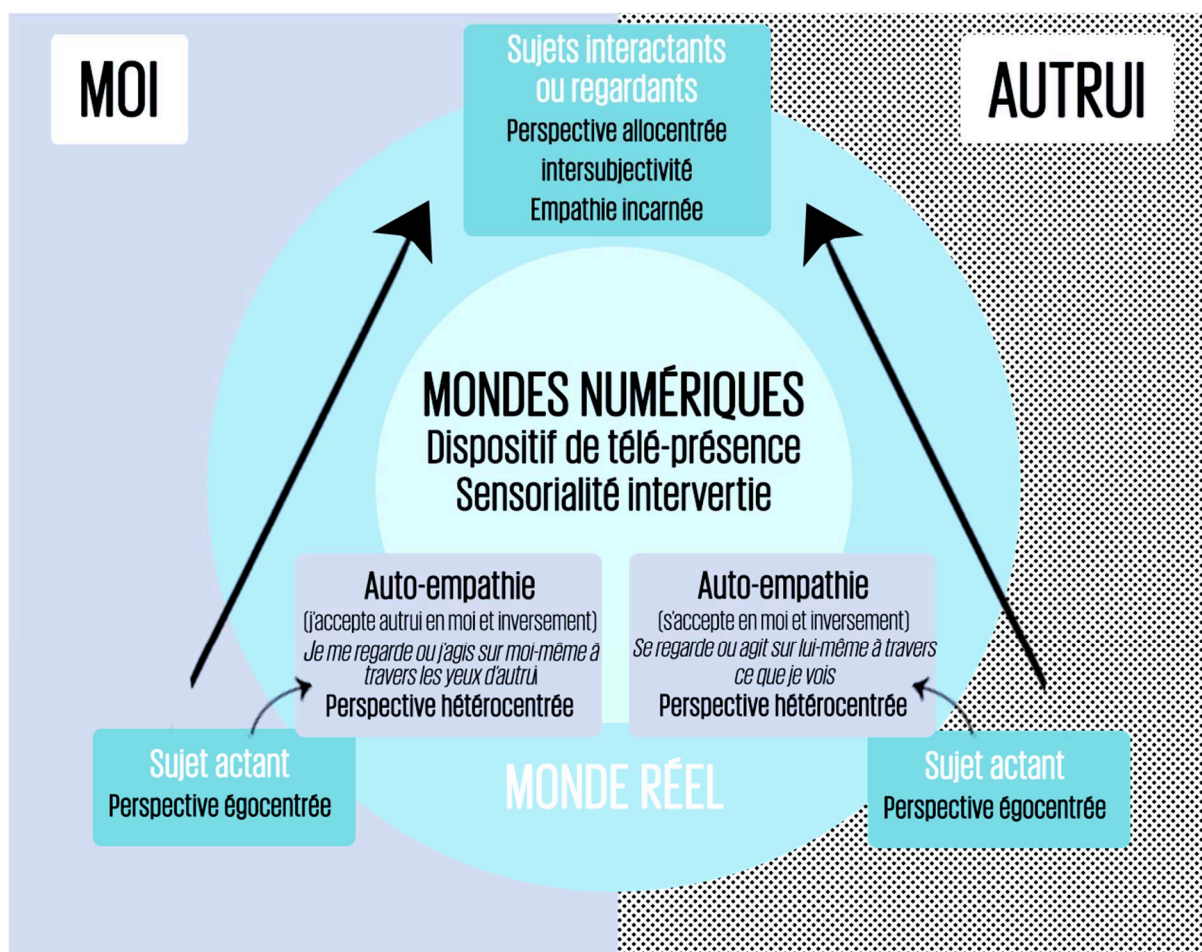


Figure 38 : Processus sensoriels à l'œuvre entre autrui et moi dans *The Machine to Be Another* (dessin de l'auteure)

Dans le cadre des mondes numériques en réalité virtuelle, il existe la possibilité concrète « d'échanger de corps », par l'usage des technologies qui simulent des sens, de la vision surtout, mais aussi de l'audition, du toucher et de la proprioception. Dans *Moss* (Polyarc, 2018), le participant se met concrètement à la place du point de sentir de Quill : pour le soigner il doit le prendre dans sa main et il percevra ainsi, via les vibrations de la manette, les battements de son cœur en train de se régénérer (simulation haptique via les manettes de Playstation VR). Les expériences en vidéo 360° dédiées à la formation en entreprise de Revertio, sensibilisent ainsi au sexisme au travail, au harcèlement, au handicap, etc. en plaçant les individus dans des contextes situationnels scénarisés :

« Plongez vos collaborateurs dans la peau de Zoé, jeune collaboratrice dans une entreprise durant un an de sa vie professionnelle. De son point de vue, confrontez-vous au sexisme ordinaire

omniprésent dans notre société et nos entreprises. Le scénario est inspiré de témoignages de femmes et d'hommes de tous âges pour se rapprocher le plus de notre quotidien au travail³⁸⁰ ».



Figure 39 : Prévention et sensibilisation au sexisme ordinaire en entreprise, Reverso, expérience de vidéo 360°

Dans les configurations empathiques, l'individu accepte autrui en lui et inversement, ainsi il se regarde depuis un point de vue hétérocentré (auto-empathie). Dans ces cas de figure, la distinction de soi et d'autrui se fait à l'égard de mon propre fonctionnement cognitif et émotionnel : l'individu est dans la perspective corporelle d'autrui, mais il conserve ses propres buts, besoins et valeurs (pour ne citer que cela du fonctionnement de l'évaluation cognitive). De la même manière, ses émotions sont impactées par ses propres marqueurs somatiques : de fait, il conserve les traits constructivistes et les potentielles troubles de la régulation émotionnelle - l'alexithymie, par exemple - propre à son fonctionnement affectif. Une empathie du troisième stade, c'est-à-dire « réciproque et mutuelle³⁸¹ » (intersubjectivité), est donc envisageable grâce l'usage de la réalité virtuelle : elle « suppose que je reconnaisse à autrui le pouvoir de m'informer utilement sur des aspects de moi-même encore inconnus de moi [...] de me découvrir à travers lui différent de ce que l'on croyait être et de se laisser transformer par cette découverte³⁸² ».

³⁸⁰ -, « Sensibilisez vos collaborateurs au sexisme ordinaire », *Reverso*, [<https://reverso.fr/sexisme-au-travail/>]

³⁸¹ TISSERON, Serge (dir.). *Op. Cit.*, p.10.

³⁸² *Ibid.*, p. 14.

2. Les émotions collectives

2.1 – *Émotions de groupe vs. Émotions collectives*

Les expériences artistiques utilisant la boucle I² émotionnelle dans le cadre collectif, doivent se munir d'une réflexion qui s'intéressera au fonctionnement émotionnel des participants entre eux. Celle-ci intègre à la fois des conditions de mise-en-scène ou autrement nommée, de la conception du contexte situationnel : quelles sont les limites du groupe ? Et des notions de proxémie : à quel endroit de l'environnement virtuel les usagers sont-ils positionnés, et comment sont-ils positionnés les uns par rapport aux autres ? Quelles interactions peuvent-ils faire entre eux ? Sont-ils pris dans des logiques de compétition ou de coopération ? etc. Les expériences multijoueur avec I² émotionnelle doivent aussi bénéficier de systèmes de mesure et d'analyse de « l'émotion collective », qui prennent donc en compte les conditions et processus cités dans ce chapitre qui lui sont dédiés, par exemple le fait que, pour qu'une émotion collective émerge il faille que le collectif réponde du même stimulus.

2.1.1 – *Émotions de groupe*

Selon Sigal Barsade et Donald Gibson, l'émotion de groupe est à comprendre de deux manières différentes. Dans un premier temps une approche descendante (*top-down*), définit le phénomène émotionnel comme « survenant au niveau du groupe, puis ressenti par les membres³⁸³ ». Une seconde approche, ascendante (*bottom-up*), définit les émotions de groupe comme « la combinaison des émotions de chaque membre³⁸⁴ ». Selon Nico Didry et Jean-Luc Giannelloni, l'émotion de groupe est caractérisée de manière plus générale comme une « émotion [individuelle] ressentie en tant que membre du groupe³⁸⁵ » en réaction, par exemple, à un événement qui toucherait le groupe en lui-même. Cette émotion de groupe existerait même si un individu du groupe n'est pas directement impacté et se réfère ainsi à « l'identité sociale

³⁸³ BARSADÉ Sigal, GIBSON Donald, « Group emotion: A view from top and bottom », dans D. Gruenfeld, B. Mannix, M. Neale (dirs.), *Research on Managing on Groups and Teams*, Stamford, JAI Press, 1998, p. 81.

³⁸⁴ *Ibidem*.

³⁸⁵ DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc, « Les dynamiques émotionnelles collectives. Perspectives pour le marketing », *Recherche et Applications en Marketing*, Mars 2019, p. 3.

du groupe³⁸⁶ ». L'émotion de groupe indique aussi pour les auteurs d'une « simple émotion individuelle exprimée par une personne se considérant comme le membre d'un groupe, donc une émotion dont l'expression respecte les codes et normes culturelles du groupe³⁸⁷ ».

Au croisement de toutes ces définitions, émerge un élément crucial qui favorise l'apparition et la régulation de l'émotion de groupe : le facteur identitaire. En effet, les émotions de groupe réguleraient « les attitudes et comportements intergroupes, intragroupes et motive[raient] l'action collective³⁸⁸ », et seraient ressenties avec plus ou moins d'intensité en fonction de la cohésion du groupe : plus le groupe est cohésif, plus les émotions éprouvées par les individus sont fortes. Le groupe en ce sens est considéré d'après quatre paramètres, d'abord comme « une force qui modèle ses membres³⁸⁹ » et notamment leurs réponses émotionnelles. Il est aussi considéré dans son « aspect normatif, prescrivant les émotions à ressentir ou afficher dans des situations précises³⁹⁰ », versant qui s'expriment donc notamment via les règles d'expressivité que contient le groupe. Les émotions du groupe sont un liant qui « maintient ensemble le groupe³⁹¹ » et qui permet enfin de juger la cohésion du groupe et de son « stade de développement³⁹² ». Aussi, pour qu'une émotion émerge dans le groupe, les stimuli doivent correspondre à cinq facteurs :

- Les évènements vécus par le groupe doivent être « générateurs d'appartenance identitaire³⁹³ ».
- Les membres du groupe « doivent être régulièrement en situation d'interaction et s'influencer mutuellement³⁹⁴ ».
- Les membres du groupe « doivent partager des valeurs et des règles communes³⁹⁵ ».

³⁸⁶ *Ibid.*, p. 10.

³⁸⁷ *Ibid.*, p. 4.

³⁸⁸ *Ibid.*, p. 3.

³⁸⁹ BARSADÉ Sigal, GIBSON Donald, *Op. Cit.*, p. 83.

³⁹⁰ *Ibidem.*

³⁹¹ *Ibidem.*

³⁹² *Ibidem.*

³⁹³ DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc, *Op. Cit.*, p. 3.

³⁹⁴ *Ibidem.*

³⁹⁵ *Ibidem.*

- Un évènement est pertinent pour les membres du groupe s'il correspond à « leur identification en tant que membres du groupe³⁹⁶ ».
- Enfin, les membres du groupe doivent partager des « comportements émotionnels³⁹⁷ » spécifiques au groupe.

2.1.2 – Émotions collectives

À l'inverse, les « émotions collectives », constituent une réponse collective, « partagée »³⁹⁸ et identique à « un même stimulus » qui est donc soumis à l'évaluation des individus et qui n'est pas dépendante du facteur identitaire. Cette réponse a souvent lieu de manière « simultanée » et produit une « convergence émotionnelle entre les individus³⁹⁹ ». Toutefois, cette convergence est possible seulement si l'émotion est partagée avec autrui sous une forme « expressive⁴⁰⁰ » - autrement dit, ce partage dépend en grande partie de la qualité des émetteurs à exprimer leurs émotions de manière comportementale - et elle dépend aussi du processus de contagion émotionnelle qui est à l'œuvre : pour qu'il y ait contagion, il faudrait donc qu'il y ait *a priori* une proximité physique.



Figure 40 : Processus d'apparition de l'émotion collective d'après Nico Didry et Jean-Luc Giannelloni

Toutefois, cette dernière caractéristique n'est pas forcément avérée puisque d'autres auteurs signalent que « le phénomène de contagion émotionnelle n'est pas nécessairement

³⁹⁶ *Ibidem.*

³⁹⁷ *Ibidem.*

³⁹⁸ RIMÉ, Bernard, *Le partage social des émotions*, Paris, Presses Universitaires de France, 2005, p. 86.

³⁹⁹ DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc, *Op. Cit.*, p. 4.

⁴⁰⁰ *Ibidem.*

restreint à une situation de face à face⁴⁰¹», il a été démontré que certains individus « saisissent et ressentent les émotions des personnes qu'ils voient sur des photos [...] ou dans des films [...] et] sur les réseaux sociaux, notamment sur Facebook où l'observation des expériences positives des autres constitue également une expérience positive pour les individus et influence leurs émotions⁴⁰²». Ce phénomène médiatisé de la contagion émotionnelle, est notamment mis en abîme dans le film *The Truman Show* de Peter Weir (1998), lorsque les spectateurs font face aux péripéties rencontrées par Truman Burbank (Jim Carrey), dans l'émission éponyme.



Figure 41 : Émotion de peur partagée dans *The Truman Show*, Peter Weir, 1998, film

Ces états collectifs ainsi accentués, renforceraient « les états émotionnels ressentis individuellement⁴⁰³ » ainsi que « intensifi[rai]ent les réponses émotionnelles dans les échanges entre les membres d'un groupe⁴⁰⁴ ». Quand les éprouvés sont de valence positive, les émotions collectives permettraient ainsi de former une « relation harmonieuse entre les individus » en renforçant notamment les liens de « solidarité », de « cohésion sociale » et les « sentiments d'appartenance au groupe⁴⁰⁵», en revanche ils dégraderaient les relations entre les individus quand ils sont de valence négative⁴⁰⁶.

⁴⁰¹ DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc, *Op. Cit.*, p. 8-9.

⁴⁰² *Ibidem.*

⁴⁰³ DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc. *Op. Cit.* p. 4.

⁴⁰⁴ *Ibid.*, p. 5.

⁴⁰⁵ *Ibidem.*

⁴⁰⁶ *Ibidem.*



Figure 42 : Le « mythe » du film *L'arrivée d'un train en gare de la Ciotat*, Louis Lumière, 1896, sous-entend que les spectateurs pris de panique, ont fui la salle de cinéma en croyant que le train allait leur foncer dessus

Par conséquent, nous soutenons que les œuvres d'art peuvent aussi « encourager des formes de contagion émotionnelle » qui participeraient aussi selon Noël Carroll à « préserver la cohérence du groupe⁴⁰⁷ » en liant les individus de manière profonde via « la narration » et le « rythme⁴⁰⁸ ». Par ailleurs, une finalité de l'art consiste aussi à appréhender et à enseigner les codes émotionnels, le répertoire émotionnel et notamment communicationnel d'une culture donnée, puisque « en faisant naître des émotions, les arts contribuent de manière décisive à cette sorte d'éducation des émotions de laquelle dépend l'existence des sociétés⁴⁰⁹ » et notamment à parfaire « l'intelligence émotionnelle⁴¹⁰ » du groupe social.

⁴⁰⁷ CARROLL Noël, TALON-HUGON Carole, « Arts, Émotion et Évolution », *Nouvelle Revue d'Esthétique*, n°11, 2013, p. 118. Chez Noël Carroll, l'art a une « fonction adaptative », il construit les peuples (les *nous*) contre les autres peuples (les *eux*) en éduquant, produisant un jugement sur (et *in fine* en uniformisant) l'expression des émotions dans le groupe.

⁴⁰⁸ « Ainsi, en ayant recours au rythme, les arts nous touchent de façon particulièrement mémorable, renforçant de manière particulièrement profonde et durable les leçons qu'ils transmettent », *Ibid.*, p. 121.

⁴⁰⁹ *Ibid.*, p. 114.

⁴¹⁰ *Ibid.*, p. 120.

2.2 – Diffusion des émotions

2.2.1 – Partage social des émotions

Il existe deux modes de diffusion des émotions à distinguer : le partage social des émotions et la contagion émotionnelle. Le partage social des émotions « consiste en l'évocation dans un langage socialement partagé des expériences émotionnelles de la vie quotidienne⁴¹¹ ». Par exemple, dans *Caché* de Michael Haneke (2005), Anne (Juliette Binoche) et Georges (Daniel Auteuil) sont épiés par un inconnu : ils reçoivent des cassettes dont le contenu laisse présager qu'une caméra filme continuellement leur maison depuis la rue. Georges, impassible malgré les événements, a des suspicions sur le coupable mais ne veut pas les partager à sa femme. Celle-ci lui révèle alors sa colère et son impatience vis-à-vis de cette situation qui la terrorise.

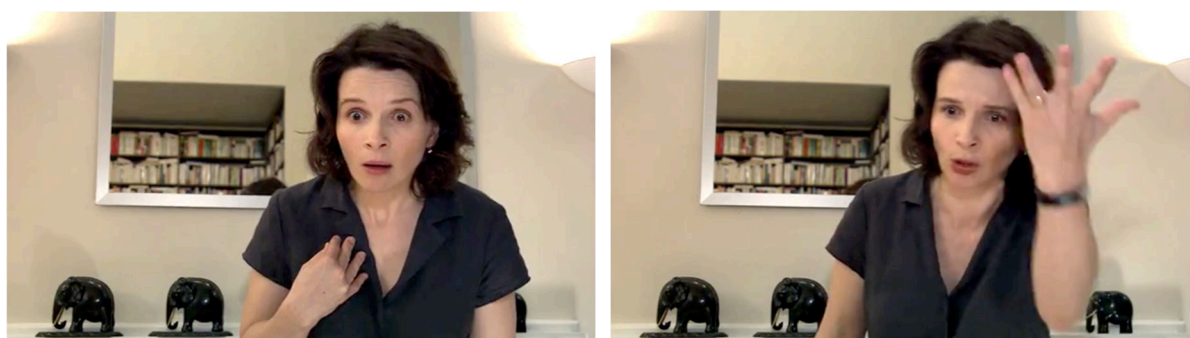


Figure 43 : Anne (Juliette Binoche) partage ses peurs et de sa colère à son mari Georges (Daniel Auteuil) dans *Caché* de Michael Haneke, 2005, film

Le partage social des émotions peut être « direct » ou « médiatisé » (partage « secondaire »⁴¹²), auquel cas il se propagera de « proche en proche⁴¹³ ». Dans le cadre d'un « événement émotionnel collectif », le partage social secondaire est « spectaculaire en raison, du nombre d'émetteurs et du fait que chaque partage réactive les émotions vécues entre les

⁴¹¹ CHRISTOPHE, Véronique, *Le partage social des émotions du point de vue de l'auditeur*, Thèse de psychologie, Université de Lille III, 1997, p. 60.

⁴¹² DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc. *Op. Cit.*, p. 6.

⁴¹³ *Ibid.*, p. 7.

acteurs⁴¹⁴ ». Enfin, le partage social a pour objectif du « réconfort » et du « consensus social », renvoie à l'émotion en tant que « constituante d'une communauté » et à « la place de l'individu dans cette communauté⁴¹⁵ ».

2.2.1 – Contagion émotionnelle

Nous entendons par « contagion émotionnelle », un processus de synchronie attentionnelle, émotionnelle et comportementale, qui se définit par « la tendance à "attraper" (éprouver/exprimer) les émotions d'une autre personne (ses évaluations émotionnelles, ses sentiments subjectifs, ses expressions, ses processus physiologiques structurés, ses tendances à l'action et ses comportements instrumentaux) »⁴¹⁶. Les fonctions associées à la contagion émotionnelle sont les mêmes que l'émotion pour l'individu, à savoir une fonction de communication et fonction adaptative, mais à l'échelle d'un groupe social⁴¹⁷. Nous détaillons tous ces points dans le chapitre 6 qui est dédié aux fonctionnements des émotions de groupes et collectives, puisque certaines œuvres d'art existent aussi sous la forme de l'expérience collective (co-création ou participation). Ce Chapitre 6 sera aussi l'occasion de revenir sur les confusions qui sont à l'œuvre entre les concepts de « sympathie » et « d'empathie ».

La contagion émotionnelle dite « primitive » constitue donc une « tendance à synchroniser de manière automatique ses expressions faciales et vocales, ses postures et ses mouvements avec ceux d'une autre personne et, par conséquent, à converger émotionnellement⁴¹⁸ » sans que les individus impactés en soient conscients. Elle se caractérise communément par une forme « d'indifférenciation entre soi et autrui⁴¹⁹ » qui marque notamment les foules d'une « abolition momentanée de la distinction des moi individuels

⁴¹⁴ *Ibidem*.

⁴¹⁵ *Ibidem*.

⁴¹⁶ HATFIELD Elaine, CACIOPPO John T, RAPSON Richard L., « Primitive emotional contagion », *Dans* M. S. Clark (dir.), *Review of Personality and Social Psychology: Emotion and Social Behavior*, Vol. 14, 1992, p. 153.

⁴¹⁷ *Ibidem*.

⁴¹⁸ HATFIELD Elaine, RAPSON Richard, LE Yen-Chi, « Emotional contagion and empathy », *Dans* J. Decety, J. Ickes (dirs.), *The Social Neuroscience of Empathy*, Boston, MIT Press, 2009, p. 19-20.

⁴¹⁹ PACHERIE, Elisabeth, « L'empathie et ses degrés », *dans* Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 149.

confondus en un moi collectif⁴²⁰ » : « Placés dans une situation génératrice d'émotions, les membres d'une foule vont se potentialiser mutuellement, par un mécanisme d'échoïsation et d'analyseur corporel⁴²¹ », comme nous l'avons vu précédemment à travers l'exemple de *L'arrivée d'un train en gare de la Ciotat* de Louis Lumière (1896, film).

La portée de la contagion émotionnelle dépend des compétences expressives des émetteurs - sur le plan facial, vocal, postural, ainsi que des mouvements et déplacements - des compétences des récepteurs à notamment, reconnaître les émotions, mais aussi de « l'intensité de l'expression de l'émotion [qui] détermine l'importance de l'attention⁴²² ». Son processus s'élabore en trois étapes :

1. « L'imitation automatique des expressions et comportements qui permet de déterminer le type d'émotion⁴²³ » : l'imitation est un processus automatique très rapide de « synchronisation [...] de caractéristiques émotionnelles⁴²⁴ ». Il porte en priorité sur les signaux « non-verbaux » - expression faciale, prosodie, posture, etc. - et la « proximité physique⁴²⁵ ». La contagion peut être « circulaire », auquel cas « les individus concernés se contaminent réciproquement jusqu'à converger vers un rythme émotionnel commun⁴²⁶ ». Comme nous l'avons vu précédemment, sa portée dépend de l'intensité de l'émotion exprimée et donc du niveau d'attention des récepteurs : « Plus l'émotion est exprimée de manière forte et énergique, plus l'attention des récepteurs est importante [...] et plus la contagion est forte, indépendamment de la valence des émotions exprimées. [...] Enfin, plus l'attention portée est forte, plus la contagion est importante⁴²⁷ ».
2. « Le *feedback* qui permet de commencer à en percevoir les effets⁴²⁸ » et qui est directement lié à la capacité expressive des émetteurs.

⁴²⁰ *Ibidem*.

⁴²¹ DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc, *Op. Cit.*, p. 8.

⁴²² *Ibid.*, p. 8.

⁴²³ *Ibid.*, p. 7.

⁴²⁴ *Ibidem*.

⁴²⁵ *Ibid.*, p. 8.

⁴²⁶ *Ibidem*.

⁴²⁷ *Ibidem*.

⁴²⁸ *Ibid.*, p. 7.

3. « La contagion, soit le fait que l'individu puisse saisir l'émotion de l'autre⁴²⁹ », et qui est donc liée à la capacité de reconnaissance des émotions des récepteurs.

Tous ces processus sont valables dans le monde réel, notre recherche souhaite donc comprendre par quels moyens ils peuvent opérés dans des cadres médiatisés, qu'il s'agisse d'environnement virtuel à distance ou avec immersion corporelle.

2.2.3 – Diffusion des émotions en environnement virtuel extéroceptif

Plutôt qu'une exposition à l'émotion qui est exprimée par autrui, la contagion émotionnelle relèverait davantage « de l'expérience d'une interaction⁴³⁰ », directe ou indirecte. Comprise comme une interaction, la contagion émotionnelle est davantage opérante dans les EV_Ext, puisqu'à travers eux, l'exposition aux émotions d'autrui peut aussi produire un phénomène de « comparaison sociale » : par exemple, Julie a publié une photo d'elle en vacances aux Maldives avec ses amis (joie), ce qui rappelle à Benoit qu'il ne peut pas partir lui-même du fait de son travail (tristesse). En outre, les émotions numériques sont plus contagieuses que les émotions ordinaires du fait de la rapidité du dialogue (textuel, surtout), notamment due à « la viralité » des contenus numériques. Ceux-ci transcendent les différents groupes sociaux (cultures, différences d'âge, etc.) et peuvent circuler plus loin, d'un pays à l'autre : ainsi, une publication sur facebook peut engendrer une réponse émotionnelle impactant un très large réseau de personne⁴³¹. Dès lors, ce contexte numérique facilite aussi l'expression des émotions, puisque les individus sont plus confiants à l'idée d'exprimer leurs émotions en ligne plutôt qu'en « face-à-face », du fait de l'abstraction, de la distanciation, que les environnements numériques opèrent avec le monde réel⁴³².

⁴²⁹ *Ibidem.*

⁴³⁰ KRAMER Adam D. I, GUILLORY Jamie E., HANCOCK Jeffrey T., « Experimental evidence of massive-scale emotional contagion through social networks », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, n° 24, 2014, p. 8788.

⁴³¹ *Ibid.*, p. 8790.

⁴³² BARGH, John A., MCKENNA Katelyn Y. A., FITZSIMONS Grainne M., « Can you see the real me ? Activation and expression of the “true self” on the internet », *Journal of Social issues*, vol. 58, 2002, p. 44.

Dans le cadre des expérimentations en EV_Ext, des études existent déjà sur les expressions émotionnelles numériques : *smiley*, *emojis* (☺, ☹), émoticônes (pictogrammes), *like*, etc. Ces pratiques, à mi-chemin entre « l'image et l'écrit⁴³³ », émergent avec l'apparition des t'chat qui permettent aux individus de communiquer de « façon synchrone [...] grâce à une interface informatique⁴³⁴ », mais qui empêche dans le même temps, les moyens du dialogue physique. D'autres expérimentations concernent plutôt les phénomènes médiatisés d'appartenance à un groupe et la communication numérique intergroupe et intragroupe. Par exemple, dans l'expérience sociale *r/thebutton* (2015), l'utilisateur doit cliquer sur un bouton pour arrêter un minuteur d'une durée de soixante secondes, lui permettant d'obtenir un chiffre. En fonction de la seconde obtenue, l'utilisateur se voit attribuer une couleur qui est visible par l'ensemble des participants dans la section de discussion dédiée sur *Reddit*. Ainsi, un individu ayant appuyé entre 51 et 42 secondes se voit attribuer la couleur bleue. Les utilisateurs sont donc regroupés par couleurs (facteur identitaire), ce qui a pour effet de renforcer leur sentiment d'appartenance à un groupe. Utilisant les réseaux sociaux pour se coordonner et se motiver (*discord*, notamment), la cohésion des groupes s'est surtout construite par effet de compétition - chaque couleur essayant de réunir le plus de membres - au point d'inaugurer des « cultes » dédiés à celle-ci : « le conseil émeraude » (*the emerald council*), « l'ordre de la main violette » (*The violet hand*), par exemple.

⁴³³ HALTÉ, Pierre, « Les émoticônes : de la signification des affects aux stratégies conversationnelles », *Communiquer*, n° 28, 2020, p. 22.

⁴³⁴ *Ibid.*, p. 20.

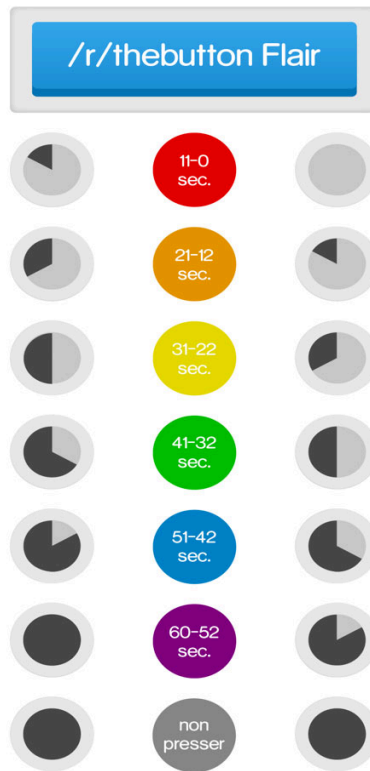


Figure 44 : Minuteur et couleurs associées dans *r/thebutton*, 2015, expérience de réseau social

De la même manière, *r/Place* est un fil de discussion (*thread*) qui a été disponible pendant quarante-huit heures sur le site *Reddit*, permettant à chaque internaute de dessiner un pixel toutes les cinq minutes sur un canevas blanc. Le pixel d'un internaute peut être effacé si un autre utilisateur dessine un nouveau pixel au même endroit. La nécessité d'agir en groupe est donc essentielle sur *r/place* et transparait par ailleurs sur le canevas, puisque nous retrouvons principalement des références identitaires, communautaires : des drapeaux, des éléments de pop culture, des jeux-vidéos, des logos de groupes présents sur le site *Reddit*, etc.

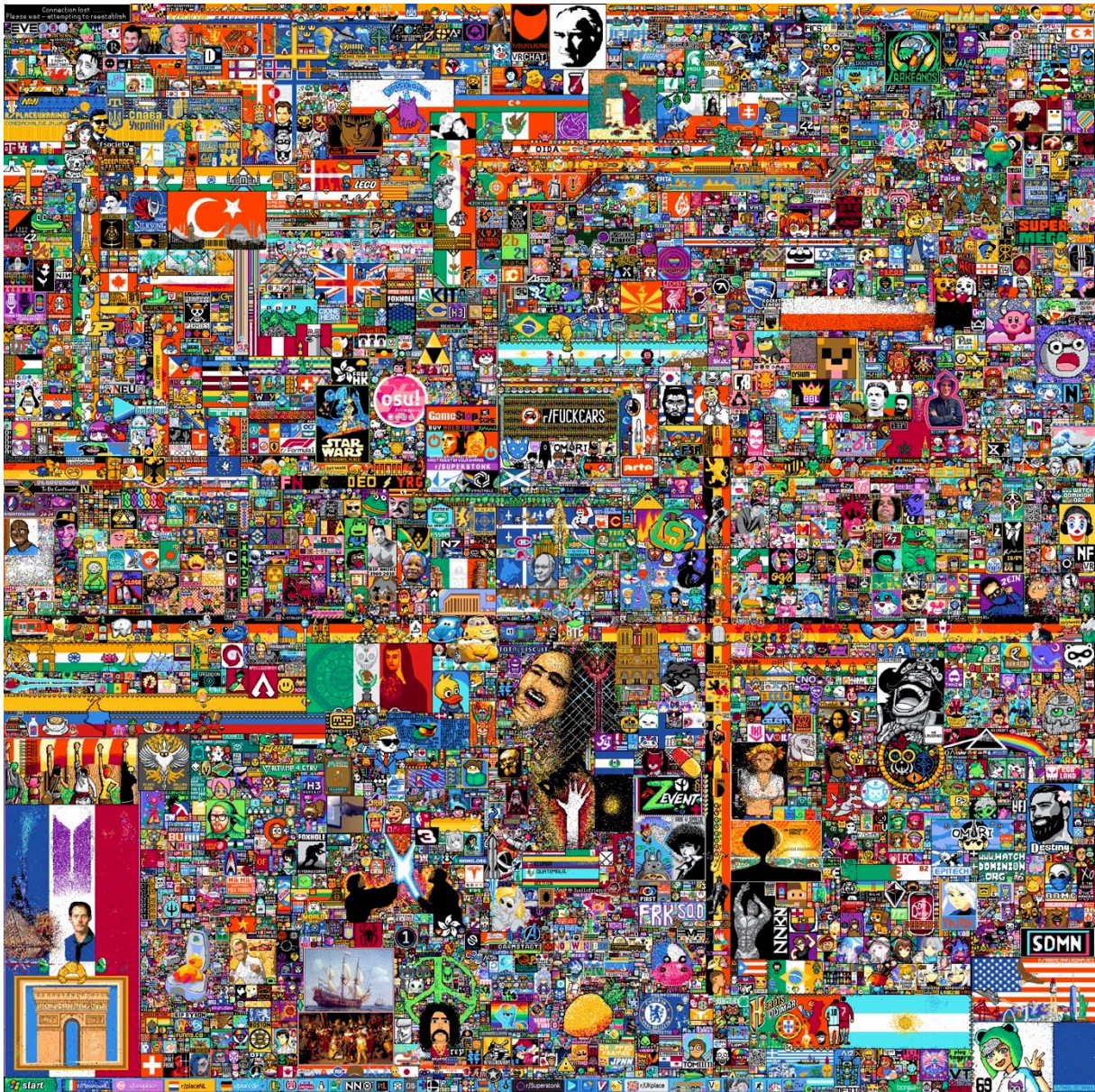


Figure 45 : Tableau final de r/Place, 2022, expérience de réseau social

Comme nous le démontrons, les recherches sur le sujet des expressions émotionnelles numériques en EV_Ext ont déjà été réalisées, toutefois les études en la matière sont encore pauvres, surtout sur les impacts émotionnels liés à ces nouvelles formes de communication. La réalité virtuelle constituant un média nouveau pour le grand public, nous pensons que ces types de communication émergeront prochainement pour faciliter les interactions entre individus.

2.2.3 – Diffusion des émotions en environnement virtuel avec immersion proprioceptive

Dans le cadre des expérimentations en EV_Pro, peu de recherches existent qui prennent en considération, notamment, le versant proprioceptif (les déplacements, les gestes) de l'utilisateur, au travers d'ACV dédiées aux expressions numériques émotionnelles : dessiner un cœur et l'envoyer à un autre participant, par exemple. Il existe quelques tentatives chez Meta (visiocasques Oculus Rift S, Quest 2, etc.) - qui souhaite développer l'aspect social de la réalité virtuelle - de reproduction des émotions faciales des usagers en simulant les mouvements des yeux et de la bouche de leur avatar grâce à des algorithmes complexes qui prennent notamment en compte l'intonation de sa voix. Le Vive Facial Tracker de HTC, permet quant à lui de reconnaître jusqu'à trente-huit expressions faciales - lèvres, mâchoire, dents, langue, joues et menton - avec une latence très faible (6ms), grâce à capteur-caméra s'installant sous le visiocasque⁴³⁵.

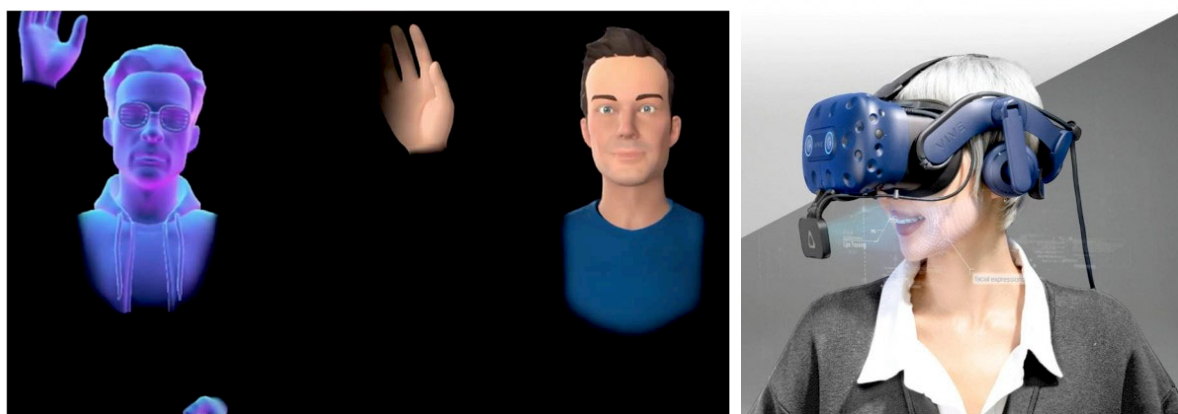


Figure 46 : à gauche, avatar expressif de Meta, à droite Vive Facial Tracker de HTC Vive

Aussi, les chercheurs Stephen Brewster et Lorna Margaret Brown ont quant à eux, conçus des icônes tactiles (*tactons* ou *smiley* tactiles) qui pourraient être utiles au niveau des manettes de réalité virtuelle, puisqu'ils bénéficient d'une véritable fonction haptique permettant de « voir des images avec les mains » : « Les *tactons* sont des messages structurés et abstraits qui peuvent être utilisés pour communiquer des concepts complexes aux utilisateurs de manière

⁴³⁵ Pour plus de détail sur les dispositifs de mesure de l'expression émotionnelle faciale, voir le chapitre 5 qui en inventorie les pratiques.

non visuelle⁴³⁶ ». Les icônes tactiles utilisent « la fréquence », « l’amplitude », « la forme de la vague » (*waveform*) et « la durée » vibratoire pour générer un signifiant complexe capable de remplir la fonction d’un *emoji*⁴³⁷ en EV_Ext.


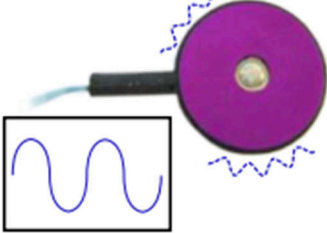

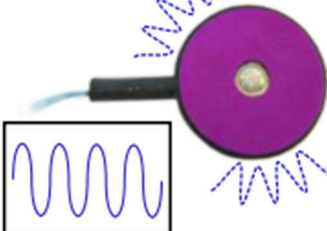
	Icône visuelle	Icône Tactile - Tacton
Joyeux		
Contrarié		

Figure 47 : Les Tactons de Stephen Brewster et Lorna Margaret Brown

Par conséquent, nous devons interroger ces processus dans le cadre des configurations EV_Ext et EV_Pro qui font office d’« interface » entre les participants et avec l’œuvre au cours du dialogue émotionnel et qui répondent aussi à d’autres logiques et représentations (numériques). Sur le sujet, notre hypothèse est que la contamination émotionnelle se fait via d’autres formes expressives que nous avons nommées « l’expression émotionnelle numérique », telles que les smileys par exemple et n’empêche donc pas les processus de contamination d’opérer dans ce type de situation. Une seconde hypothèse que nous émettons, suppose que les processus de résonnance affective dans les EV_Ext sont moins impactant que les environnements virtuels avec immersion proprioceptive - il s’agit là d’un axe de recherche à explorer - du fait de l’immersion corporelle. Toutefois, les moyens de l’expression émotionnelle numérique au sein de ces nouvelles interfaces doivent encore être améliorée - il

⁴³⁶ BREWSTER Stephen, BROWN Lorna Margaret, « Tactons : Structured tactile messages for non-visual information display », *Proceedings of Australian User Interface Conference*, Vol. 28, Dunedin, 2004, p. 17.

⁴³⁷ *Ibid.*, p. 16-17.

existe peu de fonctionnalités de communication émotionnelle de l'avatar et de l'interface - et standardisées dans l'optique de futures expérimentations en EV_Ext et EV_Pro.

3. Conclusion

Pour ce chapitre, nous avons donc en résumé :

- Nous entendons par « empathie », des processus cognitifs et émotionnels qui permettent de *se mettre à la place de* et qui donc relèvent d'un « décentrement de soi »⁴³⁸. L'empathie permet de comprendre les émotions et sentiments d'autrui, sans pour autant les ressentir.

- Nous entendons par « sympathie », un processus autocentré de résonance affective qui consiste à ressentir les affects d'autrui et qui répond à cette maxime : « Ce que l'autre éprouve, je l'éprouve aussi, dans un co-sentir qui me déborde⁴³⁹ ».

- Les émotions de groupes concernent les émotions survenant au sein d'un groupe et qui sont donc un lien avec l'identité sociale du groupe et par extension, en lien avec les membres qui le composent.

- Les émotions collectives concernent l'apparition quasi simultanée et partagée (exprimée) d'une même émotion, suite à un stimulus commun. Elles sont favorisées par les processus de contagion émotionnelle qui permettent la convergence émotionnelle au sein du collectif. Leur portée dépend de la qualité des émetteurs à exprimer une émotion et de la qualité des récepteurs de la reconnaître. Les états collectifs ressentis, renforcent les états émotionnels expérimentés individuellement.

- Nous entendons par « contagion émotionnelle primitive », un processus automatique et de rétroaction impliquant les « neurones miroirs » et qui désigne « la tendance à imiter

⁴³⁸ BERTHOZ, Alain, « Physiologie du changement de point de vue », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *Op. Cit.*, p. 261.

⁴³⁹ HOCHMAN, Jacques, *Op. Cit.*, p. 174.

automatiquement et à synchroniser ses mouvements, expressions, postures et vocalisations avec ceux d'une autre personne, et en conséquence, à converger au niveau émotionnel⁴⁴⁰ ». Un exemple bien connu de ce type de phénomène a pour sujet, la panique ou l'euphorie contagieuse qui s'étend dans les foules à la suite d'une victoire sportive.

- Les processus liés aux émotions intersubjectives sont modifiés dans le cadre d'œuvres numériques car ces expériences sont médiatisées, notamment par la présence d'un avatar. La réalité virtuelle associée aux dispositifs de télé-présence mais aussi dans certains cas, associée à la participation d'acteurs, d'actrices et à l'utilisation d'objets etc., permet l'échange des corps et la création de narrations incarnées qui promeuvent une empathie « réciproque et mutuelle », une sympathie (ou compassion) pour les humains, les animaux et les végétaux, ainsi que le processus introspectif de l'auto-empathie.

- De la même manière, les processus liés aux émotions collectives sont aussi modifiés dans le cadre d'œuvres numériques car ces expériences sont médiatisées. Toutefois le phénomène de contagion émotionnelle ne nécessite pas forcément de « face à face » et a notamment été observé dans le cadre d'expériences ludiques, de films, ou sur les réseaux sociaux, bien qu'il suscite des moyens d'expression émotionnelle en particulier (numériques). En effet, les émotions collectives constituent une réponse collective, partagée, simultanée et identique à un même stimulus, qui a pour effet de produire une « convergence émotionnelle entre les individus ». Cette dernière assertion rend donc possible ce type de phénomène dans les contextes en environnement virtuel à distance et avec immersion et interaction proprioceptives. La contagion émotionnelle serait par ailleurs plus efficace dans les environnements numériques plutôt que dans l'environnement réel (physique) du fait de la rapidité des échanges (viralité du contenu) et de la portée des contenus expressifs. Aussi, les environnements numériques facilitent et encouragent aussi les individus à l'expression de leurs émotions du fait de la distanciation qu'ils opèrent avec le monde réel. Dans le chapitre 6 nous étudions plus en détail son fonctionnement dans le cadre d'œuvres d'art numériques et notamment de réalité virtuelle.

⁴⁴⁰ HATFIELD Elaine, RAPSON Richard, LE Yen-Chi, *Op. Cit.*, p. 19-20.

- PARTIE II -

La recherche sur les émotions appliquée aux arts, conçus en environnement virtuel à distance ou virtuels avec immersion proprioceptive, pour les concepteurs- artistes

Puisque l'individu humain possède en qualité d'immersion et d'interaction avec l'environnement, autrui et soi-même, les moyens du dialogue émotionnel, nous devons réfléchir à la maîtrise et l'exploitation de ces modalités singulières, dans le cadre des EV_Ext et EV_Pro. Dans ces contextes, les émotions ont la particularité d'être induite par des dispositifs numériques - smartphone, tablette, ordinateur, casque de réalité virtuelle, etc. - et sont donc vécues et exprimées différemment dans le cadre réel, ordinaire (voir le chapitre 3, notamment).

Par conséquent, notre travail consiste à réfléchir aux émotions numériques afin de faciliter le dialogue usager-œuvre(ordinateur). À ce titre, nous élaborons une « séquence émotionnelle dédiée aux concepteurs-artistes », qui constitue une méthodologie générale de la création sur le mode des I² émotionnelles (chapitre 4). Celle-ci se divise en trois grands axes, qui façonnent la suite des chapitres de cette thèse : (1) Comment les concepteurs-artistes peuvent-ils exploiter techniquement et artistiquement la composante expressive des émotions ? Pour pallier cette première problématique, les concepteurs-artistes doivent s'appropriier les dispositifs - issus du domaine scientifique, médical - capables de se mettre en phase émotionnellement avec les usagers, c'est-à-dire de mesurer et d'analyser leurs réponses émotionnelles (chapitre 5). (2) Comment l'utilisateur peut-il moduler son activité émotionnelle afin de maîtriser l'expérience en temps réel ? Ici, les concepteurs-artistes doivent comprendre de quelle manière l'utilisateur interagit avec l'œuvre, notamment lorsqu'elle est conçue avec des boucles de rétroaction médiée (chapitres 6 et exemples artistiques dans la troisième partie, au chapitre 7). (3) Enfin, les concepteurs-artistes doivent concevoir des expériences capables de générer des stimuli émotionnels (partie 3, chapitres 8 et 9).

La séquence émotionnelle artistique

Introduction

La séquence émotionnelle est la liste des processus cognitifs, physiologiques, comportementaux qui se déclenchent à la suite d'un éveil émotionnel conscient ou inconscient. Notre conception de la séquence émotionnelle dédiée aux concepteurs-artistes est influencée en grande partie par l'approche « processus-composante » de Klaus Scherer (ou modèle componentiel). Celui-ci suppose que le phénomène émotionnel provoque des changements dans le corps selon cinq facteurs singuliers qui agissent majoritairement en synchronie (nommés « les composantes ») : cognitif, subjectif, expressif, physiologique et motivationnel⁴⁴¹.

Notre étude s'intéressant à un cadre spécifique, le cadre artistique, nous simplifierons la séquence émotionnelle afin de la rendre accessible et opérante pour les concepteurs-artistes. Celle-ci s'exécutera en trois temps, d'abord nous postulons que le phénomène émotionnel débute à la réception d'un stimulus ou de stimuli par le corps⁴⁴², c'est ce que nous nommons « induction des émotions ». Ensuite, ce stimulus va provoquer des changements dans le corps (réponses physiologiques) et va être évalué le long des doubles voies, basse et haute, par l'individu : nous nommons ce phénomène « évaluation cognitive » (*reappraisal*). Une fois le contexte situationnel évalué en « cascade », il résulte souvent une forme expressive et donc mesurable de l'émotion : nous nommons ce phénomène la « réponse émotionnelle ». Notre approche classe les réponses émotionnelles en trois catégories :

⁴⁴¹ SANDER David, GRANDJEAN Didier, SCHERER Klaus R, « A systems approach to appraisal mechanisms in emotion », *Neural Networks*, vol. 18, 2005, p. 318.

⁴⁴² Sur le sujet, voir les chapitres 1 et 2 qui synthétisent l'ensemble des grandes théories qui traitent du phénomène émotionnel.

- Les réponses physiologiques (manifestations internes), concernent le phénomène émotionnel retranscrit depuis l'activité interne de l'être humain à la réception d'un stimulus.
- Les réponses comportementales, faciales et vocales (manifestations externes et non-verbales), concernent les réactions qui sont tournées vers l'extérieur du corps de l'être humain.
- Les réponses subjectives (manifestations internes), concernent principalement l'expérience consciente, verbale, des sentiments.

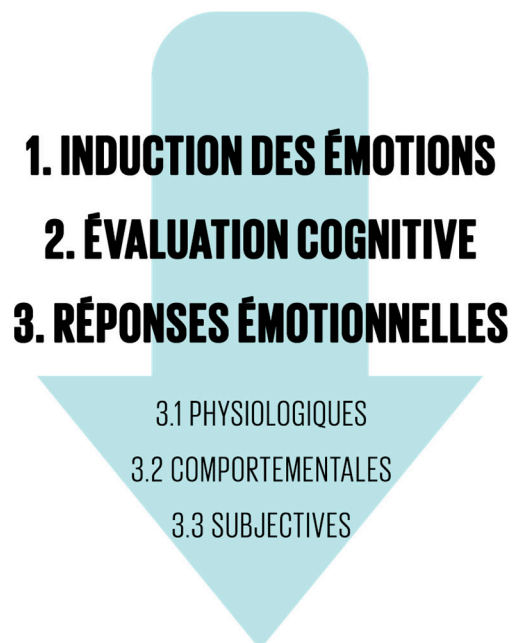


Figure 48 : Simplification de la séquence émotionnelle adaptée à un modèle I² pour les créateurs (dessin de l'auteure)

Dans la figure ci-avant, nous résumons les différentes sections de la séquence émotionnelle que nous détaillerons dans ce chapitre. Notre classification n'a pas pour but d'expliquer le phénomène émotionnel depuis le point de vue biologique, mais de l'expliquer depuis le point de vue d'un interfaçage humain-œuvre(s) sur le mode émotionnel. Autrement dit, notre schéma de la séquence émotionnelle a pour objectif de résumer les différents points d'intérêts du phénomène émotionnel dans le cadre d'une production artistique. Ce parti pris explique que nous divisons la structure de notre plan de chapitre en trois parties :

- L'induction des émotions : qui correspond pour les concepteurs-artistes à l'épisode de conception d'un contexte situationnel (esthétique, narratif, interactif, etc.) qui sera propice à l'émergence du phénomène émotionnel pour le participant.
- L'évaluation cognitive : qui correspond pour les concepteurs-artistes à l'épisode de « mise en phase » avec les participants. La manière d'exprimer la réponse émotionnelle et son intensité dépendant pour certains cas, de principes universels, mais aussi de principes culturels et individuels.
- La réponse émotionnelle : qui correspond pour les concepteurs-artistes à l'épisode de « réception d'un contenu émotionnel » (mesures et analyses), qu'ils pourront exploiter en temps réel dans le cadre de leur expérience, si l'interfaçage le permet (biofeedback).

1. L'induction émotionnelle

1.1 – L'éveil émotionnel

« Les émotions sont des phénomènes qui nous arrivent plutôt qu'ils ne dépendent de notre volonté. Bien que les gens se donnent en permanence des occasions d'influer sur leurs émotions - aller au cinéma ou dans un parc d'attractions, faire un bon repas, consommer de l'alcool ou d'autres substances psychotropes -, les événements extérieurs sont simplement prévus pour assurer la présence des stimuli qui déclencheront automatiquement les émotions »⁴⁴³.

L'éveil émotionnel est l'objet d'une réaction « réflexe », automatique, involontaire et immédiate face à un contexte situationnel. Quand nous regardons à la loupe un « état du corps », c'est-à-dire « une tranche de vie instantanée, révélant ce qui était en train de se passer dans les divers organes d'un vaste organisme »⁴⁴⁴, nous observons que les informations du monde extérieur parviennent via les organes sensoriels jusqu'au « régions d'entrée de l'information ».

⁴⁴³ LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 21.

⁴⁴⁴ DAMASIO, Antonio R., *Op. Cit.*, p. 126.

Inversement, nous observons que les informations issues du corps traversent les « régions de sortie de l'information »⁴⁴⁵, avant d'être exprimées. L'éveil émotionnel d'un individu suppose donc la réception d'un stimulus issu d'un contexte situationnel en particulier. Le déclencheur de cet éveil émotionnel est soit naturel (ou biologique) et « programmé par l'évolution »⁴⁴⁶, soit il est appris (ou culturel) et a fait l'objet d'un conditionnement⁴⁴⁷.

La question du conditionnement a été inaugurée par Ivan Pavlov et est traitée par Joseph Ledoux afin de connaître les mécanismes de la peur : « Des stimuli sans signification particulière se transforment en signaux d'alarme, des indices de situations potentiellement dangereuses fondés sur un vécu antérieur »⁴⁴⁸. Pour faciliter le processus de conditionnement, le déclencheur appris est généralement rattaché à un déclencheur naturel : il est appris *en prédiction de*. C'est le cas par exemple d'un son (déclencheur appris) qui serait associé à un préjudice physique (déclencheur naturel). Autre exemple au cinéma, dans *Scream 5*⁴⁴⁹ (Matt Bettinelli-Olpin, Tyler Gillett, 2022, film), un tueur psychopathe (Ghostface) élimine un par un les membres d'un groupe d'amis. Pour maintenir les spectateurs dans un état de crainte, *Scream 5* utilise à répétition le schéma du conditionnement de peur, notamment à travers la figure du *jump scare* (saut de peur). Celui-ci est réalisé le plus souvent par l'association de deux sons - le son d'une tension qui augmente (un bourdon, par exemple) et un son strident au pic de cette tension - et d'une courte échelle de plan (plan rapproché) qui permet de réduire les informations qui sont visibles pour le spectateur. Inversement, le plan rapproché permet donc d'augmenter l'étendue des hors-champs, de l'inconnu, de la menace qui peut survenir à tout moment et qui conduit *in fine* le spectateur à expérimenter un état particulier - la crainte, la peur, voire l'effroi - puisque celui-ci a appris ce fonctionnement esthétique en *prédiction du* danger que représente Ghostface.

⁴⁴⁵ *Ibid.*, p. 133.

⁴⁴⁶ LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 162.

⁴⁴⁷ La théorie sur le conditionnement a notamment été engagée par Ivan Pavlov dans PAVLOV, Ivan Petrovitch, *Les réflexes conditionnés : étude objective de l'activité nerveuse supérieure des animaux*, Paris, F. Alcan, 1927.

⁴⁴⁸ LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 140.

⁴⁴⁹ *Scream 5* est une caricature, voire une parodie, des effets narratifs et esthétiques du genre de l'horreur et en particulier du *slasher*.



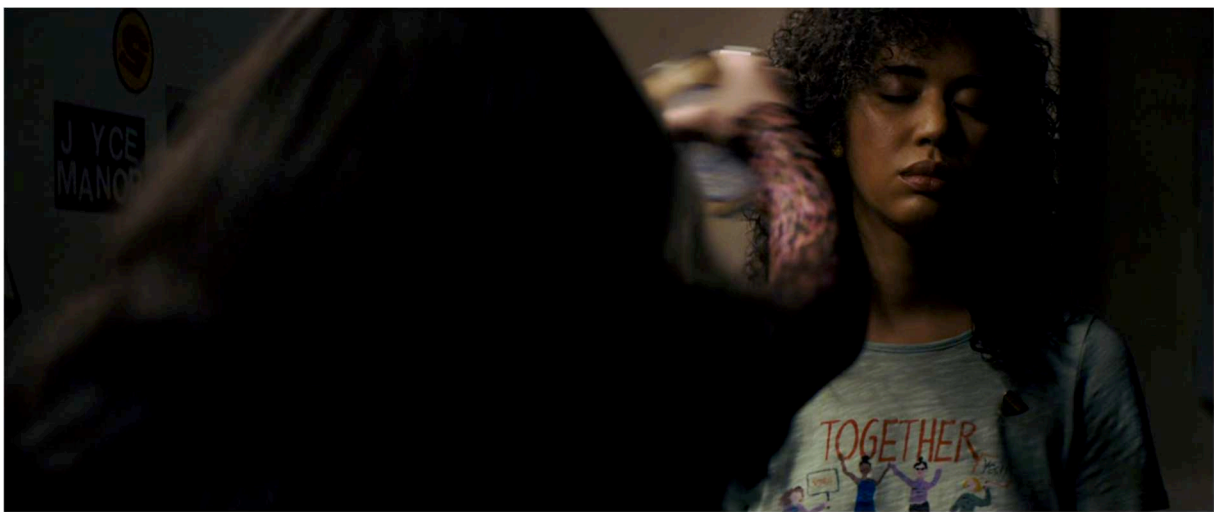
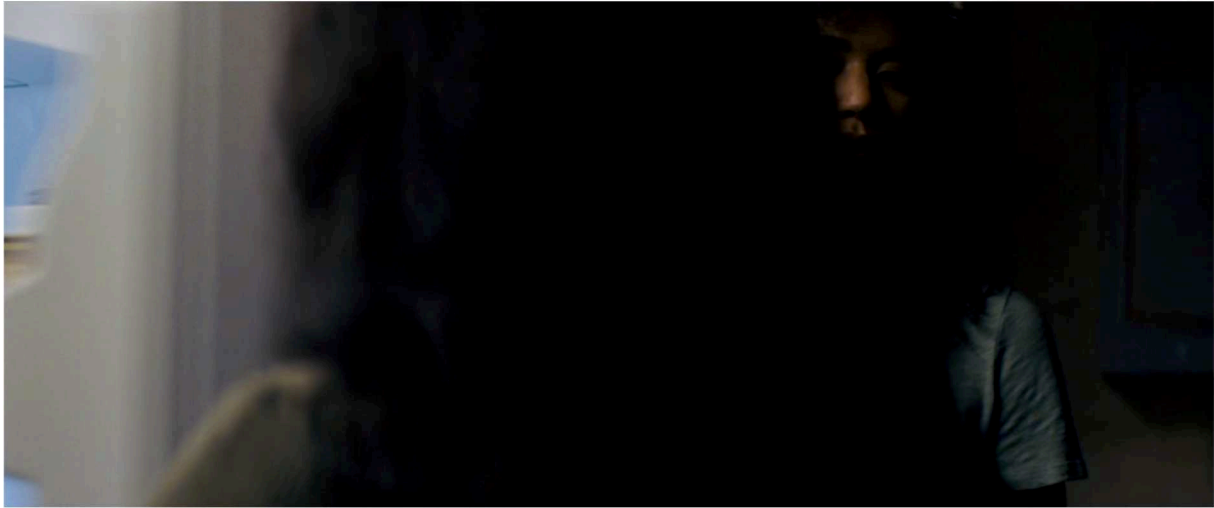


Figure 49 : Réalisation du *jump scare* dans *Scream 5* de Matt Bettinelli-Olpin et Tyler Gillett, 2022

Présentation de la scène (plan d'ensemble) dans le même temps un son installe la tension narrative, changement vers un plan rapproché épaule (augmente l'étendue de la menace), puis un deuxième son strident marque l'apogée de la tension et dévoile la présence d'un autre personnage qui n'est finalement pas Ghostface (fin de la tension narrative), expression de peur et de surprise (identification cinématographique : le spectateur se reconnaît dans la réaction de ce personnage)

Par conséquent, les contextes situationnels desquels émergent les émotions peuvent être eux-mêmes « naturels » ou ordinaires, c'est-à-dire dénués à l'origine d'une quelconque intention d'influencer l'expérience émotionnelle de l'individu sur le plan artistique. Dans le cadre d'une œuvre d'art, ils sont nécessairement artéfactuels, c'est-à-dire construits de toute pièce dans l'objectif de provoquer des changements émotionnels chez le spectateur ou le participant. Nous partons donc du principe que les concepteurs-artistes doivent maîtriser l'état de « flow » émotionnel du spectateur ou du participant - état d'attention émotionnelle, de dévouement et d'immersion émotionnelle maximum dans une activité⁴⁵⁰ - retranscrite par l'expérience et qu'il faudra envisager sur le plan de l'esthétique, de la narration et des mécaniques d'expérience⁴⁵¹. Ces contextes situationnels sont donc couplés à des « modèles d'induction émotionnels » capables d'organiser les stimuli dans l'objectif de faire émerger une ou des émotions chez l'individu.

1.2 – Modèles scientifiques d'induction émotionnelle

Pour mesurer, étudier, exploiter artistiquement le versant émotionnel humain, le concepteur-artiste devra savoir de quelle manière il peut déclencher une émotion en particulier (modèle catégoriel) ou déclencher une dimension émotionnelle (activation, valence ou dominance). Par conséquent, le premier critère de la création avec l'² émotionnelles que le concepteur-artiste doit maîtriser porte sur les « modèles d'induction émotionnelle ». Ces modèles d'induction émotionnelle existent déjà dans le domaine scientifique à travers des « techniques standardisées » et « les techniques non standardisées »⁴⁵² qui serviront donc de point de départ pour penser des modèles d'induction émotionnels dédiés à la création artistique.

Les techniques standardisées de l'induction émotionnelle ont l'avantage d'être approuvées et utilisées par la communauté scientifique : ainsi elles produisent des résultats qui peuvent être comparés malgré la diversité des études. Elles utilisent comme modèles

⁴⁵⁰ CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, Harper Perennial e-books, 2008.

⁴⁵¹ Nous approfondirons ces enjeux dans la troisième partie.

⁴⁵² GIL, Sandrine, « Comment étudier les émotions en laboratoire ? », *Revue électronique de Psychologie Sociale*, n°4, 2009, p. 20.

d'induction des banques d'images telles que l'*International Affective Picture System* (IAPS⁴⁵³) présentant des stimuli émotionnels en termes de valence - les images sont rangées de plaisantes à déplaisantes - d'activation - l'émotion représentée est plus ou moins intense - et de dominance, l'individu éprouve un sentiment de contrôle ou se sent contrôler par les contenus représentés. Les modèles d'induction émotionnels standardisés se servent aussi de banques de films ou de vidéos (voir, par exemple, James J. Gross et Robert Levenson, 1995⁴⁵⁴) ou de musiques (Sandrine Vieillard et *alii*, 2008⁴⁵⁵) dans l'objectif de susciter des émotions⁴⁵⁶.

Les techniques non standardisées de l'induction émotionnelle, sont des méthodes expérimentales qui exploitent tous les possibles situationnels et interactifs d'un environnement. Elles s'appuient par exemple sur la méthode du « rappel autobiographique⁴⁵⁷ » par laquelle le sujet doit se souvenir d'un évènement fortement émotionnel et de « l'hypothèse de la réponse faciale rétroactive » qui suppose qu'un individu est influencé émotionnellement par ses propres émotions faciales⁴⁵⁸. D'autres techniques utilisent la méthode de l'amorçage subliminal de l'émotion : des masques précèdent et suivent le stimulus présenté et permettent ainsi de le « cacher » à la conscience⁴⁵⁹. Au Centre de réalité virtuelle de la Méditerranée (CRVM), Daniel Mestre et ses équipiers utilisent directement un stimulus conscient dans l'objectif de traiter l'anxiété de leurs patients phobiques. À l'intérieur d'un CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*), ces derniers sont confrontés à des scènes d'exposition virtuelles capables de fournir les stimuli qui déclenchent leur peur respective : par exemple, à un patient acrophobe

⁴⁵³ LANG Peter J., BRADLEY Margaret M., CUTHBERT Bruce N., « International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual », *NIMH Center for the Study of Emotion and Attention*, Université de Floride, Gainesville, 1997b.

⁴⁵⁴ GROSS James J., LEVENSON Robert W., « Emotion elicitation using films », *Cognition and Emotion*, vol. 9, 1995, p. 87-108.

⁴⁵⁵ VIEILLARD Sandrine, PERETZ Isabelle, GOSSELIN Nathalie, KHALFA Stéphanie, GAGNON Lise, BOUCHARD Bernard, « Happy, sad, scary and peaceful musical excerpts for research on emotions », *Cognition and Emotion*, vol. 22, 2008, p. 720-752.

⁴⁵⁶ GIL, Sandrine, *Op. Cit.*, p. 21.

⁴⁵⁷ Voir sur le sujet : STRACK Fritz, SCHWARTZ Norbert, GSCHNEIDINGER Elisabeth, « Patterns of cognitive appraisal in emotion », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 48, 1985, p. 813-838.

⁴⁵⁸ GIL, Sandrine, *Op. Cit.*, p. 22.

⁴⁵⁹ Les recherches de Lionel Naccache sur le sujet démontrent notamment qu'une émotion peut être l'objet d'un traitement inconscient, NACCACHE, Lionel, *Le Nouvel Inconscient. Freud, Christophe Colomb des neurosciences*, Paris, Odile Jacob, 2006. p. 465.

sont présentées des scènes de vides : « une maison avec une balustrade, un ascenseur, un canyon avec un pont en bois »⁴⁶⁰. Ces modèles d'induction émotionnelle démontrent qu'il est possible de déclencher des émotions avec des images, des vidéos et des sons. Pour nous chercheurs et pour les concepteurs-artistes, ils soulignent l'intérêt d'une recherche et création qui porte sur les modèles d'induction émotionnelle dans le cadre artistique : si dialogue il doit y avoir sur ce thème entre les participants et l'œuvre, le concepteur devra alors choisir et intégrer dans l'expérience des éléments capables de faire émerger des émotions, avec plus ou moins d'intensité, de valence et parfois de dominance. À ces fins, les modèles d'induction émotionnelle peuvent être utilisés en prenant aussi en compte les conditions inhérentes à l'évaluation cognitive « Les facteurs d'évaluation peuvent être manipulés de diverses manières : soit (1) directement, avec des stimuli verbaux qui font littéralement référence à des valeurs d'appréciation, soit (2) indirectement, en manipulant de stimuli dans l'espoir que les participants les apprécieront d'une certaine manière⁴⁶¹ ».

D'ordinaire, les stimuli émotionnels sont considérés comme « imprédictibles » (non-planifiés) même si nous avons appris pour la plupart à les anticiper et à y répondre⁴⁶². Dans le cadre artistique (artéfactuel) ce n'est pas vrai puisque les conditions d'induction émotionnelle peuvent être prévues dans l'objectif de susciter une émotion plutôt qu'une autre. Par exemple, le concepteur-artiste pourra prévoir un environnement plutôt sombre duquel surgissent brusquement à tout endroit de l'environnement (à 360°) des zombies qui tentent alors d'attaquer le participant. Dans ce cas de figure, il est clair que les émotions recherchées par le concepteur-artiste sont davantage négatives - la peur et la surprise - plutôt que positive (la joie). Pour donner des pistes de création I² émotionnelles aux concepteurs-artistes, la troisième partie de cette thèse se focalisera entièrement sur les modèles d'induction émotionnelle en EV_Ext et EV_Pro.

⁴⁶⁰ ROPPERT, Pierre, « Les vertus de la réalité virtuelle », *France Culture*, Publié le 19 Aout 2016, Consulté le 10 Septembre 2021, [<https://www.franceculture.fr/numerique/les-vertus-de-la-realite-virtuelle>]

⁴⁶¹ SCHERER Klaus R, MOORS Agnes, « The Role of Appraisal in Emotion », dans Michael D. Robinson, Edward R. Watkins, Eddie Harmon-Jones (dirs.), *Handbook of cognition and emotion*, New-York, The Guilford Press, 2013, p. 147.

⁴⁶² BERTHOZ, Alain, *Op. Cit.*, 1997, p. 22.



Figure 50 : *Propagation VR*, Wannadev Studio, 2020, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque

1.3 – Premier palier de la séquence émotionnelle artistique

Dans un premier temps de notre séquence émotionnelle dédiée aux concepteurs-artistes, des stimulus ou des stimuli organisés en séquence configurent donc un contexte situationnel propice à l'émergence d'une ou plusieurs émotions chez le spectateur ou le participant :

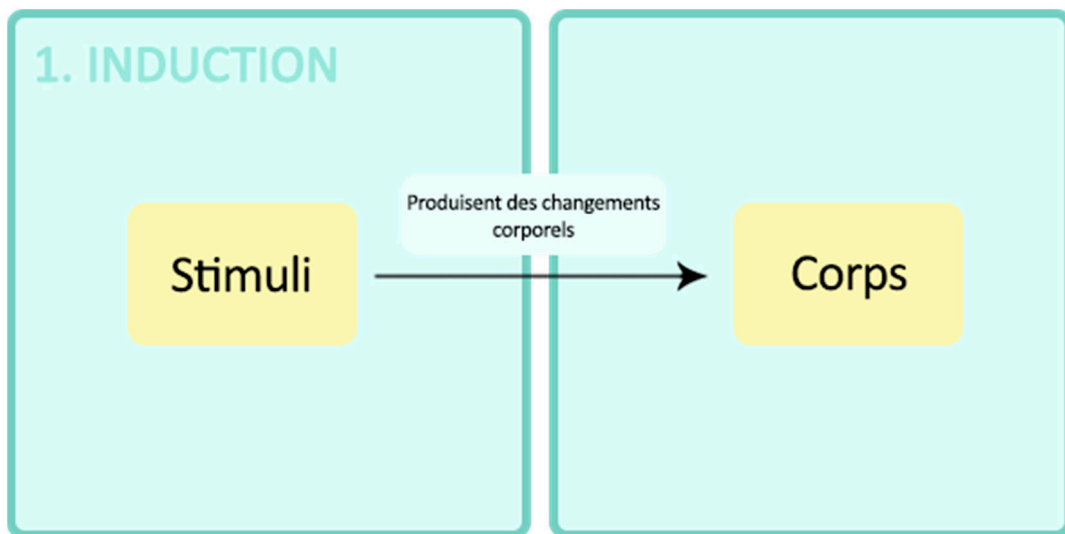


Figure 51 : Première étape de la séquence émotionnelle : l'induction (dessin de l'auteure)

Comme nous l'avons déjà mentionné dans la première partie, le stimulus émotionnel va provoquer des changements dans le corps⁴⁶³ de l'individu, qui seront ensuite évalués :

« Je considère que les émotions sont, en essence, constituées par des changements survenant dans l'état du corps, induits dans ses nombreux organes par les terminaisons nerveuses issues d'un système neural spécifique, lorsque celui-ci répond aux pensées évoquées par un phénomène ou un événement donné. [...] En conclusion, l'émotion résulte de la combinaison de processus d'évaluation mentale, simples ou complexes, avec des réponses à ces processus, issues de représentations potentielles [c'est-à-dire, les informations innées ou acquises et qui sont stockées sous la forme d'images mentales]. Ces réponses s'effectuent principalement au niveau du corps proprement dit [pour Antonio Damasio, sans le cerveau], mais elles peuvent aussi s'effectuer au niveau du cerveau lui-même (neurones modulateurs du tronc cérébral), ce qui conduit à des changements mentaux supplémentaires »⁴⁶⁴.

2. L'évaluation cognitive

Pour qu'une émotion naisse sous une expression particulière, il faut que les stimuli du contexte situationnel soient évalués cognitivement par l'individu : celui-ci « évalue un événement en fonction de ses besoins, de ses buts, de ses valeurs, de son bien-être⁴⁶⁵ ». L'évaluation d'une situation dépend donc en premier lieu de critères subjectifs et est donc singulière, même si elle est composée de facteurs universaux (biologiques). Cette conjoncture, nous permet d'envisager les raisons pour lesquelles un événement peut engendrer différentes réactions émotionnelles en fonction du sujet qui l'expérimente. Une telle tâche réflexive incombe aux concepteurs-artistes, car elle consistera à *se mettre à la place de* l'audience, du spectateur ou du participant, afin de comprendre et combler ses attentes en terme d'I² émotionnelles.

2.1 – Critères généraux de l'évaluation cognitive

⁴⁶³ Pour nous le corps comprend le cerveau dont il est ici question par l'intermédiaire du système nerveux autonome.

⁴⁶⁴ DAMASIO, Antonio R., *Op. Cit.*, p. 194.

⁴⁶⁵ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 36.

L'évaluation cognitive dépend de critères d'évaluation qui font l'objet de développements pluriels et variés. Dans la sous-partie qui suit, nous nous intéresserons surtout aux développements et synthèses de Klaus R. Scherer, ainsi que de Sylvie Berthoz et Silvia Krauth-Gruber sur le sujet et qui nous donnent un aperçu des multiples (4) valeurs ayant lieu en cascade qui la constituent :

1. La « Détection de la pertinence »⁴⁶⁶ est le premier grand principe de l'évaluation cognitive. Elle est constituée de trois sous-critères parmi lesquels deux sont automatiques (ont lieu immédiatement) :
 - [Automatique] L'individu traite la « nouveauté », c'est à dire la soudaineté, la familiarité et la prévisibilité du stimulus rencontré (*novelty check*⁴⁶⁷) : « L'évènement est nouveau ou attendu. [...] Un évènement inattendu ou nouveau capte généralement notre attention, comme c'est le cas lors d'un changement brusque dans notre environnement physique (un bruit soudain ou un flash). Il peut aussi s'agir d'une situation qui ne se déroule pas selon le schéma habituel »⁴⁶⁸.
 - [Automatique] L'individu évalue la dimension de valence « intrinsèque » au stimulus⁴⁶⁹ : cette stimulation est-elle plaisante ou déplaisante ?
 - Ensuite, l'individu estime la situation en fonction de la réalisation de ses buts et besoins (*Goal/need relevance check*⁴⁷⁰). La valence, positive ou négative, de l'émotion éprouvée par l'individu dépend alors du fait que cet évènement le rapprochera ou non de ses objectifs : « Les évènements qui permettent de se rapprocher de ses buts procurent des émotions positives, tandis que ceux qui entravent leur réalisation induisent des émotions négatives »⁴⁷¹. Mais cette pertinence des objectifs et besoins varie d'un individu à l'autre en fonction du : « [...] nombre de besoins, de buts, ou des valeurs qui sont affectés par

⁴⁶⁶ SANDER David, GRANDJEAN Didier, SCHERER Klaus R., *Op. Cit.*, p. 319.

⁴⁶⁷ *Ibidem*.

⁴⁶⁸ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 37-38.

⁴⁶⁹ SANDER David, GRANDJEAN Didier, SCHERER Klaus R., *Op. Cit.*, p. 319.

⁴⁷⁰ *Ibidem*.

⁴⁷¹ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 39.

l'évènement et/ou leur statut relatif dans la hiérarchie des priorités [...] Cela requiert de vérifier (et évaluer) les conséquences potentielles d'un évènement au regard d'un large éventail d'attentes généré par différents types de constructions motivationnelles »⁴⁷².

2. « L'évaluation de l'implication⁴⁷³ » est un deuxième grand principe de l'évaluation cognitive qui consiste à évaluer l'évènement en lui-même et ce qui l'a causé. Elle se compose de cinq sous-critères :

- L'individu doit évaluer les causes de l'évènement et notamment la ou les personnes qui en sont à l'origine et leurs intentions.
- L'individu doit évaluer les issues éventuelles de cette situation.
- L'individu doit évaluer les écarts, consistance ou inconsistance, entre ce qui était attendu de la situation et ce qu'elle est finalement.
- L'individu doit évaluer si la situation va lui permettre de faciliter ses objectifs et besoins ou au contraire les rendre plus difficile à réaliser.
- L'individu doit évaluer l'urgence de la situation, qui repose sur deux choses « la signification d'un évènement en rapport aux objectifs et besoins de l'organisme » et des « contingences temporelles⁴⁷⁴ ».

3. Le troisième point de l'évaluation cognitive consiste à définir si ces évènements sont maîtrisables ou non (adaptation ou *coping*⁴⁷⁵) : « Savoir si l'évènement est causé par nos propres actes, par ceux des autres ou s'il est le fruit du hasard détermine le contrôle que nous croyons pouvoir exercer sur lui. [...] Cependant, même si un évènement est évalué comme potentiellement contrôlable, il faut encore que l'individu évalue ses capacités, sa puissance,

⁴⁷² SANDER David, GRANDJEAN Didier, SCHERER Klaus R., *Op. Cit.*, p. 319.

⁴⁷³ *Ibidem.*

⁴⁷⁴ SANDER David, GRANDJEAN Didier, SCHERER Klaus R., *Op. Cit.*, p. 320.

⁴⁷⁵ *Ibidem.*

c'est-à-dire sa force intellectuelle, physique, morale et/ou financière pour exercer ce contrôle⁴⁷⁶».

- L'individu doit évaluer si l'évènement peut être contrôlé.
 - L'individu doit évaluer la capacité (pouvoir) d'orienter les conséquences de l'évènement en fonction de ses intérêts.
 - L'individu doit évaluer s'il sera capable de s'ajuster aux conséquences de l'évènement.
4. Pour finir, l'évènement est jugé à la hauteur de la « comptabilité » ou de « l'incompatibilité » (*Normative significance evaluation*⁴⁷⁷) qu'il entretient avec les « normes sociales » et « les standards personnels » de l'individu⁴⁷⁸, par exemple s'il est « juste ou injuste⁴⁷⁹ » :
- L'individu doit évaluer la situation au regard de ses propres standards (éthiques, identitaires, etc.).
 - L'individu doit évaluer la situation au regard des valeurs et normes du groupe auquel il appartient.

2.2 – Dilemmes moraux et biais à l'usage

L'évaluation d'un contexte situationnel dépend aussi des dilemmes moraux et des biais à l'usage. Dans ces cas de figure, l'évaluation d'un contexte situationnel va dépendre de la charge émotionnelle contenue dans le dilemme. Quand la « charge émotionnelle⁴⁸⁰ » est grande, la prise de décision est « altérée ». Ce principe a été appuyé par les études expérimentales de

⁴⁷⁶ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 40.

⁴⁷⁷ SANDER David, GRANDJEAN Didier, SCHERER Klaus R., *Op. Cit.*, p. 320.

⁴⁷⁸ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 37.

⁴⁷⁹ SCHERER Klaus R, MOORS Agnes, *Op. Cit.*, p. 148.

⁴⁸⁰ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 119.

Moll et *alii*⁴⁸¹ qui ont démontré qu'il y avait « un traitement automatique de l'aspect moral des stimuli⁴⁸² ». À partir du système international d'images affectives (*IAPS* ou *International affective picture system*), des images à contenu émotionnel moral, non moral et neutre⁴⁸³, étaient présentées à des sujets. Ces derniers devaient simplement regarder les images, pendant que Moll et *alii* visualisaient par imagerie à résonance magnétique fonctionnelle cérébrale (IRMf) les réactions qu'elles avaient sur leur cerveau :

« Cette recherche a été parmi les premières à démontrer qu'il y a effectivement un traitement automatique de l'aspect moral des stimuli, et que ce traitement se fait en grande partie via le circuit cérébral activé dans les tâches d'inférence sur les états mentaux d'autrui (comprenant notamment le cortex préfrontal médian, le sillon temporal supérieur et le précunéus)⁴⁸⁴».

Les recherches de Sylvie Berthoz et *alii* démontrent ce même fait, en précisant l'implication de l'amygdale dans le processus⁴⁸⁵. Leur expérimentation est divisée en trois expériences données qui constituent trois scénarii : (1) le scénario proposé ne transgresse pas avec les normes sociales, (2) il les transgresse intentionnellement et (3) il les transgresse accidentellement. Leur expérience démontre que l'intensité émotionnelle dépend de la personne qui commet l'acte immoral (soi ou autrui) et de la nature de l'acte (intentionnel ou accidentel). Nous pouvons aussi supposer de fait que les transgressions morales (sociales) sont porteuses d'un sens émotionnel particulier en fonction des groupes sociaux et cultures qui influencent *in fine* les actions effectuées par l'individu : « La découverte actuelle de son implication dans l'auto-évaluation par rapport aux normes sociales suggère que l'amygdale peut également être essentielle pour l'apprentissage d'un comportement socialement approprié, étant donné que les normes sociales varient selon les cultures et sont apprises⁴⁸⁶ ». En conséquence, dans le cadre

⁴⁸¹ MOLL Jorge, De OLIVEIRA-SOUZA Ricardo, ESLINGER Paul J., BRAMATI Ivanei E., MOURAO-MIRANDA Janaina, ANDREIUOLO Pedro Angelo, PESSOA Luiz, « The Neural Correlates of Moral Sensitivity: A Functional Magnetic Resonance Imaging Investigation of Basic and Moral Emotions », *The Journal of Neuroscience*, vol. 22, 2002, p. 2730-2736.

⁴⁸² BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 143.

⁴⁸³ Les bases de données du IAPS sont protégés et donc interdites pour la publication.

⁴⁸⁴ *Ibidem*.

⁴⁸⁵ BERTHOZ Sylvie, GREZES Julie, ARMONY Jorge L., PASSINGHAM Richard E., DOLAN Raymond J, « Affective response to one's own moral violation », *NeuroImage*. vol. 31, N°2, 2006, p. 945.

⁴⁸⁶ BERTHOZ Sylvie, GREZES Julie, ARMONY Jorge L., PASSINGHAM Richard E., DOLAN Raymond J. *Op. Cit.*, p. 949.

des dilemmes moraux l'émotion s'inscrit au sein de la boucle Perception-Cognition (Décision)-Action en influençant directement la prise de décision.

Les « biais à l'usage⁴⁸⁷ » - la peur de l'avion plutôt que celle de la voiture, par exemple - peuvent aussi provoquer des erreurs de jugement. Cet exemple montre particulièrement que « les pulsions biologiques et les émotions peuvent réellement influencer les processus de prise de décision⁴⁸⁸ ». Les pulsions biologiques et les émotions peuvent donc aussi être la source de décisions irrationnelles.

2.3 – Deuxième palier de la séquence émotionnelle artistique

D'après ses critères d'évaluation des contextes situationnels, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'un stimulus émotionnel présent dans une œuvre d'art attirera l'attention émotionnelle de l'individu s'il est nouveau, s'il va dans le sens de ses buts et besoins, s'il est capable ou non d'en maîtriser les conséquences. Certains facteurs restent évidemment plus difficiles à cerner, comme la question des standards individuels et des normes sociales qui sont impliquées :

Tableau 52 : Critères de l'évaluation cognitive et de la décision pour la création artistique

Critères d'évaluation et de décision maîtrisables par les concepteurs-artistes	Critères d'évaluation et de décision difficilement maîtrisables (nécessite préparation).
Nouveauté, soudaineté, familiarité, prévisibilité (par exemple : technique du jump scare).	Compatibilité avec les normes sociales et standards personnels.
Valence positive ou négative de l'évènement.	Dilemmes moraux (varient en fonction des cultures. On peut supposer que certains sont plus maîtrisables que d'autres, par exemple : choisir entre la vie d'un proche ou celle d'un inconnu).
Réalisation des buts et besoins (réalisation d'objectifs de quête dans le jeu vidéo, par exemple ou achievements).	

⁴⁸⁷ DAMASIO, Antonio R., *Op. Cit.*, p. 258.

⁴⁸⁸ *Ibid.*, p. 263.

Implication : causes, issues, écarts, facilitation des objectifs et urgence de l'évènement (ajout d'un minuteur dans l'expérience, par exemple)	
Maitrise de l'évènement (possibilités offertes à l'individu via les fonctionnalités interactives de l'expérience : si je suis blessée, je ne peux plus utiliser le bouton saut ou courir, par exemple).	

Dans un deuxième temps, les stimuli qui parviennent au corps provoquent donc des changements corporels par l'action prédominante du système nerveux autonome, qui sont évalués selon différents facteurs, chaque individu possédant son propre système de valeur (constructivisme émotionnel) qui est difficilement concevable par les chercheurs et les concepteurs d'expériences. Cette évaluation, une fois élaborée, débouche sur des réponses plus ou moins expressives du corps qui lui permettent de communiquer.

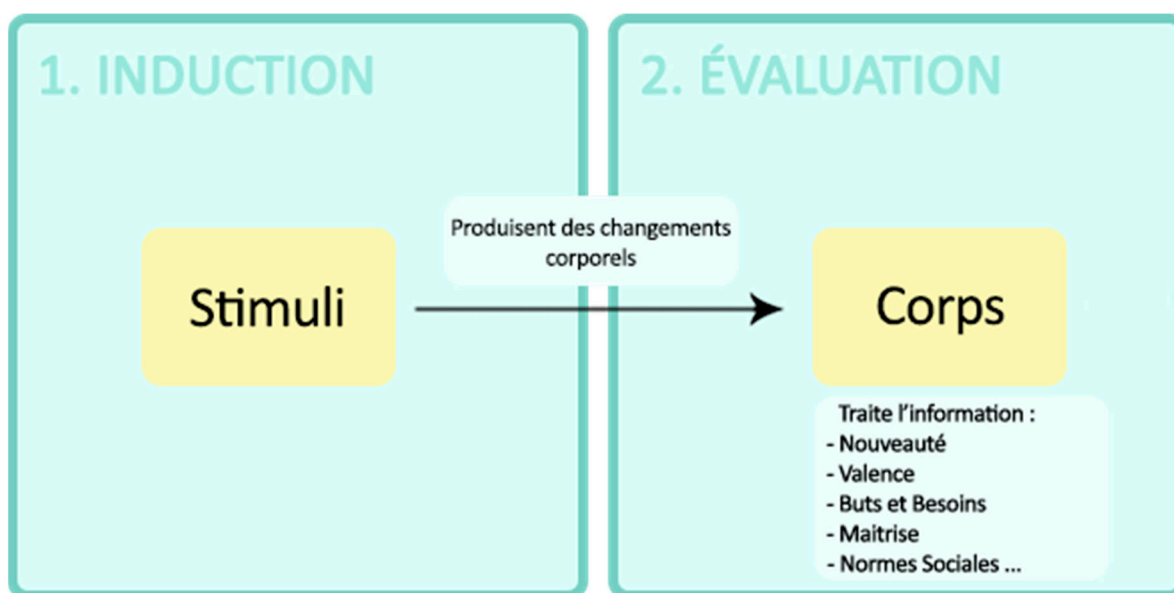


Figure 53 : Deuxième étape de la séquence émotionnelle : l'évaluation (dessin de l'auteure)

3. Réponses émotionnelles

3.1 – Troisième palier de la séquence émotionnelle artistique

Dans *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux*⁴⁸⁹, Charles Darwin défendait déjà la fonction adaptative et communicationnelle des réponses émotionnelles. Au cours des chapitres précédents, nous avons beaucoup traité du phénomène émotionnel dans la perspective d'une expérience individuelle, mais aussi intersubjective et collective. Les fonctions adaptatives et communicationnelles des émotions sont liées à un apprentissage génétique (vu ci-avant) et culturel. Nous réunissons ainsi la parole des évolutionnistes à celle des constructivistes pour exprimer le phénomène de façon globale. Elles servent à parfaire notamment nos interactions sociales, puisqu'il a été prouvé que « l'interaction avec une personne inexpressive est jugée globalement moins satisfaisante : on ressent moins de proximité et moins de sympathie envers cette personne, et aussi moins d'envie de rester en contact avec elle⁴⁹⁰ ». Elles nous indiquent ce qu'autrui ressent pour nous et par conséquent, quelles actions il aura à notre égard - qu'elles soient « coopératives, affiliatives, rejet ou agression⁴⁹¹ » - et quelles actions il attend de notre part (« approche ou évitement »). Ces expressions émotionnelles sont soumises plus largement à des « règles d'expression⁴⁹² » comme nous l'avons vu dans la partie I. Ces règles d'expressions peuvent être divisées en deux catégories, « les règles culturelles de l'émotion » et « les règles professionnelles de l'émotion ». Les règles professionnelles de l'émotion supposent que l'expression émotionnelle est influencée par les « nécessités de sa profession⁴⁹³ » et que de respecter cette convention est par ailleurs, une compétence professionnelle. Aussi, les expressions sociales sont associées à la dominance sociale. À ce titre, la colère prévaut sur la honte, la tristesse et la peur qui « sont perçues comme des signes de soumission et d'un statut social faible⁴⁹⁴ ».

Les réponses émotionnelles se déploient donc sur trois versants différents qui sont mesurables et analysables par les concepteurs-artistes. En premier lieu, elles peuvent être « une réaction physiologique⁴⁹⁵ » (le rougissement, la sudation, l'accélération de la fréquence respiratoire, par exemple). En second lieu, elles peuvent être « une manifestation

⁴⁸⁹ DARWIN, Charles, *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux* [1872], Trad. De l'anglais par Samuel Pozzi et René Benoit, Paris, C. Heinwald, 1890.

⁴⁹⁰ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 54.

⁴⁹¹ *Ibid.*, p. 50-51.

⁴⁹² *Ibid.*, p. 52.

⁴⁹³ PLANTIN, Christian, *Op. Cit.*, p. 55.

⁴⁹⁴ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 57.

⁴⁹⁵ DORTIER, Jean-François, « Les émotions en questions ? », dans Jean-François Dortier (dir.), *Op. Cit.*, p. 272.

comportementale » (la fuite, la sidération, par exemple). En dernier lieu, elles peuvent être « une manifestation subjective », en pensée ou verbale, autrement dit un « sentiment » :

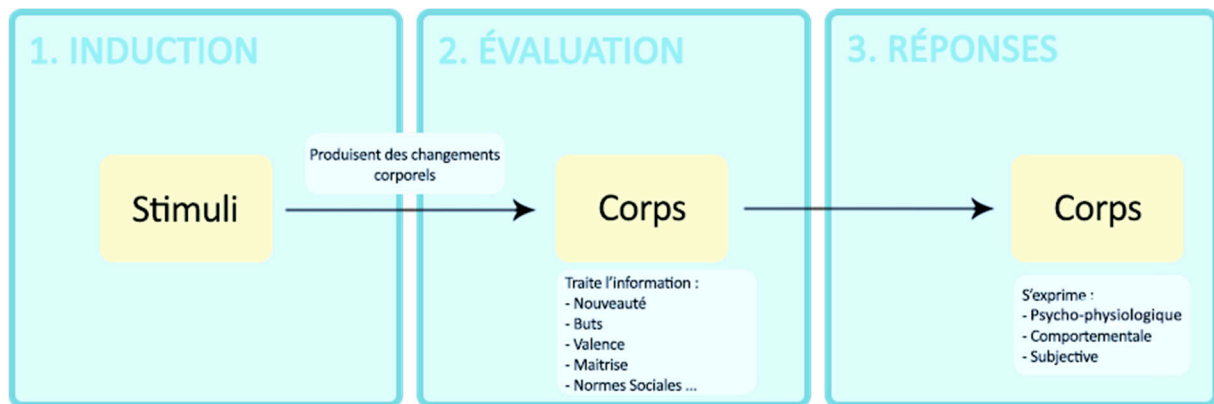


Figure 54 : Troisième étape de la séquence émotionnelle : la réponse (dessin de l’auteure)

Une première nomenclature portant sur l’expression des émotions peut être élaborée en fonction des systèmes physiologiques, comportementaux et subjectifs qui sont impliqués dans la réponse. Toutefois, les concepteurs-artistes s’intéressent surtout à l’induction des émotions d’un point de vue taxonomique (comment susciter la peur ? la tristesse ?) : une seconde nomenclature qui porte sur l’expression des émotions sera donc proposée en ce sens. Enfin, une troisième nomenclature dite taxonomique-dimensionnelle sera élaborée pour les concepteurs-artistes utilisant des interactions émotionnelles via les boucles de rétroaction médiées.

3.1.1 Composantes physiologiques

Les changements physiologiques sont régulés par le système nerveux autonome (SNA), autrement nommé « système végétatif » ou « système viscéral », grâce à deux sous-systèmes périphériques : les sous-systèmes sympathiques et parasympathiques. Ces derniers mobilisent ou préservent les « ressources de l’organisme en cas d’urgence⁴⁹⁶ », dans le but de le préparer à la réponse comportementale⁴⁹⁷. Aussi, les changements physiologiques sont régulés via le système endocrinien (glandes et cellules) qui communique avec le corps via les hormones⁴⁹⁸.

⁴⁹⁶ De manière constante il contrôle l’homéostasie du corps ; BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 28-29.

⁴⁹⁷ AUE, Tatjana, « Psychophysiologie des émotions ». Dans David Sanders, Klaus R. Scherer (dirs.), *Traité de psychologie des émotions*, Paris, Dunod, 2019, p. 160.

⁴⁹⁸ DAMASIO, Antonio R., *Op. Cit.*, p. 127.

Ci-après, voici des exemples de changements physiologiques survenant dans différents systèmes (cardiaque, respiratoire, excréteur, etc.) liés aux phénomènes émotionnels⁴⁹⁹ .

⁴⁹⁹ Liste non exhaustive car tous les paramètres ne sont pas sus et étudiés. Par exemple dans la recherche autour de la prosodie on élabore de nouvelles études autour de paramètres acoustiques. Voir la synthèse sur le sujet de : GRANDJEAN Didier, BAENZIGER Tanja, « Expression vocale des émotions », dans David Sanders, Klaus R. Scherer (dirs.), *Traité de psychologie des émotions*, Paris, Dunod, 2019.

Tableau 55 : Les systèmes du corps humains et leurs réactions physiologiques associées lors du phénomène émotionnel

Composantes physiologiques	Réactions physiologiques
Système neuronal	<ul style="list-style-type: none"> - Activité électrique des cellules nerveuses (excitation et repos). Cette activité électrique ou patrons d'oscillation des ondes Thêta (hippocampique ou cortical), Alpha (retraitement de l'information)⁵⁰¹.
Système cardio-vasculaire	<ul style="list-style-type: none"> - Fréquence cardiaque : notion quantitative qui estime un nombre de battements par r - Régularité cardiaque : notion qualitative qui estime la rythmicité du pouls (régulier - Amplitude cardiaque : intensité ou force de la contraction cardiaque ou du pouls. - Pression sanguine : évalue le débit sanguin dans le corps. - Saturation en oxygène dans le sang (comme dans le cas de notre photopléthysmograp
Système respiratoire ⁵⁰²	<ul style="list-style-type: none"> - Fréquence respiratoire : notion quantitative qui estime le nombre de cycles respiratoires par minutes. - Rythme respiratoire : régularité ou irrégularité dans la durée des éléments du cycle respiratoire (contenir des pauses plus ou moins longues entre l'inspiration et l'expiration. - Amplitude respiratoire : profondeur ou volume respiratoire (quantité d'air inspiré et expiré). - Transpiration, Sudation (glandes sudorales eccrines). Il existe quatre potentiels cutanés

⁵⁰⁰ CONNEAU, Anne-Claire, « Reconnaissance automatique de l'émotion à partir de signaux EEG », Thèse, École Paris Tech, 2016,

⁵⁰¹ Il existe aussi les ondes Delta, mais qui nous intéressent moins dans le cadre de notre étude car elles constituent le « descripteur émotionnel ».

⁵⁰² BOITEN, Frans A., « The effects of emotional behaviour on components of the respiratory cycle », *Biological Psychology*, vol. 4, 1973, p. 1-10.

<p>Système excréteur⁵⁰³</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les réponses du potentiel de la peau (Skin potential response) : augmentation ou diminution du potentiel de la peau à deux endroits différents de la peau, sans courant électrique provenant de l'électrode, les électrodes soient placées sur une partie active (la paume, par exemple), et - Les niveaux de potentiel cutané (Skin potential level) : mesure les niveaux, d'un potentiel cutané. - Les réponses de la conductance cutanée (Skin conductance response) : augmentation de la conductance électrique de la peau. - Les niveaux de conductance cutanée (Skin conductance level) : activité électrique de la peau « d'éveil », « d'activation », de « repos », etc. - Système urinaire. - Salive (sécrétion de la glande parotéide).
<p>Système sexuel, reproductif</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Éveil ou inhibition : variation du volume sanguin dans les organes sexuels, augmentation de la température pénienne⁵⁰⁴.
<p>Système digestif⁵⁰⁵</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les neurones afférents, les cellules immunitaires et les cellules endocrinologiques intestinales et digestives : - « Effet d'inhibition » (innervation sympathique) : ralentissement du transit et de la motilité intestinale. - Modulation immunitaire de la muqueuse et possiblement de la microflore (ganglions entériques). - « Boucles de reflexes » (parasympathique) motrices et sécrétoires (acide gastrique, sécrétion d'histamine, sécrétion d'entérochromaffine).

⁵⁰³ GRAPPERON Jacques, PÉREZ-PRIGNOL Annie-Claude, VION-DURY Jean, « La mesure de la réaction électrodermale », *L'encéphale*

⁵⁰⁴ CHARTIER Sylvain, BOUCHARD Stéphane, RENAUD Patrice, ALBERT Guillaume, BONIN Marie-Pierre, DECOURVILLE-NICOLE Pascale, « Les réponses psychophysiological en immersion virtuelle : Le cas des réponses oculomotrices et sexuelles », *IHM 2006*, Janvier 2006, p. 177.

⁵⁰⁵ MAYER, Emeran A, « Gut feelings: the emerging biology of gut-brain communication », *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 12, 2009, p. 504-512.

⁵⁰⁶ *Ibid.*, p. 454.

⁵⁰⁷ *Ibidem.*

	Les systèmes neuroendocriniens peuvent signaler : la satiété, la faim (ghréline), les nausées, la douleur, la fatigue. ⁵⁰⁸ Les systèmes se situant dans les cellules immunitaires des muqueuses peuvent signaler et la fatigue ⁵⁰⁸ .
Système immunitaire ⁵⁰⁹	<ul style="list-style-type: none"> - Immunologie affective (Affective immunology) : certaines études démontrent des liens entre le système immunitaire et les émotions (dépression, stress, par exemple) et inversement, mais de manière incertaine.
Température corporelle ⁵¹⁰	<ul style="list-style-type: none"> - Changement de température (augmentation / baisse) pour maîtriser l'activité humaine (par exemple, le rougissement).
Activité musculaire ⁵¹¹	<ul style="list-style-type: none"> - Contractions musculaires (développées dans le prochain tableau).

3.1.2 – Composantes comportementales

⁵⁰⁸ *Ibid.*, p. 460.

⁵⁰⁹ KOH, Kyung Bong, « Emotion and immunity », *Journal of Psychosomatic Research*, vol. 45, 1998, p. 107-115 et D'ACQUISTO, « Emotions and the immune response converge », *Dialogues in clinical neuroscience*, vol. 19, p. 9-19.

⁵¹⁰ NUMMENMAA Lauri, GIEREAN Enrico, HARI Riitta, HIETANEN Jari K., « Bodily maps of emotions », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, 2014, p. 646-651 et BARBOSA ESCOBAR Francisco, VELASCO Carlos, MOTOKI Kosuke, BYRNE Derek Victor, « Emotions », *PLoS ONE*, vol. 16, 2021, p. 1-28.

⁵¹¹ KORB Sebastian, DELPLANQUE Sylvain, « Electromyographie », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Electrophysiologie de la*

Tableau 56 : Les composantes comportementales et leurs réactions physiques associées lors du phénomène émotionnel

Composantes comportementales	Réactions physiques
<p>Composante faciale (facial affect display⁵¹²⁵¹³)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contraction des muscles faciaux, par exemple concernant l'activité sourcilière : - Activité de base (basal levels ou baseline report) du muscle, c'est-à-dire sans stimulation - Pic (spike) : réponse électrique aciculaire « explosive », « spontanée » ou « non spécifique intervient en l'absence de « pensées, émotions ou intentions ». - Monticule ou mound : réponse douce, d'une durée inférieure à cinq secondes et marquée progressifs. - Balistique (ballistic) : « cluster ou agglomérat » de réponses aciculaires (pics) se chassant à une vitesse de 100 à 200 secondes. - Et, c'est encore une hypothèse : cette activité musculaire pourrait déterminer la vitesse de l'émotionnelles.
<p>Composante vocale ou Prosodie⁵¹⁴</p>	<p>Paramètres acoustiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fréquence de la voix (plus aigüe ou plus grave) : modification de la tension des cordes vocales (modification de la fréquence en hertz et contours (fréquence descendante ou montante)).

⁵¹² Les expressions faciales sont souvent imperceptibles à l'œil nu et donc difficiles à étudier : « mouvements légers et éphémères messages sociaux (fonction de signalisation ou illustration d'un propos. KAISER Susanne, WEHRLÉ Thomas, SCHENKEL Katja, Sanders, Klaus R. Scherer *Op. Cit.*, p. 80-81.

⁵¹³ CACIOPPO John T., MARTZKE Jeffrey S., PETTY Richard E., TASSINARY Louis G., « Specific forms of facial EMG response index to the continuous flow hypothesis of affect-laden information processing », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 54,

⁵¹⁴ GRANDJEAN Didier, BAENZIGER Tanja, « Expression vocale des émotions », *Op. Cit.*, p.111, *Ibid.*, p. 118, et *Ibid.*, p. 123. Voir aussi

	<ul style="list-style-type: none"> - Résonance et énergie du spectre vocal (moyenne et variabilité de l'intensité de la voix du tractus vocal qui constitue le parcours des ondes sonores. <p style="text-align: center;">Paramètres énonciatifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Débit de parole (rapide/moyen/lent) et pauses (forte/moyenne/faible) : durée de l'exp - Tempo de parole et Précision de l'articulation.
<p style="text-align: center;">Composante comportementale, motivationnelle⁵¹⁵</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contraction des muscles striés squeletiques (mouvements) par la « décharge des neurones - Tendances à l'action : activation chez l'individu d'un script d'action en réaction au co-codécrit en 2014, les auteurs Anna Tchekassoff et Nico H. Frida en distinguent deux « dispositions à l'action⁵¹⁷ » : - Accepter (la relation). - Refuser (la relation). - Faire attention : obtenir de l'information. - Se désintéresser : ne pas chercher d'information. - S'approcher : faciliter l'interaction. - Attachement : chercher l'interaction proche. - Éviter : diminuer l'interaction. - Rejeter : pousser loin de soi. - Hostilité : modifier l'interaction non désirée. - Désirer : obtenir une issue. - Prendre soin : augmenter le bien-être d'autrui. - Exubérance : obtenir une interaction gratuite. - Domination : déterminer l'action d'autrui. - Soumission : suivre les désirs d'autrui. - Désespoir : ne pas savoir comment agir.

⁵¹⁵ FRUDA, Nico H, *The emotions*, New York, Cambridge University Press, 1986.

⁵¹⁶ KORB Sebastian, DELPLANQUE Sylvain, *Op. Cit.*, p. 182.

⁵¹⁷ TCHERKASSOFF Anna, FRUDA Nico H., « Les émotions : une conception relationnelle », *L'année psychologique*, vol. 114, 2014, P

3.1.3 – Composantes subjectives

La composante subjective des expressions émotionnelles concerne ce que l'on nomme communément « les sentiments », qui sont « privés » et qui relèvent de « pensées⁵¹⁸ ». À l'inverse, les émotions sont « publiques » et supposent aussi des « actions⁵¹⁹ » (ou tendance à l'action), comme nous l'avons vu précédemment. Les phénomènes émotionnels sont généralement inconscients alors que les sentiments ont nécessairement besoin d'une prise de conscience⁵²⁰. Par ailleurs, le fonctionnement de cette prise de conscience n'est pas « différent d'autres états de conscience⁵²¹ », puisque « ce qui diffère [...] n'est pas le système qui représente le contenu conscient [...] mais celui qui fournit les signaux au système de la prise de conscience⁵²² ». Enfin, le sentiment émotionnel appartient à un « présent émotionnel⁵²³ » qui impliquerait aussi la mémoire de travail :

« Vous ne pouvez pas ressentir un sentiment conscient de peur sans que les aspects de l'expérience émotionnelle soient représentés en mémoire de travail. Celle-ci est le point de passage des expériences subjectives, émotionnelles ou pas, et elle est indispensable à la création d'un sentiment conscient d'émotion⁵²⁴ ».

Le « présent émotionnel » tel qu'il est perçu et traité par la mémoire de travail, est donc ce que nomme J. Ledoux le « sentiment émotionnel » (ce que nous nommons, le sentiment subjectif) : « [...] qu'est-ce qu'une émotion si ce n'est un sentiment conscient ? Supprimez le

⁵¹⁸ Entretien avec Antonio Damasio par CHAPELLE, Gaëtane, « Les émotions, source de la conscience », dans Jean-François Dortier (dir.), *Op. Cit.*, p. 280. Ce sont des « pensées » qui ne sont pas forcément verbales en témoignent les différences interculturelles : il n'existe pas forcément le langage pour exprimer tous les ressentis.

⁵¹⁹ *Ibidem*.

⁵²⁰ « Mon idée de la nature des expériences émotionnelles conscientes, des sentiments émotionnels, est incroyablement simple : elle est qu'une expérience émotionnelle subjective, comme le sentiment d'être effrayé, se produit lorsque nous devenons conscients qu'un système émotionnel du cerveau, tel celui de défense, est actif. Pour cela, nous avons besoin d'au moins deux choses : un système de défense et la capacité d'avoir conscience de son activité » LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 264.

⁵²¹ *Ibid.*, p. 20.

⁵²² *Ibidem*.

⁵²³ *Ibid.*, p. 277.

⁵²⁴ *Ibid.*, p. 292.

registre subjectif de la peur et il ne reste plus grand-chose de l'expérience d'un danger⁵²⁵». Cette approche s'apparente donc à la théorie de la rétroaction de William James qui définit le sentiment subjectif comme des « expériences émotionnelles conscientes⁵²⁶», c'est-à-dire la prise de conscience d'un état du corps en train de changer. Nous avons vu en début de chapitre que le phénomène émotionnel se divisait en différentes composantes, par conséquent, nous concevons aussi le sentiment subjectif de manière multidimensionnelle :

« Le sentiment subjectif est considéré comme l'aspect conscient d'un processus reflétant les changements survenant de manière synchrone dans les différentes composantes, à savoir les aspects physiologiques, cognitifs, motivationnels et expressifs de l'émotions⁵²⁷».

Comme nous l'avons vu précédemment, la communication émotionnelle se compose d'un versant « non-verbalisé », que l'on nomme « l'expression linguistique de l'émotion » et qui s'appuie en partie sur les « expressions physiologiques » de l'individu, autrement dit des « signes sémiotiques » et « naturels⁵²⁸ » : par exemple « hausser les épaules ». Elle se compose aussi d'un versant « verbalisé » qui est exprimé notamment via les « verbes psychologiques⁵²⁹ » (approche sémantique). À titre d'exemple, dans le cadre de ses recherches d'optimisation du traitement automatique des émotions par l'ordinateur, Yvette Yannick Mathieu classe 390 verbes français d'après trois catégories qui expriment la valence à laquelle s'associe le verbe : « désagréables », « agréables », « neutre⁵³⁰ ». Des sous-catégories viennent compléter cette nomenclature. Ainsi parmi les verbes « désagréables » nous retrouvons les verbes qui sous-entendent la peur (« effrayer »), la tristesse (« attrister »), etc. tels que : « affoler, alarmer, angoisser, apeurer, effaroucher, épouvanter⁵³¹».

⁵²⁵ *Ibid.*, p. 19.

⁵²⁶ *Ibid.*, p. 264.

⁵²⁷ GLAUSER, Elise Dan, « Le sentiment subjectif. Intégration et représentation centrale consciente des composantes émotionnelles », dans David Sanders, Klaus R. Scherer (dirs.), *Op. Cit.*, p. 229.

⁵²⁸ PLANTIN, Christian. *Op. Cit.*, p. 57.

⁵²⁹ *Ibid.*, p. 46.

⁵³⁰ MATHIEU, Yvette Yannick, « Un classement sémantique des verbes psychologiques », *Cahiers du Centre Interlangues d'Étude en Lexicologie (C.I.E.L)*, vol. 9, 1996-1997, p. 117.

⁵³¹ *Ibid.*, p. 118.

L'émotion verbale peut être transmise - exprimée et puis, interprétée par autrui - de quatre manières différentes. D'abord, elle peut être « signifiée directement par un terme d'émotion [...] ou un synonyme⁵³²», par exemple : « je suis triste » ou encore « je suis anéantie ». L'émotion peut aussi être transmise dans une phrase de manière indirecte en étant la « dérivée d'une situation interprétée » : Emmanuel a perdu sa carte bleue ou Mathilde a eu un accident. Aussi, dans la citation suivante « Gautier a trouvé un producteur pour financer son film ! » ou « J'ai gagné la palme d'or ! », il existe le sous-entendu d'une émotion positive : la joie. Dans un troisième temps, l'émotion peut être « signifiée indirectement par une description des transformations physiques de l'expérienceur⁵³³ » : les cheveux de Fabien se sont dressés sur sa tête et Lucie a pleuré toutes les larmes de son corps. Enfin, l'émotion se fait comprendre en évoquant les comportements et actions des individus - Clemmie est partie « en claquant la porte⁵³⁴ » - et par le « type d'action » : ce week-end, Matteo et Paul se sont mariés.

Cette communication verbale dépend de deux registres différents :

- Le « langage émotionnel⁵³⁵ », « spontané », « imprévisible », « incontrôlé », qui apparaît soudainement dans un échange avec autrui et dans une situation contextuelle en particulier.

- Le « langage émotif », « intentionnel », « construit », « stratégique », qui souhaite partager volontairement une « information affective » afin « d'influencer l'interprétation d'autrui de certaines situations⁵³⁶⁵³⁷ ». Pour Christian Plantin, il est impossible de discerner le type de langage qu'adopte autrui, simplement parce qu'il peut parvenir à feindre « l'émotion vraie » dans un but stratégique.

⁵³² PLANTIN, Christian, *Op. Cit.*, p. 62.

⁵³³ *Ibidem.*

⁵³⁴ *Ibidem.*

⁵³⁵ *Ibid.*, p. 56.

⁵³⁶ *Ibidem.*

⁵³⁷ Lire les recherches de Claudia Caffi et Richard Janney sur le sujet, CAFFI Claudia, JANNEY Richard W., « Toward a pragmatics of emotive communication », *Journal of Pragmatics*, vol. 21, 1994, p. 325-373.

Pour finir, il est important de souligner que le sentiment subjectif relève dans bien des cas - en fonction du constructivisme culturel et des troubles émotionnels - d'une expérience représentant un « vécu pour lequel nous manquons de mots⁵³⁸ ». À ce titre, pour 5 à 15% de la population il est complexe de verbaliser, de différencier et d'identifier une émotion expérimentée par soi-même mais parfois aussi chez autrui⁵³⁹: ce handicap est nommé « alexithymie ».

3.2 – Approche taxonomique (catégorielle)

Une deuxième approche, taxonomique, consisterait à classer les sensations, comportements, sentiments, etc. en fonction des émotions auxquelles ils appartiennent. En d'autres mots, cette approche a pour objectif de produire une « signature de l'expression émotionnelle » - physiologique, comportementale, faciale, locutive, etc. - qui correspondrait à l'expression de chaque émotion. Cette signature de l'expression émotionnelle permettrait notamment aux concepteurs-artistes d'élaborer des contextes situationnels propices à l'émergence d'une émotion en particulier et de prévenir les émotions en les mesurant et les analysant sous leur forme taxonomique. Une telle chose semble pour l'instant compliquée, voire impossible au regard des soucis méthodologiques cités dans la partie I : notamment, il est difficile de distinguer les émotions entre elles (émotions mixtes, par exemple). Cependant, nous avons pu lire quelques tentatives qui abordent le phénomène de la réponse émotionnel d'un point de vue taxonomique, notamment chez Paul Ekman via sa recherche sur les expressions faciales et chez Simon Baron-Cohen⁵⁴⁰ d'après un corpus vidéo d'émotions actées. Si nous nous focalisons, par exemple, sur les quelques émotions de base qui, pour rappel, ont la particularité d'être universelles (universellement exprimées et reconnues), nous avons :

⁵³⁸ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *Op. Cit.*, p. 24.

⁵³⁹ LUMINET, Olivier. « Alexithymie, l'émotion indéchiffrable ». *Sciences Humaines*. Août-Septembre 2019. n°317. p. 40-41.

⁵⁴⁰ Il s'agit d'une bibliothèque composée d'états émotionnels actés par différents types de personnes (hommes, femmes, personnes âgées, jeunes et de cultures différentes). Des clips vidéo présentent des performances de l'émotion choisie, des clips audios s'intéressent à la prosodie de chaque émotion. BARON-COHEN, Simon, *Mind Reading: The Interactive Guide to Emotions 1.3.*, Jessica Kingsley Publishers, 2007, DVD-ROM/CD-ROM.

Tableau 57 : Approche taxonomique de la réponse émotionnelle

Émotions de base	Déclencheur	Expérience de l'émotion Signature spécifique de l'émotion (ou pattern)	
Peur	La peur peut provenir de la menace d'un préjudice qu'il soit physique, émotionnel ou psychologique, réel ou imaginaire ⁵⁴¹ .	Composante Physiologique	<p>« Peau pâle », transpiration, « respiration rapide », « cœur palpitant », « pouls bat », « estomac nauséux ou tendu », « vessie ou intestins se relâchent » « mains tremblent⁵⁴² » (dans le cas d'une peur-terreur).</p> <p>« Battements de cœur accélérés », « respiration superficielle », « lèvres tremblantes », « membres affaiblis », « chair de poule », « frémissements viscéraux⁵⁴³ ».</p> <p>Paralyse de l'appareil moteur volontaire, constriction du système vasomoteur (plus rapide et plus intense que la tristesse⁵⁴⁴).</p>
		Composante Comportementale et faciale	<p>Prosodie : ton aigu et tendu, cri⁵⁴⁵.</p> <p>Comportementale : « Figé », « immobilité », « posture de retrait »⁵⁴⁶ et « fuite ».</p> <div data-bbox="1002 952 1264 1137" style="text-align: center;"> </div> <p>Figure 58 : Expression de la peur⁵⁴⁷</p> <p>Faciale : « Pâleur du visage », « ouverture soudaine des yeux »⁵⁴⁸ « Sourcils levés et rapprochés », « rides du front au centre », « paupière supérieure est soulevé, exposant la sclérotique, et la paupière inférieure est tendue et tirée », « bouche ouverte et lèvres tendues et tirées en arrière »⁵⁴⁹. La peur varie en intensité de « l'appréhension » à « la terreur » et « le visage reflète ces différences⁵⁵⁰ ».</p>

⁵⁴¹ EKMAN, Paul, « What is fear », *Paul Ekman Group*, 2022a. [Site du groupe Paul Ekman], [https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-fear/]

⁵⁴² EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 48.

⁵⁴³ JAMES, William, « What is an emotion? », *Mind*, vol. 9, N°34, 1884, p. 193.

⁵⁴⁴ LANGE, Carl Georg, « The Emotions: A Psychophysiological Study », Dans Carl Georg Lange, William James (dirs.), *The emotions*, Baltimore, Knight Dunlap, 1922, vol. 1, p. 46.

⁵⁴⁵ EKMAN, Paul, *Op. Cit.*, 2002a.

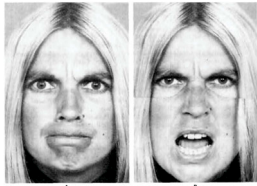
⁵⁴⁶ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 48.

⁵⁴⁷ *Ibid.*, p. 62.

⁵⁴⁸ DORTIER, Jean-François, « Les émotions en questions ? », dans Jean-François Dortier (dir.), *Op. Cit.*, p. 272.

⁵⁴⁹ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 63.

⁵⁵⁰ *Ibid.*, p. 55.

		Composante Locutive (verbale)	Affoler, alarmer, apeurer, épouvanter, glacer, horrifier, paniquer, etc. ⁵⁵¹
Colère	Injustice, trahison, abandon, rejet, colère d'autrui, autrui essaye de nous blesser ou blesser quelqu'un que nous aimons ⁵⁵² .	Composante Physiologique	Dilatation des vaisseaux sanguins (fins et gros) ⁵⁵³ , innervation accrue des muscles volontaires et impulsion en conséquence : mouvements rapides et énergiques (plus fort que la joie ⁵⁵⁴).
		Composante Comportementale et faciale	<p>Prosodie : cri, grondement ⁵⁵⁵</p>  <p>Figure 59 : Expression de la colère⁵⁵⁶</p> <p>Comportementale : « Attaque », « perte de contrôle »⁵⁵⁷.</p> <p>Faciale : « Les sourcils sont abaissés et rapprochés. Des lignes verticales apparaissent entre les sourcils ; La paupière inférieure est tendue et peut ou non être soulevée ; La paupière supérieure est tendue et peut ou non être abaissée par l'action du sourcil ; Les yeux ont un regard dur et peuvent avoir une apparence bombée ; Les lèvres sont dans l'une ou l'autre des deux positions de base : pressées fermement l'une contre l'autre, avec les coins droits ou vers le bas, ou ouvert, tendu dans une forme carrée comme si la personne criait ; Les narines peuvent être dilatées, mais cela n'est pas essentiel à l'expression faciale de la colère et peut également survenir dans la tristesse ; Il y a ambiguïté à moins que la colère ne soit enregistrée dans les trois zones du visage⁵⁵⁸ ».</p>
		Composante Locutive (verbale)	Enerver, excéder, etc. ⁵⁵⁹
	La joie peut provenir de quelque chose que l'on touche, goute,	Composante Physiologique	Dilatation des vaisseaux sanguins, innervation accrue des muscles volontaires et impulsion en conséquence (moins fort que la colère).

⁵⁵¹ MATHIEU, Yvette Yannick, *Op. Cit.*, p. 118.

⁵⁵² EKMAN, Paul, « What is anger », *Paul Ekman Group*, 2022b, [Site du groupe Paul Ekman], [<https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-anger/>]

⁵⁵³ LANGE, Carl Georg, « The Emotions: A Psychophysiological Study », *Op. Cit.*, p. 50.

⁵⁵⁴ *Ibid.*, p. 51.


⁵⁵⁵ EKMAN, Paul, *Op. Cit.*, 2022b.

⁵⁵⁶ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 96.

⁵⁵⁷ *Ibid.*, p. 78.

⁵⁵⁸ *Ibid.*, p. 65-67.

⁵⁵⁹ MATHIEU, Yvette Yannick, *Op. Cit.*, p. 120.

<p>Joie</p>	<p>sent, voit, entend, notamment lorsque l'on est le témoin ou que l'on participe à des actes de gentillesse, de compassion, d'humour, de réussites, de beau ; du fait de se sentir « connecté » à soi-même, autrui, la nature, une cause, etc.⁵⁶⁰</p>	<p>Composante Comportementale et faciale</p> <p>Composante Locutive (verbale)</p>	<p>Prosodie : cri de joie, rire, exclamation⁵⁶¹. Comportementale : relâchement, tonique.⁵⁶²</p>  <p>Figure 60 : Expression de la joie</p> <p>Faciale : « Les coins des lèvres sont tirés en arrière et en haut ; La bouche peut être entrouverte ou non, avec des dents exposées ou non ; Une ride (le sillon naso-labial) descend du nez jusqu'au bord externe au-delà des coins des lèvres ; Les joues sont relevées ; La paupière inférieure présente des rides en dessous et peut être surélevée mais pas tendue ; Les rides de la patte d'oie partent des coins externes des yeux vers l'extérieur⁵⁶³ ».</p> <p>Rire, amuser, épanouir, etc.</p>
<p>Tristesse</p>	<p>La peur peut provenir de la perte (rejet, déception, mort) de quelqu'un ou quelque chose d'important⁵⁶⁴.</p>	<p>Composante Physiologique</p> <p>Composante Comportementale et faciale</p>	<p>Inhibition ou paralysie de l'appareil moteur volontaire (moins forte que celle provoquée par la peur⁵⁶⁵), constriction du système vasomoteur⁵⁶⁶.</p> <p>Prosodie : « Dans la tristesse la souffrance est tue. Vous ne pleurez pas à haute voix mais supportez plus silencieusement votre détresse »⁵⁶⁷ ; « La voix est faible et ténue, en raison de l'activité affaiblie des voies expiratoires et des muscles laryngés⁵⁶⁸ » ; « hauteur plus basse, voix plus douce, ou plus haut et plus fort en volume » (dépend du niveau de tristesse)⁵⁶⁹.</p> <p>Comportementale : « membres immobilisés et passifs », « visage pâle », « muscles flasques », « paupières tombent », « la tête pend sur la poitrine »</p>

⁵⁶⁰ *Ibidem*.

⁵⁶¹ EKMAN, Paul. « What is enjoyment ». *Paul Ekman Group*. 2022c, [Site du groupe Paul Ekman], [https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-enjoyment/]

⁵⁶² *Ibidem*.

⁵⁶³ *Ibid.*, p. 112.

⁵⁶⁴ EKMAN, Paul, « What is sadness », *Paul Ekman Group*, 2022d, [Site du groupe Paul Ekman], [https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-sadness/]

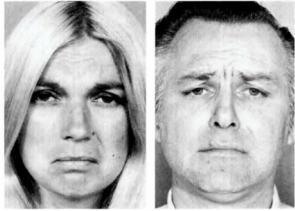

⁵⁶⁵ LANGE, Carl Georg, « The Emotions: A Psychophysiological Study », *Op. Cit.*, p. 40.

⁵⁶⁶ *Ibid.*, p. 41

⁵⁶⁷ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 114.

⁵⁶⁸ LANGE, Carl Georg, « The Emotions: A Psychophysiological Study », *Op. Cit.*, p. 41.

⁵⁶⁹ EKMAN, Paul, *Op. Cit.*, 2022d.

		<p>Contractée », « les lèvres, les joues et la mâchoire inférieure s'enfoncent tous sous leur propre poids⁵⁷⁰».</p>	<p>contractée », « les lèvres, les joues et la mâchoire inférieure s'enfoncent tous sous leur propre poids⁵⁷⁰».</p>  <p>Figure 61 : Expression de la tristesse⁵⁷¹</p> <p>Faciale : “Les coins internes des sourcils sont tirés vers le haut ; La peau sous le sourcil forme un triangle, avec le coin interne allant vers le haut ; Le coin interne de la paupière supérieure est surélevé ; Les commissures des lèvres sont baissées ou la lèvre tremble »⁵⁷².</p> <p>Composante Locutive (verbale) Affecter, bouleverser, chambouler, émouvoir, remuer, toucher, troubler, etc.⁵⁷³</p>
<p>Dégoût</p>	<p>Aversion vis-à-vis de quelque chose que l'on « voit, sent, touche, entend, goute », par les comportements ou l'apparence d'autrui, par des idées⁵⁷⁴.</p>	<p>Composante Physiologique</p> <p>Composante Comportementale et faciale</p>	<p>Répulsion dans la bouche, gorge ou estomac, nausées et répulsions physiques (vomissements)⁵⁷⁵.</p> <p>Prosodie : « beurk », « étouffement »⁵⁷⁶.</p> <p>Comportementale : se détourner de la source de dégoût⁵⁷⁷.</p>  <p>Figure 62 : Expression du dégoût</p> <p>Faciale : “ La lèvre supérieure est relevée ; La lèvre inférieure est également relevée et poussée jusqu'à la lèvre supérieure, ou alors elle est abaissée et légèrement saillante ; Le nez est ridé ; Les joues sont relevées ; Des lignes</p>

⁵⁷⁰ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 114.

⁵⁷¹ *Ibid.*, p. 127.

⁵⁷² *Ibid.*, p. 126.


⁵⁷³ MATHIEU, Yvette Yannick, *Op. Cit.*, p. 118.

⁵⁷⁴ EKMAN, Paul, « What is disgust », *Paul Ekman Group*, 2022e, [Site du groupe Paul Ekman], [<https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-disgust/>]

⁵⁷⁵ EKMAN, Paul, *Op. Cit.*, 2022e.

⁵⁷⁶ *Ibidem.*

⁵⁷⁷ *Ibidem.*

			apparaissent sous la paupière inférieure et la paupière est relevée mais pas tendue ; Le front est abaissé, abaissant ainsi la paupière supérieure ⁵⁷⁸ ».
		Composante Locutive (verbale)	Écoeurer, débecter, repousser, révolser, rebuter, etc.
Surprise	La surprise peut survenir quand nous rencontrons des sons et des mouvements soudains et inattendus ⁵⁷⁹ .	Composante Physiologique	« Cœur s'arrête de battre et nous reprenons notre souffle instantanément avant qu'une idée articulée de danger ne puisse surgir ⁵⁸⁰ ».
		Composante Comportementale et faciale	<p>Prosodie : bref halètement⁵⁸¹.</p> <p>Comportementale : protéger son visage ou s'éloigner de l'objet surprenant.⁵⁸²</p>  <p>Faciale : « Les sourcils sont relevés, de sorte qu'ils sont courbés et hauts [the surprise brow] » ; - La peau sous les sourcils est étirée ; Des rides horizontales traversent le front ; - Les paupières sont ouvertes : la paupière supérieure est relevée et la paupière inférieure abaissée ; le blanc de l'œil - la sclérotique - apparaît au-dessus de l'iris, et souvent aussi en dessous ; - La mâchoire s'ouvre pour que les lèvres et les dents soient écartées, mais il n'y a pas de tension ou d'étirement de la bouche⁵⁸⁴ ».</p>
		Composante Locutive (verbale)	Epoustoufler, éblouir, assoir, frapper, interloquer, méduser, scier, sidérer, stupéfier, etc. ⁵⁸⁵

⁵⁷⁸ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 76.

⁵⁷⁹ EKMAN, Paul, « What is surprise », *Paul Ekman Group*, 2022f, [Site du groupe Paul Ekman], [<https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-surprise/>]

⁵⁸⁰ JAMES, William, *Op. Cit.*, p. 196.

⁵⁸¹ *Ibidem*.

⁵⁸² *Ibidem*.

⁵⁸³ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 42.

⁵⁸⁴ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 45.

⁵⁸⁵ MATHIEU, Yvette Yannick, *Op. Cit.*, p. 118.

L'approche taxonomique constituerait un bon moyen d'envisager le dialogue émotionnel avec une expérience artistique si les études sur le sujet venaient à se perfectionner. Pour l'instant, l'approche taxonomique (ou catégorielle) est probablement incomplète - pour certains auteurs elle intégrerait d'autres états émotionnels comme « la honte, la culpabilité, l'envie, la fierté, le regret [...] l'émotion esthétique ou les états mystiques »⁵⁸⁶ - et certaines émotions de base, par exemple le dégoût et la surprise, sont aussi contestées⁵⁸⁷⁵⁸⁸. En effet, il n'existe pas actuellement de consensus scientifique autour du nombre des émotions de base. Paul Ekman lui-même a poursuivi ses recherches en ce sens. En 2009, il fait état de sept émotions universelles : aux six précédemment étudiées s'ajoute le « mépris⁵⁸⁹ ». Aussi, les expressions émotionnelles peuvent se combiner entre elles (*blend* ou émotions mixtes), ce qui en complexifie la mesure et l'analyse (encore plus en temps réel) dans le cadre d'une expérience artistique, la peur avec la surprise, la tristesse, la colère ou encore le dégoût⁵⁹⁰ ; le dégoût avec la colère, la surprise, la peur, la tristesse et la joie⁵⁹¹ compliquant donc leur lecture⁵⁹². La question du mélange est tout autant problématique à notre sens, que la question de la durée des expressions émotionnelles qui sont très courtes et peuvent ainsi tromper sur l'émotion qui est actée, comme nous l'indique Paul Ekman à propos de la surprise.

⁵⁸⁶ DORTIER, Jean-François, « Les émotions en questions ? », dans Jean-François Dortier (dir.), *Op. Cit.*, p. 272.

⁵⁸⁷ IZARD, Carroll E., « Forms and functions of emotions: Matters of emotion-cognition interactions », *Emotion Review*, vol. 3, 2011, p. 371-378.

⁵⁸⁸ PANKSEPP Jaak,, WATT Douglas, « What is basic about basic emotions? Lasting lessons from affective neuroscience », *Emotion Review*, vol. 3, 2011, p. 1-10.

⁵⁸⁹ MATSUMOTO David, EKMAN Paul, « Basic emotions », dans David Sander, Klaus R. Scherer (dirs.), *The Oxford companion to emotion and the affective sciences*, New-York, Oxford University Press, 2009, p. 69-73.

⁵⁹⁰ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 60.

⁵⁹¹ *Ibid.*, p. 68.

⁵⁹² « La plupart d'entre nous, cependant, sont plus familiers avec l'apparition de la surprise en combinaison avec des éléments d'une seconde émotion. Ainsi, les yeux grands ouverts de la surprise peuvent durer un instant, alors qu'un sourire s'étend sur le bas du visage. Ou le front levé de surprise peut apparaître momentanément avec la bouche étirée de la peur », *Ibid.*, p. 36.



Figure 64 : Victor Pivert (Louis de Funès) est surpris lorsque Salomon (Henri Guybet) lui apprend qu'il est juif, dans *Les aventures de Rabbi Jacob*, Gérard Oury, 1973, film

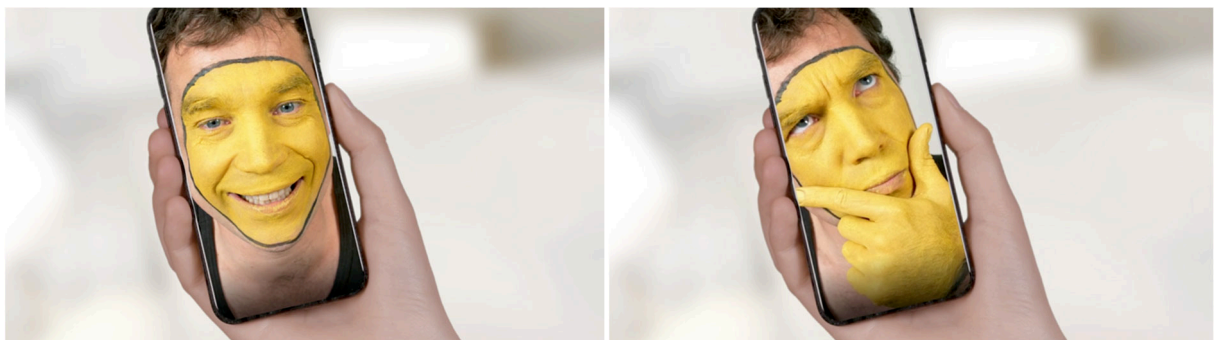


Figure 65 : L'expérience *Emoji is all that we have*, Studio Moniker, 2020 (court métrage), réfléchit aux dialogues émotionnels numériques en période de confinement (pandémie Covid 19). Elle présente ainsi une série d'expressions faciales qui sont inspirées des emojis de réseaux sociaux

L'expression de la surprise est « la plus rapide⁵⁹³ » des expressions, si bien que « lorsque le sourcil est maintenu en place pendant quelques secondes ou plus, il s'agira d'un emblème qui signifie le doute ou le questionnement [...] souvent montré par une personne qui écoute ce que quelqu'un dit ; il enregistre sans mots une question ou un doute sur ce qui est dit⁵⁹⁴ ». La rapidité de l'expression émotionnelle et plus généralement de la durée (*timing*) de l'émotion - combien de temps dure une émotion ? - peut aussi poser problème à un niveau méthodologique, puisqu'elle rend difficile la mesure de l'émotion. Elle peut avoir pour

⁵⁹³ *Ibid.*, p. 34.

⁵⁹⁴ *Ibid.*, p. 37-39.

conséquence de « mesurer au mauvais moment et rater l'émotion » ou de « faire des moyennes sur des périodes de mesures trop longues qui peuvent inclure un nombre d'émotions différentes, ainsi que des périodes sans émotion⁵⁹⁵ ». De manière générale, concernant la recherche de patrons physiologiques, il n'existe pas assez de preuves empiriques⁵⁹⁶ pouvant vérifier cette hypothèse, même s'il a été démontré que le système nerveux autonome permettait différents modèles d'activation, il n'a pas été démontré de manière fiable, leur lien avec les différentes émotions⁵⁹⁷⁵⁹⁸. Aussi, de nombreux biais ont été mis en évidence tels que les problématiques liées au contexte situationnel survenant lors de l'induction d'une émotion : il faudrait prendre en compte les différences contextuelles dans le cadre de l'analyse, ainsi que les différences inter-individuelles puisqu'il « n'y a pas de stimulus qui produira la même émotion, dans tous les sujets, à tout moment⁵⁹⁹ ». Il faudrait aussi pouvoir déterminer de manière indépendante l'émotion qui a été déclenchée, ainsi qu'examiner « l'intensité des émotions⁶⁰⁰ », c'est-à-dire compléter l'approche catégorielle (taxonomique) avec une dimension d'activation⁶⁰¹ (approche dimensionnelle).

3.3 – Approche taxonomique-dimensionnelle

⁵⁹⁵ LEVENSON, Robert W., « Emotion and the autonomic nervous system: A prospectus for research on autonomic specificity », dans H. L. Wagner (dir.), *Social psychophysiology and emotions: Theory and clinical applications*, Chichester, John Wiley & Sons, 1988, p. 30.

⁵⁹⁶ « [...] Je crois qu'il existe maintenant de nombreuses preuves que le SNA est capable d'un certain nombre de modèles d'activation différents. Que ces modèles soient associés de manière fiable à différentes émotions reste une question empirique, mais le potentiel est sûrement là », *Ibid.*, p. 19.

⁵⁹⁷ *Ibidem*.

⁵⁹⁸ Néanmoins Paul Ekman et *alii* proposent une première preuve de « différences du système autonome entre quatre émotions négatives (le dégoût et la colère se distinguant l'un de l'autre et de la peur ou de la tristesse dans la tâche d'action faciale dirigée ; la tristesse se distinguant du dégoût, de la colère ou de la peur dans la tâche de l'émotion revécue) ainsi que des distinctions générales entre les émotions positives et négatives dans les deux tâches ». EKMAN Paul, LEVENSON Robert W., FRIESEN Wallace V., « Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions », *Science*, vol. 221, n°4616, 1983, p. 1210.

⁵⁹⁹ LEVENSON, Robert W., *Op. Cit.*, p. 34.

⁶⁰⁰ LEVENSON, Robert W., *Op. Cit.*, p. 22.

⁶⁰¹ La joie varie en intensité et en types : 1. Plaisir-joie ; 2. excitation-joie ; 3. soulagement-joie et 4. Joie, qui sont autant de « chemins menant au bonheur ». EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 100-101.

Puisque nous avons jugé l'approche taxonomique imparfaite dans le cadre de la création artistique, nous avons souhaité réfléchir à un modèle plus complet pour penser les réponses émotionnelles. En conséquence, notre troisième approche nous est inspirée au croisement des méthodes catégorielles et dimensionnelles, dans l'objectif de permettre aux concepteurs-artistes de penser et concevoir lors de la phase de création, des expériences I² émotionnelles. Sur la base de ce tableau, un concepteur-artiste peut par exemple, vouloir créer un contexte de peur en sachant que l'individu aura plus de difficultés à se contrôler dans ce type d'environnements et donc *a priori*, d'avoir une moindre facilité de maîtrise de son activité émotionnelle (cardiaque, par exemple). Nous résumons ci-dessous la valence, l'activation et la dominance présumées des émotions de base :

Tableau 66 : Approche taxonomique-dimensionnelle

Émotions de base	Valence ⁶⁰² (Aspect qualitatif)	Activation-Désactivation (arousal ; Aspect quantitatif : intensité)	Dominance (se sentir contrôler ou se sentir en contrôle)
Peur	Négative / Déplaisante	Intensité +++	Faible
Colère	Négative / Déplaisante	Intensité ++	Forte, mais « perte de contrôle ⁶⁰³ »
Joie	Positive / Plaisante	Intensité +	Forte
Tristesse	Négative / Déplaisante	Intensité ⁶⁰⁴ -	Faible
Dégoût	Négative / Déplaisante	Intensité +	Moyenne

⁶⁰² Sur la joie : « En comparaison la peur, de la colère, du dégoût et de la tristesse sont des émotions négatives que la plupart des individus n'apprécient pas », EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., *Op. Cit.*, 2003, p. 99.

⁶⁰³ « Une partie de l'expérience de la colère est le risque de perdre le contrôle », *Ibid.*, p. 78.

⁶⁰⁴ « La souffrance de la tristesse peut être extrême, mais dans cette extrémité elle est plus tolérable que la souffrance liée à la peur. Vous pouvez endurer la tristesse sur de très longues périodes de temps et survivre », *Ibid.*, p. 114.

Surprise	Négative ou Positive	Intensité +++++, mais très brève ⁶⁰⁵ .	Moyenne
----------	----------------------	---	---------

Légende : quand l'activation est faible elle est signifiée par un « - » (le maximum étant quatre « - ») ; quand l'activation est forte, elle est signifiée par un « + » (le maximum étant quatre « + »). Dans le schéma circomplexe de Feldman-Barrett et Russell (1998), il n'y a évidemment pas d'intensité neutre.

Notre tableau est composé de trois dimensions, la valence (*Pleasure*) positive-négative ou agréable-désagréable, l'activation (*Arousal*) qui caractérise l'émotion selon son intensité (+/-) et la dominance, même si cette dernière dimension est moins acceptée par la communauté scientifique (pour une revue totale sur le sujet, voir le papier de Iris Bakker et alii⁶⁰⁶). Nous la prenons en compte, car elle a son intérêt pour la recherche et création d'applications et d'œuvres d'art en réalité virtuelle et sera notamment traitée dans le cadre du Chapitre 6 qui porte sur la régulation émotionnelle.

Le modèle PAD (*Pleasure-Arousal-Dominance*) place les émotions dans un espace continu (agréable-désagréable, par exemple). Il a été inauguré en 1974⁶⁰⁷ par Albert Mehrabian et James A. Russell à la suite des recherches de Osgood et alii (1957⁶⁰⁸; *Evaluation-Activity-Potency*). Pour Albert Mehrabian et James A. Russell, la dominance y indique un sentiment de contrôle (ou non) et des restrictions de comportement de l'individu dans son environnement, « causées par des barrières physiques ou sociales⁶⁰⁹⁶¹⁰ ». Notre colonne dédiée à l'activation-

⁶⁰⁵ La surprise est placée au sommet du modèle dimensionnel Feldman-Barrett et Russell car elle est soit positive, soit négative (valence) et très intense. FELDMAN-BARRETT Lisa, RUSSELL James A., « Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: dissecting the elephant », *Journal of personality and social psychology*, vol. 76, 1999, p. 808. Elle est « positive » (plutôt agréable) dans l'espace émotionnel de Sven Buechel et Udo Hanh.

⁶⁰⁶ BAKER Iris, VAN DER VOORDT Theo, VINK Peter, DE BOON Jan, « Pleasure, Arousal, Dominance: Mehrabian and Russell revisited », *Current Psychology*, vol. 33, Octobre 2014, p. 405-421.

⁶⁰⁷ MEHRABIAN Albert, RUSSELL James A., *An approach to environmental psychology*, Cambridge, MIT Press, 1974.

⁶⁰⁸ OSGOOD Charles E., SUCI George J., TANNENBAUM Percy H., *The measurement of meaning*, Urbana, Chicago et Londres, University of Illinois Press, 1957.

⁶⁰⁹ BAKER Iris, VAN DER VOORDT Theo, VINK Peter, DE BOON Jan, *Op. Cit.*, p. 410.

⁶¹⁰ Deux questionnaires approfondissent les dimensions de valence, d'activation et la dominance : le PAD et la « Self-Assessment Manikin Scale » (ou SAM, 1994) de Margaret Bradley et Peter J. Lang, BRADLEY Margaret M., LANG Peter J., « Measuring emotion: The self-Assessment Manikin and the semantic differential », *Journal of Behavioral Therapy & Experimental Psychiatry*, vol. 25, 1994, p. 49-59.

désactivation s'inspire donc des recherches autour du modèle circomplexe qui est repris par Lisa Feldman-Barrett et James Russell (1998-1999⁶¹¹) : la ligne horizontale présente la valence et la ligne verticale présente l'intensité des différents affects.

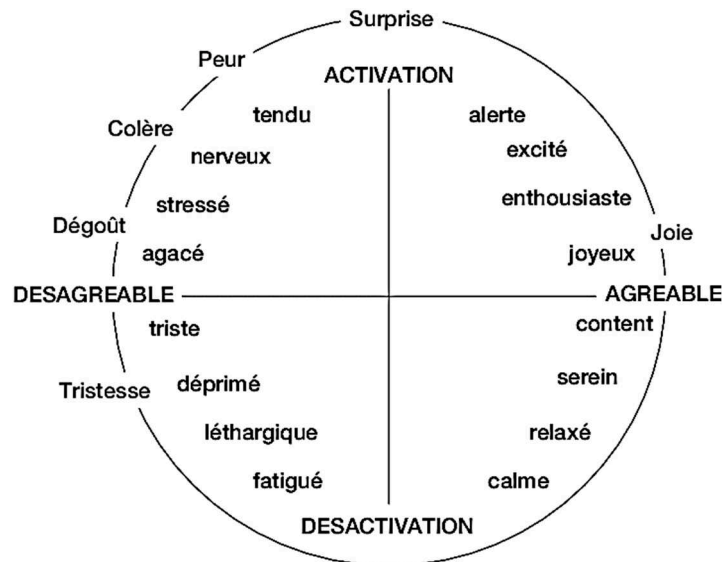


Figure 67 : Modèle circomplexe de James Russell et Lisa Feldman-Barret (1999) sur deux dimensions (valence et activation), avec intégration d'émotions de base (cercle extérieur)

La colonne dédiée à la dimension de « dominance » s'appuie notamment sur les recherches de Sven Buechel et Udo Hanh⁶¹² qui replacent les émotions de base dans l'espace émotionnel de Albert Mehrabian et James Russell⁶¹³ (*le VAD* ici). Dans leur approche, la surprise est considérée comme une émotion plutôt positive (agréable).

⁶¹¹ RUSSELL James, FELDMAN-BARRETT Lisa, *Op. Cit.*, p. 808.

⁶¹² BUECHEL Sven, HANH Udo, « Emotion Analysis as a Regression Problem-Dimensional Models and Their Implications on Emotion Representation and Metrical Evaluation ». dans Gal. A. Kaminka, Maria Fox, Paolo Bouquet, Eyke Hüllermeier, Birginia Dignum, Frank van Harmelen, *ECAI 2016 : Proceedings of the Twenty-second European Conference on Artificial Intelligence*, La Hague, Août 2016, p. 1115.

⁶¹³ RUSSEL James A., MEHRABIAN Albert, « Evidence for a three-factor theory of emotions », *Journal of Research in Personality*, vol. 11, 1977, p. 273-294.

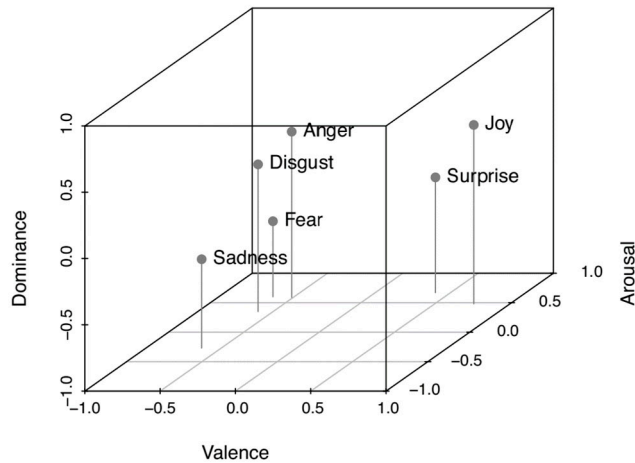


Figure 68 : Positionnement des six émotions de base de Paul Ekman, dans l'espace émotionnel du modèle VAD d'après Sven Buechel et Udo Hanh

4. Conclusion

- La séquence émotionnelle se constitue de plusieurs composantes qui sont cognitives, subjectives, expressives, physiologiques et motivationnelles.

- Dans le cadre de notre recherche qui porte sur la création artistique et les modèles d'immersion et d'interaction émotionnelles, la séquence émotionnelle est simplifiée pour accueillir trois grands paramètres : (1) l'éveil émotionnel, (2) l'évaluation cognitive et (3) les expressions émotionnelles qui se subdivisent en trois sous-catégories, (3.1) les expressions physiologiques, (3.2) les expressions comportementales, faciales et la prosodie, ainsi que (3.3) les expressions subjectives (verbales).

- Les trois formes d'expressions émotionnelles sont des formes mesurables et analysables et donc potentiellement interactives dans le cadre d'une expérience (nous approfondissons cela au chapitre suivant).

- L'éveil émotionnel peut être engendré par l'utilisation de déclencheurs naturels ou appris (stimulus). À une échelle plus large (stimuli), un contexte situationnel peut être constitué de déclencheurs artificiels (conçus par l'humain), c'est le cas de la salle de cinéma par exemple qui a pour vocation de provoquer des émotions. Le concepteur-artiste peut concevoir des

contextes situationnels virtuels « pseudo-réalistes » ou « irréalistes » qui provoqueront l'émotion.

- L'évaluation cognitive traite l'information provenant du contexte situationnel, en cascade, selon les critères de nouveauté, de valence, des buts et besoins, la maîtrise que l'individu peut avoir sur la situation (ou contrôle ou *Coping*), les normes sociales et les standards personnels auquel il appartient. Tous ces facteurs sont plus ou moins maîtrisables par les concepteurs-artistes durant la phase de création, en amont de l'expérience.

- Les dilemmes moraux et les biais à l'usage démontrent bien que les émotions ont un rôle (vicariant) à jouer dans la prise de décision.

- Les expressions émotionnelles ont une fonction qui est celle de communiquer et de s'adapter à autrui et plus largement au corps social. Elles ont un fonctionnement biologique (résonance affective) et un fonctionnement constructiviste qui opère via les règles ou normes d'expressions, qui se subdivisent en deux catégories : les règles culturelles de l'émotion et les règles professionnelles de l'émotion.

- L'émotion qui est un mécanisme majoritairement inconscient et « publique ». Elle se distingue donc des sentiments qui sont « privés » et impliquent nécessairement une prise de conscience, qui selon J. Ledoux opérerait via la mémoire de travail : « la capacité à avoir des sentiments est directement liée à celle d'être conscient de soi et de sa relation au reste du monde »⁶¹⁴.

- Les concepteurs-artistes peuvent envisager leur expériences émotionnelles (I²) en amont de la création via les modèles taxonomiques et taxonomiques-dimensionnels, en aval via les modèles dimensionnels (biofeedback). Le chapitre suivant explicite justement la question des mesures et des analyses dans le cadre d'œuvres avec I² émotionnelles.

⁶¹⁴ LEDOUX, Joseph, *Op. Cit.*, p. 124.

Mesures et Analyses des émotions

Introduction

Pour exploiter techniquement et artistiquement les composantes expressives des émotions, celles-ci doivent traverser trois étapes majeures. Une première étape, de mesure, consiste à prélever méthodologiquement à l'endroit désiré un signal physiologique, comportemental, faciale, vocal ou subjectif. Une deuxième étape, d'analyse, repose sur le traitement logiciel des signaux mesurés, selon des paramètres choisis durant la phase de création (en amont de l'expérience) par le concepteur-artiste. Enfin, une dernière étape, d'interprétation, repose sur l'exploitation artistique des signaux analysés, selon des paramètres esthétiques, narratifs et fonctionnels⁶¹⁵. Dans le cadre d'une œuvre utilisant des boucles de rétroaction médiées (biofeedback), les réponses émotionnelles mesurées modifient aussi le contexte situationnel artistique (voire le chapitre 6).



Figure 69 : Étapes de la création artistique dans le cadre d'1² émotionnelles avec ou sans biofeedback (dessin de l'auteure)

⁶¹⁵ Les paramètres fonctionnels sont opérant dans le cadre d'une activité vidéoludique ou de réalité virtuelle.

Dans ce chapitre, ne seront donc traitées que les interfaces qui permettent la mesure et l'analyse des expressions émotionnelles humaines et non les dispositifs permettant d'induire des émotions (interfaces sensorielles). Notre analyse s'effectue à partir des nomenclatures élaborées au chapitre précédent sur la réponse émotionnelle et plus en détail, sur les versants expressifs physiologiques, comportementaux, faciaux et vocaux, ainsi que du sentiment subjectif. Une mesure sera dite « invasive » quand un capteur pénètre l'intérieur du corps humain pour en prélever une donnée et « non-invasive » quand celui-ci se situe à la surface du corps⁶¹⁶. Pour chaque versant expressif, il existe une quantité de dispositifs et de méthodologies de mesure et d'analyses possibles, que nous développons ci-après et qui peuvent être utilisées ou inspirantes dans le cadre de la création artistique. La liste que nous produisons sera néanmoins non-exhaustive pour deux raisons :

- D'abord, toutes les méthodologies et dispositifs bien que employés dans la sphère scientifique, n'appartiennent pas *a priori* au cadre artistique. Nous nous dispenserons par exemple de citer la gazométrie artérielle qui mesure les gaz O₂ et CO₂ dans le sang via une ponction du sang dans l'artère⁶¹⁷.

- Aussi, il est certain que les interfaces I² émotionnelles s'inspirent des technologies développées dans le champ du médical. Toutefois, le cadre artistique est plus souple à l'égard des méthodes scientifiques de mesure et d'analyse, dont la rigueur provient habituellement du besoin de standardisation des résultats. Dès lors, les conditions de mesure et d'analyse ne se bornent qu'aux limites de l'imaginaire des concepteurs-artistes. Par conséquent, il existe autant de paramètres exploitables des signaux émotionnels, qu'il existe d'œuvres interactive et immersive basés sur ce mode⁶¹⁸. Néanmoins, les méthodologies scientifiques, comme les

⁶¹⁶ Les stimuli émotionnels « bénéficient d'un traitement cérébral accru, lequel se trouve largement distribué entre les régions sous-corticales comme l'amygdale, les régions sensorielles primaires et associatives, les aires pariétales et préfrontales » qui nécessitent donc un « traitement en profondeur » (méthode invasive). GRANDJEAN Didier, SANDER David, POURTOIS Gilles, SCHWARTZ Sophie, SEGHER MOHAMED L., SCHERER Klaus R., VUILLEUMIER Patrik, « The voices of wrath : brain responses to angry prosody in meaningless speech », *Nature Neuroscience*, vol. 8, 2005, p. 145-146.

⁶¹⁷ Définition du *Larousse Médical*, Publié -, consulté le 19 Mars 2019, [https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/examen_des_gaz_du_sang/13280]

⁶¹⁸ Certaines œuvres sont soutenues par des recherches scientifiques, comme *Deep* de Marieke Van Rooij, Adam Lobel, Owen Harris, Niki Smit, Isabela Granic, 2016 (expérience de réalité virtuelle).

dispositifs, peuvent aiguiller et inspirer les concepteurs-artistes et les adeptes de la recherche-création (surtout si celle-ci s'effectue au croisement de l'art et des sciences).

Dans ce chapitre, nous présentons les mesures et les analyses de manière séparée, il est toutefois important d'affirmer que celles-ci peuvent ˆtre combinées et produire des enregistrements et analyses multicanaux : un électromyogramme avec un électroencéphalogramme ou un électroencéphalogramme avec un questionnaire, le « calendrier des affects positifs et négatifs » (ou PANAS, *Positive Affect and Negative Affect Schedule*), par exemple. Ces mesures et analyses multicanaux ont pour résultat de préciser le résultat recherch e (cadre scientifique) ou d'améliorer, multiplier, la dimension immersive et interactive de l'œuvre (cadre artistique). Ainsi, l'expérience pourrait théoriquement répondre au participant sur le mode cardio-vasculaire, en transformant par exemple les ambiances colorimétriques en fonction de l'amplitude du pouls, tout en déclenchant des  v enements lorsque l'individu porte son attention sur un élément de l'environnement ( lectroenc ephalogramme ou oculométrie).

1. Dispositifs de mesures physiologiques

La composante émotionnelle-physiologique est mesurée par de nombreux dispositifs et méthodes qui explorent différents systèmes ou organes du corps humain : neuronal-c erebral (cerveau), cardio-vasculaire (c oeur), respiratoire (poumon), dermale (peau), digestif (ésophage, estomac, intestins, etc.⁶¹⁹), sexuels, etc. Les mesures les plus utilisées dans le cadre de la création artistique sont les mesures respiratoires, les mesures cardio-vasculaires et les mesures de l'activité électrique du cerveau. Dans le cadre de la création, les mesures électrodermales et les mesures de la température sont moins fréquentes, mais il n'est pas impossible d'en observer puisque les dispositifs et pratiques associées sont plutôt accessibles (*wearables*), notamment les montres ou bracelets connectées et caméras thermiques. *A priori*, les raisons qui motivent un tel choix de capteurs sont le prix (peu cher sur le marché), la praticité (techniques ambulatoires et non invasives) et la qualité du signal ( lectrique pour la plupart et donc interfa able et analysable par ordinateur). Chaque sous-partie propose en ce sens, l'étude d'une ou plusieurs œuvres correspondantes à un type de mesure ou d'analyse.

⁶¹⁹ Notre « deuxième cerveau », autrement nomm e système nerveux enterique.

1.1 – Le système neuronal-cérébral

1.1.1 – Électroencéphalogramme, méthode des potentiels évoqués...

Le système neuronal-cérébral est mesuré par des électroencéphalogrammes (EEG) dont la fonction est d'enregistrer grâce à des électrodes disposés de manière régulière à la surface du scalp⁶²⁰, l'activité électrique des neurones « générée par le fonctionnement neuronal cérébral⁶²¹» (autrement nommée la dynamique spatio-temporelle). Elle est aussi mesurée par des dispositifs de magnétoencéphalographie (MEG), qui enregistrent « les champs magnétiques cérébraux⁶²²». Cette technique est plus précise que les EEG car elle bénéficie d'une « meilleure résolution spatiale⁶²³» mais cette haute résolution s'effectue au dépend de son envergure - elle est donc peu « ambulatoire⁶²⁴» - et de son prix qui est élevé en coût initial et aussi en coût d'entretien, puisqu'il faut remplacer l'hélium liquide qui sert de refroidisseur aux supraconducteurs de la machine. L'activité du système neuronal peut aussi être enregistrée par des dispositifs d'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) Fonctionnelle cérébral (IRMf) qui mesurent la saturation en oxygène dans le sang : « une activation d'une zone du cerveau entraîne le transport de plus de sang oxygéné vers cette zone [...] Ce changement de signal est représenté par la partie du cerveau « allumée » dans une image IRMf⁶²⁵».

⁶²⁰ Le positionnement des électrodes doit suivre des « règles standardisées », par exemple « le système international 10-20 » de Herbert H. Jasper (1958), afin de garantir que la « méthode est reproductible et permet ainsi une comparaison des mesures interindividus ou d'un même sujet enregistré plusieurs fois ». CAMPAGNE Aurélie, VERCUEIL Laurent, « Electroencéphalographie », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Electrophysiologie de la cognition*, Paris, Dunod, 2013, p. 30.

⁶²¹ *Ibid.*, p. 21.

⁶²² D'HONT Fabien, SEQUEIRA Henrique, « La magnétoencéphalographie dans l'étude de la cognition », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Op. Cit.*, p.101.

⁶²³ *Ibidem.*

⁶²⁴ *Ibid.*, p. 103.

⁶²⁵ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, « Capturing emotion reactivity through physiology measurement as a foundation for affective engineering in engineering design science and engineering practice », *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 28, 2015, p. 1596.

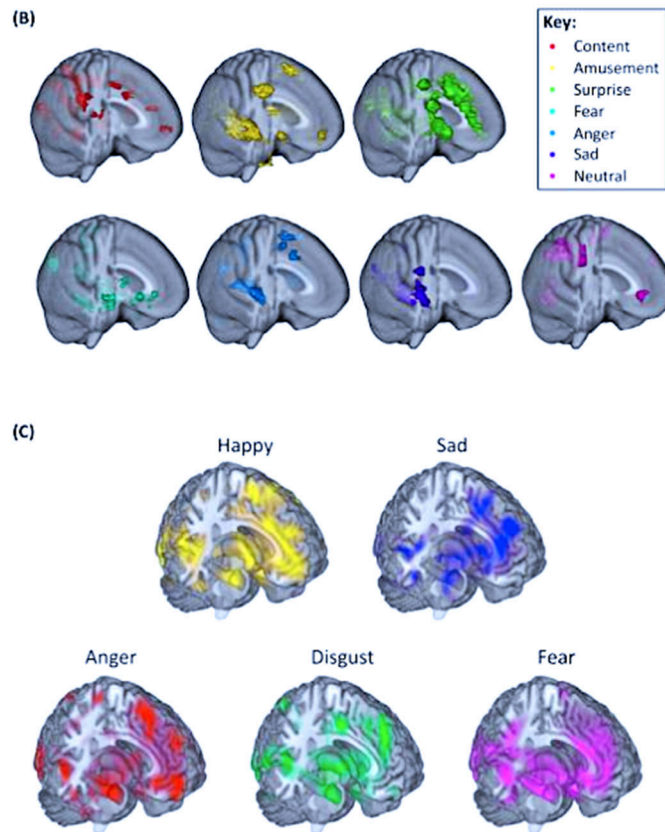


Figure 70 : IRMf des états émotionnels évoqués à partir d'extraits de musiques et de films d'après Philip A. Kragel et Kevin S. LaBar (2016⁶²⁶)

Elle peut aussi être mesurée par des techniques de Tomographie par Émission de Positons (TEP ou *Pet scan*, utilisé par exemple dans la détection des tumeurs cancéreuses et métastases), qui recourent à des « traceurs radioactifs » (souvent de « l'eau chargée en oxygène 15^{627} ») injectés en intraveineuse dans l'objectif de produire « des images tomographiques et de haute résolution spatiale de l'ensemble du cerveau⁶²⁸ ». Enfin, la mesure de l'activité neuronale peut aussi être invasive et avoir lieu « directement dans le tissu cérébral⁶²⁹ ». C'est le cas de figure proposé par les enregistrements électrophysiologiques intracérébraux, qui insèrent des électrodes corticales à quelques millimètres à l'intérieur du

⁶²⁶ KRAGEL Philip A., LABAR Kevin S., « Decoding the nature of emotion in the brain », *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 20, 2016, p. 444-455.

⁶²⁷ BARON, Jean-Claude, « La tomographie par émission de positons », dans Francis Eustache, Bernard Lechevalier, Fausto Viader, *Les méthodes de la neuropsychologie*. Louvain-la-Neuve, De Boeck Supérieur, 2001, p. 158.

⁶²⁸ *Ibid.*, p. 158.

⁶²⁹ PÉRON Julie, CHRISTEN Andy, GRANDJEAN Didier, « Enregistrements électrophysiologiques intracérébraux », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Op. Cit.*, p. 79.

crâne, ou des électrodes profondes capables de recueillir le signal électrique des structures du cerveau. Les enregistrements intracérébraux ont la particularité d'être performants tant sur le plan spatial - plan qui concerne la précision de la localisation du signal dans le cerveau - que temporel, car *a contrario* des autres pratiques, l'étude intracérébrale est directe et avec une « haute résolution temporelle de l'ordre de la milliseconde⁶³⁰ ».

Les méthodes d'analyse des signaux du cerveau, dépendent évidemment du dispositif de mesure qui est choisi. Elles comprennent notamment la méthode des « potentiels évoqués » qui mesure les « modifications électriques synchronisées avec des processus spécifiques de traitement de l'information sensorielle et de processus cognitifs endogènes [internes], survenant sur une période donnée du signal EEG⁶³¹ ». Ces stimuli sensoriels peuvent être visuels (Potentiels Évoqués Visuels ou PEV), auditifs (Potentiels Évoqués Auditifs ou PEA), somesthésiques (Potentiels Évoqués Somesthésiques ou PES), etc. L'Analyse spectrale - autrement nommée analyse fréquentielle ou approche temps-fréquence - décompose quant à elle, par filtrage, par ondelettes ou avec une transformée de Fourier⁶³², l'amplitude des potentiels de champs enregistrés « en oscillations sinusoïdales correspondant à des bandes de fréquences distinctes et associées à certaines fonctions ou processus psychologiques⁶³³ ». Ces fréquences sont de type « delta » (1 à 4Hz), « thêta » (4 à 8 Hz), « alpha » (8 à 12 Hz), « bêta » (12 à 30 Hz), « gamma » (30 à 80 Hz)⁶³⁴. La méthode des champs magnétiques évoqués (ou méthode de « moyennage »), qui à l'instar des potentiels évoqués « consiste à moyennner les signaux enregistrés lors des essais d'une même condition expérimentale, à partir du marqueur indiquant le début de l'essai et pendant une durée post-stimulus, définie par l'expérimentateur⁶³⁵ ». Dans le cas de l'IRMf, les réponses hémodynamiques évaluées sont « le débit sanguin », « le volume sanguin » et la « concentration en désoxy-Hb » autrement nommée BOLD (Blood Oxygen Level Dependence) et dont le composant « désoxy-Hb » est aussi le principal traceur (endogène) de ce type d'imagerie cérébrale (non radioactive mais

⁶³⁰ *Ibidem*.

⁶³¹ CAMPAGNE Aurélie, VERCUEIL Laurent, *Op. Cit.*, p. 39.

⁶³² Méthodes de « transformations du signal brut en oscillations », dans PÉRON Julie, CHRISTEN Andy, GRANDJEAN Didier, *Op. Cit.*, p. 90.

⁶³³ *Ibid.*, p. 89.

⁶³⁴ *Ibidem*.

⁶³⁵ D'HONT Fabien, SEQUEIRA Henrique, *Op. Cit.*, p. 107.

paramagnétique⁶³⁶). L'analyse des données d'imagerie à résonance magnétique s'effectue via des méthodes expérimentales telles que les cartes statistiques du *t* de Student, le logiciel SPM (Friston et alii, 1996⁶³⁷), et des analyses interindividuelles - le « moyennage stéréotaxique » et l'« approche par volumes d'intérêt anatomiques⁶³⁸ » - car aucune méthode n'est pour l'instant standardisée (toutefois, l'article en question date de 2001 et des solutions existent peut-être depuis⁶³⁹).



Figure 71 : Dispositifs de mesure de l'activité cérébrale.
 Dans l'ordre : Système BrainCap (EEG), Dispositif CTF MEG 275 (EMG),
 Casque Nextmind (EEG), casque Emotiv EPOC (EEG)

Pour la plupart, les dispositifs de mesure de l'activité cérébrale et les méthodes d'analyses qui leur sont dédiées sont des technologies scientifiques rigoureuses, tels que le système BrainCap (Brain Products GmbH ; EEG) ou le dispositif de magnétoencéphalographie CTF MEG 275. Toutefois, il existe aussi des capteurs qui sont compatibles avec la production artistique - c'est-à-dire accessibles financièrement et avec une facilitation d'usage pour les non-initiés - le casque Emotiv EPOC par exemple, ou qui se dédient complètement au secteur artistique, par exemple, le casque Nextmind (EEG) compatible avec le logiciel *Unity* qui permet l'édition d'expériences vidéoludiques et de réalité virtuelle. Ce casque enregistre l'activité du cortex visuel (focus et attention) en temps réel via huit capteurs positionnés à l'arrière du crâne.

⁶³⁶ MAZOYER, Bernard, « Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle », dans Francis Eustache, Bernard Lechevalier, Fausto Viader, *Op. Cit.*, p. 185.

⁶³⁷ FRISTON Karl J., HOLMES Andrew P., POLINE Jean-Baptiste, PRICE Cathy J., FRITH Chris D., « Detecting activations in PET and fMRI: levels of inference and power », *Neuroimage*, vol. 40, 1996, p. 223-235.

⁶³⁸ MAZOYER, Bernard, *Op. Cit.*, p. 198.

⁶³⁹ *Ibid.*, p. 195.

Le tableau ci-dessous résume les principales méthodes de mesures et méthodes d'analyses scientifiques évoquées dans cette première sous-partie et qui sont utilisables dans le cadre de la création artistique, dans l'objectif que les concepteurs-artistes puissent s'en saisir au besoin, pour leurs futures expériences.

Tableau 72 : Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse du système neuronal

Composante physiologique	Méthodes de mesure	Méthodes d'analyse
Neuronale-cérébrale	Electroencéphalogramme (EEG)	<p>Méthode des Potentiels évoqués (PEs)</p> <p>Analyse spectrale ou fréquentielle ou approche temps-fréquence</p> <p>Méthode des champs magnétiques évoqués (ou moyennage)</p>

1.1.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse neuronales-cérébrales



Figure 73 : *Staalhemel*, Christophe de Boeck, 2011, installation neuro-interactive

L'activité cérébrale a été souvent interfacée dans le cadre de l'art numérique, notamment par des mouvements artistiques tels que celui de la sonification - ou *Brainwave music*, qui consiste à traduire des ondes cérébrales en ondes sonores - et des œuvres comme *Portable Gold and Philosopher's stone* (David Rosenboom et J. B. Floyd, 1974), *On Being Invisible* (David Rosenboom, 1977) etc. Elle est aussi visible sous la forme d'une installation collective dans le

cas de *Staalhemel* (Christophe de Boeck, 2011, installation neuro-interactive), oeuvre dans laquelle le participant est outillé d'un EEG portable et se promène dans un hangar contenant « 80 segments d'acier suspendus ». L'activité cérébrale de l'individu active « de petits marteaux qui frappent sur les plaques d'acier⁶⁴⁰ », provoquant aussi des vibrations sonores.

1.2 – Le système cardio-vasculaire

1.2.1 - Pléthysmographie cardiaque, électrocardiogramme, variabilité du rythme cardiaque...

Le système cardio-vasculaire, aussi considéré comme la première « horloge » du corps, est évalué par des dispositifs de pléthysmographie cardiaque, qui mesurent les variations de volume des vaisseaux sanguins. Aussi, il peut être mesuré par des oxymètres de pouls qui calculent la saturation en oxygène dans le sang et la fréquence du pouls grâce à une lumière infrarouge traversant les tissus (SpO₂). Les variations de lumières rouge et infrarouges sont ensuite « détectée par un photocapteur » : quand l'hémoglobine est oxygénée, elle « absorbe plus de lumière infrarouge et laisse passer la lumière rouge », quand l'hémoglobine est désoxygénée, elle « absorbe plus de lumière rouge et laisse passer la lumière infrarouge⁶⁴¹ ». Quand elle est prise très proche du muscle cardiaque, la pression sanguine, ou pression artérielle (dans les artères), est une mesure directe qui calcule la force produite par le sang qui est expulsé par le cœur. Enfin, l'électrocardiographie (ECG) mesure indirectement le courant électrique à l'origine de la contraction (la « systole⁶⁴² ») du muscle cardiaque (battement cardiaque). Ces dispositifs et types de mesure produisent trois indicateurs, la fréquence (nombre d'impulsions par minute), le rythme (cadence de pulsations) et la qualité du pouls (force du pouls vs. volume d'éjection du sang⁶⁴³). Ils permettent aussi de concevoir la Variabilité du Rythme Cardiaque (VRC ou tachogramme) : « L'analyse de la VRC porte sur les fluctuations du temps séparant

⁶⁴⁰ -, « Tangible Feelings », *legacy.imal*, Art Center for Digital Cultures & Technology, 16 Septembre-18 Septembre 2011, archive du catalogue d'exposition, [<https://legacy.imal.org/fr/more/tangible-feelings-exhibition>]

⁶⁴¹ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1591.

⁶⁴² PELLISSIER, Sonia, « Variabilité du rythme cardiaque », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Op. Cit.*, p. 161.

⁶⁴³ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1591.

deux intervalles R-R [distances entre deux ondes ou, pic du battement cardiaque] successifs au cours d'une période donnée⁶⁴⁴ ». Celle-ci se subdivise en trois types d'analyse :

- Temporelle : « un ensemble de variables statistiques permet d'apprécier la distribution et la variance des intervalles R-R au cours du temps ⁶⁴⁵».

- Fréquentielle : « décomposition de la suite des intervalles R-R successifs par une transformée rapide de Fourier⁶⁴⁶ qui permet de passer d'un signal temporel à un signal fréquentiel⁶⁴⁷».

- Non linéaire : différents modèles qui intègrent « la théorie du chaos » (complexité du signal), par exemple la méthode non linéaire de Poincaré : « chaque intervalle R-R est associé à son intervalle précédent⁶⁴⁸ » et représentées sur un nuage de points ; ou encore « l'analyse des fluctuations redressées⁶⁴⁹».

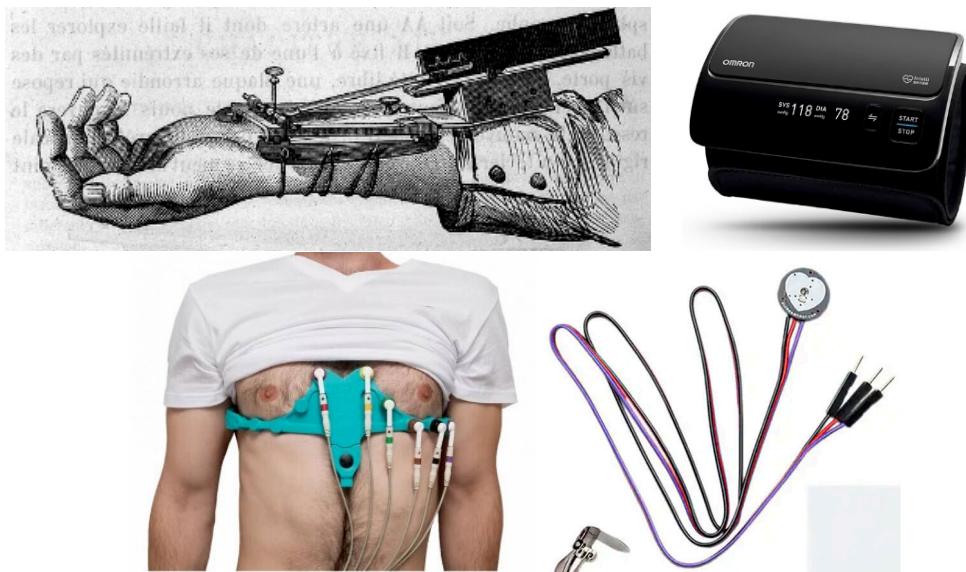


Figure 74 : Dispositifs de mesure de l'activité cardio-vasculaire.

Dans l'ordre : Sphymographe, Tensiomètre EVOLV HEM-7600T-E, Ceinture d'électrodes LEVMED (ECG), Capteur de pléthysmographie cardiaque PulseSensor

⁶⁴⁴ PELLISSIER, Sonia, *Op. Cit.*, p. 163.

⁶⁴⁵ *Ibidem.*

⁶⁴⁶ Signal périodique transformé en ensemble de signaux sinusoïdaux.

⁶⁴⁷ *Ibid.*, p. 165.

⁶⁴⁸ *Ibid.*, p. 166.

⁶⁴⁹ *Ibid.*, p. 167.

Dès 1859, Étienne-Jules Marey traite de la question cardio-vasculaire et respiratoire dans le cadre de ses recherches, lorsqu'il publie sa thèse de médecine sur le sujet de *La circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies*⁶⁵⁰. En 1863, il améliore un dispositif mécanique de détection du pouls (pulsations, rythme et amplitude) inventé par Karl von Vierordt⁶⁵¹, le Sphygmographe⁶⁵², en le rendant plus léger :

« Depuis mes premières publications sur ce sujet, j'ai donné au sphygmographe une forme nouvelle qui assure encore mieux la fidélité de ses indications. Je rends le levier léger qui inscrit les pulsations artérielles absolument solidaire du ressort qui presse sur l'artère⁶⁵³ ».

La pression sanguine est calculée aujourd'hui par des tensiomètres (EVLV HEM-7600T-E) et l'activité électrique du cœur, par des ceintures ECG telles que le dispositif LEVMED. Pour notre part, dans le cadre de la création artistique nous avons utilisé un capteur de pléthysmographie cardiaque PulseSensor, que nous avons associé à une carte Arduino pour permettre la communication des données physiologique avec l'ordinateur (nous détaillons les processus de cette expérience au chapitre 9). Celui-ci est bien plus accessible sur le plan financier et est plus confortable à porter pour l'utilisateur, puisqu'il se clipse au doigt ou à l'oreille.

⁶⁵⁰ MAREY, Étienne-Jules [1959], *La circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies*, Thèse, Paris, G. Masson, 1881.

⁶⁵¹ « À peine connaissait-on en France ce genre de recherches, que déjà un procédé nouveau tendait en Allemagne à se substituer à l'emploi du *kymographion*. Karl Vierordt imagina d'adapter à l'artère un levier que chaque pulsation soulèverait, et qui, redescendant dans l'intervalle de deux pulsations consécutives, fournirait des mouvements d'ascension et de descente qui s'inscriraient sur le cylindre [...] Ce nouvel instrument permettait d'appliquer à la physiologie humaine et à la clinique des recherches qui, jusque-là =, ne pouvaient être faites que sur les animaux, car elles exigeaient une vivisection ». MAREY, Étienne- Jules, *Recherches sur le pouls au moyen d'un nouvel appareil enregistreur, le sphygmographe*, Paris, Thunot, 1860, p. 6.

⁶⁵² MAREY, Étienne-Jules, *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et en médecine*, Paris, G. Masson, 1878, p. 281

⁶⁵³ *Ibid.*, p. 280.

Tableau 75 : Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse du système cardio-vasculaire

Composante physiologique	Méthodes de mesure	Méthodes d'analyse
Cardio-vasculaire (1 ^{ère} horloge corporelle)	<p>Pléthysmographie cardiaque</p> <p>Pression sanguine (mesure directe) / Tensiomètres</p> <p>Oxymètre (de pouls)</p> <p>Electrocardiographie</p>	<p>Variabilité du Rythme Cardiaque (VRC ou tachogramme). Trois indicateurs : la fréquence, le rythme, la qualité du pouls.</p> <p>Trois types d'analyse : temporelle, fréquentielle, non linéaire.</p>

1.2.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse cardio-vasculaires



Figure 76 : *Heart Beats Dust*, Ralph Martel et Jean Dupuy, 1968, installation avec ECG

Sur le plan artistique, de nombreuses œuvres utilisent les données cardio-vasculaires. Dans *Heart Beats Dust* de Ralph Martel et Jean Dupuy (1968, installation avec ECG), un

stéthoscope capture le rythme cardiaque du spectateur et le répercute sur une membrane située sur une enceinte qui amplifie l'onde reçue. Cette membrane active grâce aux vibrations (cardiaques), un nuage de poussière particulièrement volatile - celui-ci se maintient pendant une période dans l'air - composé de Lithol Rubine. Aussi, dans notre expérience *Quand le cœur se serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2020) un dispositif de pléthysmographie cardiaque permet de modifier les contenus de l'œuvre de réalité virtuelle. Il transforme ainsi la vitesse, les animations des particules et le corps virtuel du personnage féminin (dans le langage technique, l'enveloppe de ce corps qui est ici modifiable se nomme « *mesh* »). À certaines occasions, il permet aussi de faire varier le volume sonore (voir les méthodes exploitées par cette œuvre au chapitre 9).

1.3 – Le système respiratoire

1.3.1 - Spirométrie, pléthysmographie respiratoire, méthode isovolume ...

Le système respiratoire est la deuxième « horloge⁶⁵⁴ » du corps. Il s'ajuste avec le système cardio-vasculaire (et inversement) « pour maintenir l'homéostasie somatique » c'est-à-dire « pour alimenter les cellules avec des quantités adéquates d'oxygène et de nutriments en réponse aux variations de la demande momentanée⁶⁵⁵ » : ainsi, lors d'une inspiration le « cœur bat plus vite » et à l'inverse lors de l'expiration il bat « plus lentement⁶⁵⁶ ». La respiration est

⁶⁵⁴ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1593.

⁶⁵⁵ *Ibidem*.

⁶⁵⁶ *Ibidem*. Dans le cadre artistique et sportif, les concepteurs-artistes utilisent surtout des ceintures de respiration et des montres connectées qui déduisent la fréquence respiratoire de l'activité cardiaque de l'individu (mesure indirecte). C'est le cas des montres connectées Garmin, par exemple. Dans la page dédiée au support nous apprenons que : « Chaque respiration que vous prenez est codée dans la variabilité de votre fréquence cardiaque (HRV). La période entre les battements cardiaques consécutifs se raccourcit légèrement lorsque vous inspirez, et se prolonge lorsque vous expirez. Le terme pour ce phénomène biologique est l'arythmie sinusale respiratoire (RSA). La capacité à extraire d'une manière analytique la fréquence respiratoire des données dépend de l'obtention de données de fréquence cardiaque précises. La fréquence cardiaque d'un battement à un autre peut varier de l'ordre de millisecondes. La précision nécessaire pour cette analyse est seulement réalisable à l'aide d'une ceinture de fréquence cardiaque thoracique en raison de la difficulté à mesurer la performance lors de l'activité physique », Site de *Garmin*, [<https://support.garmin.com/fr-FR/?faq=2yEgS0Pax53UDqUH7q4WC6>]

calculée par les dispositifs de spirométrie, qui mesurent le volume pulmonaire et le débit d'air de l'individu (ses capacités respiratoires). Elle peut aussi être évaluée grâce à un dispositif de pléthysmographie respiratoire par inductance, qui mesure l'amplitude et le rythme des mouvements respiratoires. Dans le cas de la pléthysmographie respiratoire par inductance, un dispositif piézoélectrique est généralement intégré à une ceinture thoracique bien placée sous les aisselles et serrée au « point d'expiration maximal⁶⁵⁷ ». La traction et la compression qui sont exercées par la ceinture, modifie l'équilibre électrique en fonction des variations de la circonférence du thorax. Le signal doit être « calibré » - il faut « déterminer les coefficients multiplicateurs [...] des signaux thoraciques et abdominaux pour obtenir un signal Somme proportionnel aux variations du système dans son ensemble⁶⁵⁸ » - et « étalonné », c'est-à-dire obtenir une « proportionnalité entre le signal Somme et le volume ventilé⁶⁵⁹ ». De nombreuses méthodes sont appliquées pour produire ces estimations, à commencer par la méthode isovolume⁶⁶⁰ de Konno et Mead en 1967⁶⁶¹, ainsi que la méthode du changement de posture qui « consiste à obtenir deux répartitions différentes du volume par changement de posture (assise et couchée)⁶⁶² ». D'autres méthodes encore sont appliquées telles que la méthode de régression linéaire de Loveridge et *alii*⁶⁶³, la méthode de calibrage diagnostique qualitatif⁶⁶⁴ de M. A Sackner, et la méthode de R. B Banznett et *alii*⁶⁶⁵, qui est une méthode simple qui s'appuie sur les différences d'envergures du thorax et de l'abdomen : « Sachant que la surface du thorax est plus grande que celle de l'abdomen, une variation de section du thorax produira un changement de volume supérieur à celui d'une variation de section de l'abdomen. Basé sur ces faits

⁶⁵⁷ *Ibidem*.

⁶⁵⁸ SABIL, Abdelkebir, « La pléthysmographie respiratoire par inductance sans étalonnage. Développements en exploration, surveillance et assistance respiratoire », *Thèse*, Université Joseph Fourier-Grenoble 1, 2005, p. 16.

⁶⁵⁹ *Ibidem*.

⁶⁶⁰ *Ibidem*.

⁶⁶¹ KONNO Kimio, MEAD Jere, « Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing », *Journal of Applied Physiology*, vol. 22, 1967, p. 407-422.

⁶⁶² SABIL, Abdelkebir, *Op. Cit.*, p. 17.

⁶⁶³ LOVERIDGE B., WEST P., ANTHONISEN N. R., KRYGER M. H., « Single-position calibration of the respiratory inductance plethysmograph », *Journal of Applied Physiology*, vol. 55, 1983, p. 1031- 1034.

⁶⁶⁴ SABIL, Abdelkebir, *Op. Cit.*, p. 18.

⁶⁶⁵ BANZETT Robert B., MAHAN Susan T., GARNER David M., BRUGHERA Andrew, LORING Stephen H., « A simple and reliable method to calibrate respiratory magnetometers and Respitrace », *Journal of Applied Physiology*, vol. 79, 1995, p. 2169-2176.

physiologiques, un facteur de gain plus grand a été attribué aux variations de section thoracique par rapport à celui attribué aux variations de section abdominale⁶⁶⁶».

Étienne-Jules Marey a aussi conçu un appareil de mesure respiratoire, le pneumographe, ressemblant assez aux ceintures respiratoires que nous utilisons aujourd'hui :

« [...] l'inscription du changement de volume des organes s'applique fort bien à l'étude de la respiration. Si l'on inscrit le mouvement alternatif de dilatation et de resserrement de la cage thoracique, on a l'un des renseignements les plus précieux qu'il soit possible d'obtenir relativement à la fonction respiratoire. L'instrument fort simple qui sert à cette étude se nomme *pneumographe* [...] On voit dans l'espace limité par le cordon circulaire la place qui doit être occupée par le thorax. Cette ceinture en embrasse la circonférence et porte, sur un point de sa continuité, le pneumographe dont voici la disposition. Deux branches divergentes reçoivent, par de solides attaches, les deux bouts de la ceinture inextensible qui fait le tour de la poitrine. Au moment de la dilatation thoracique, la traction exercée par les cordons sur les branches de l'appareil les rend plus divergentes encore, grâce à la flexion d'une lame intermédiaire d'acier R qui fait ressort. Cette divergence des deux branches produit une traction sur la membrane d'un tambour qui est relié par un tube à air *a* avec un tambour inscripteur. Quand le thorax se dilate, la courbe tracée s'abaisse ; elle s'élève, au contraire, si le thorax se resserre, c'est-à-dire dans l'expiration⁶⁶⁷».

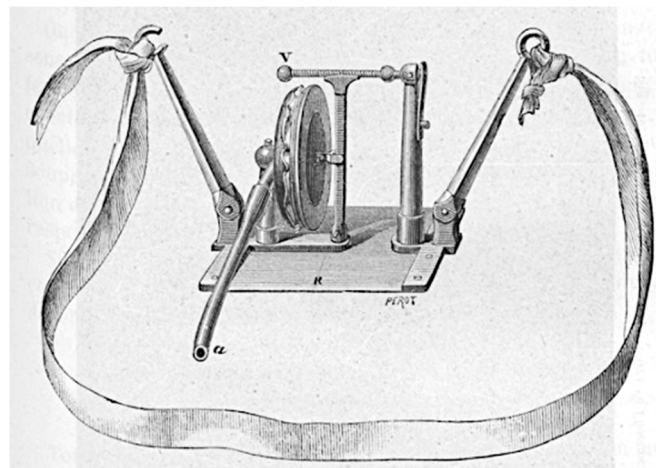


Figure 77 : Pneumographe d'Étienne Jules-Marey, 1883⁶⁶⁸

⁶⁶⁶ SABIL, Abdelkebir, *Op. Cit.*, p. 19.

⁶⁶⁷ *Ibid.*, p. 202-203.

⁶⁶⁸ dans MAREY, Étienne-Jules, *Op. Cit.*, 1878, p. 203

Tableau 78 : Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse du système respiratoire

Composante physiologique	Méthodes de mesure	Méthodes d'analyse
Respiratoire (2 ^e horloge corporelle ⁶⁶⁹ ; s'ajuste avec le rythme cardiaque)	Spirométrie Pléthysmographie respiratoire par inductance Par déduction du rythme cardiaque (indirecte)	Méthode de déduction à partir du rythme cardiaque Méthode isovolume Méthode du changement de posture Méthode de régression linéaire Méthode de calibrage diagnostique qualitatif Méthode de Banznett

1.3.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse respiratoires

Plus d'un siècle après le pneumographe d'Étienne Jules-Marey, les chercheurs Jean-François Baud et Anne Sedes ont travaillé avec le CICM du MSH Paris Nord en 2002-2003 et l'entreprise Interface Z, une structure « spécialisée dans le développement de modules capteurs et interfaces midi pour la sphère artistique⁶⁷⁰ », afin de créer un prototype de cardio-fréquence-mètre fonctionnant par « l'implémentation d'un microphone miniature dans un stéthoscope⁶⁷¹ ». Cette recherche avait pour objectif de réaliser l'interfaçage cardiaque et respiratoire d'un trapéziste au cours de sa performance (projet *Virage* de Kitsou Dubois). L'intention de produire un capteur physiologique dédié à une œuvre de recherche-crédation confirme bien qu'il existe un transfert des dispositifs scientifiques vers les dispositifs artistiques, notamment justifié par les contraintes de prix et d'usages rencontrées avec le matériel médical :

⁶⁶⁹ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1593.

⁶⁷⁰ BAUD Jean-François, SEDES Anne, « Vers une approche physiologique de l'interface corporelle pour les arts interactifs », *Actes de la 14^e Journée d'Informatique Musicale (JIM)*, Grenoble, 2009, p. 42.

⁶⁷¹ *Ibidem*.

« De nombreuses installations artistiques tentent de tirer parti de la captation de la pulsation cardiaque, en s'appuyant sur du matériel développé en milieu médical, souvent cher et peu fonctionnel, notamment du fait de l'utilisation d'électrodes à usage unique, ou encore de la présence de parasites lors des mouvements de la personne équipée⁶⁷² ».

Les données mesurées par le prototype de cardio-fréquencemètre sont ensuite combinées avec un capteur thermique (Interface Z) et un capteur de respiration pour multiplier le nombre « d'informations corporelles physiologiques intéressantes à exploiter artistiquement, tout en gardant une interface fonctionnelle et ergonomique⁶⁷³ ». En ce sens, le capteur de respiration a été choisi pour les potentiels d'interaction qu'il génère⁶⁷⁴ et est placé directement sur le prototype de ceinture thoracique du cardio-fréquencemètre par l'implémentation d'un « capteur d'étirement (présenté comme un "fil élastique")⁶⁷⁵ ». Toutefois, les chercheurs lui préfèrent *in fine* « un capteur de pression à jauge de contrainte [...] plus précis et linéaire⁶⁷⁶ » développé par l'entreprise BIOPAC qui produit du matériel médical, mais détourné à des fins artistiques : le signal respiratoire est transformé en signal MIDI via un émetteur-récepteur sans fil. Les capteurs cardio-fréquencemètre et respiratoires sont ensuite testés de manière empirique sur la trapéziste. Les données prélevées sur le corps de l'artiste lors de sa performance servent à réaliser « une émulation sonore et musicale⁶⁷⁷ » en temps réel. À ce titre, la ceinture cardio-fréquencemètre produit par exemple « une pulsation sonore » qui reproduit les pulsations cardiaques de la trapéziste.

⁶⁷² *Ibid.*, p. 41.

⁶⁷³ Par l'usage de ces dispositifs de mesure, l'objectif est de « construire et consolider un environnement interactif de type modulaire qui permette de tirer au mieux parti des informations corporelles exploitables dans le temps réel du plateau artistique interactif », *Ibid.*, p. 42.

⁶⁷⁴ La respiration est un système du corps facilement maîtrisable par l'utilisateur. Dans le prochain chapitre, nous classons les types de dispositif de mesure (et systèmes) en fonction de la qualité de contrôle que l'utilisateur peut avoir sur eux.

⁶⁷⁵ *Ibidem.*

⁶⁷⁶ *Ibid.*, p. 43.

⁶⁷⁷ *Ibid.*, p. 44.

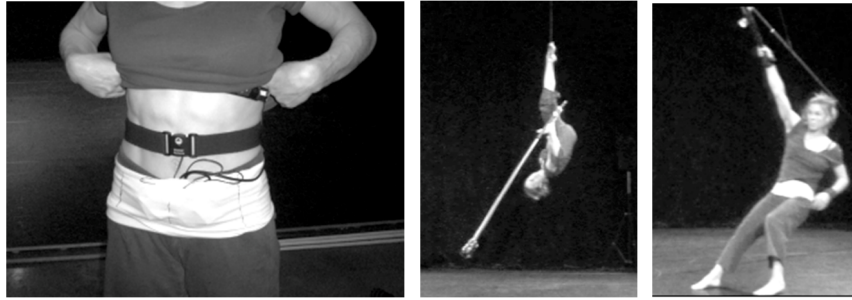


Figure 79 : Trapéziste avec ceinture de respiration en position ventrale lors du travail chorégraphique, Anne Sedes, Jean-François Baud et Kitsou Dubois (projet *Virage*, 2002-2003), performance avec ECG et ceinture respiratoire

Un tel prototype de ceinture respiratoire a déjà été utilisé notamment par Teresa Marrin Nakra en l'associant notamment avec des capteurs de gestes (EMG)⁶⁷⁸, pour interfacer l'activité physiologique d'un chef d'orchestre dans le cadre du dispositif « The conductor's Jacket⁶⁷⁹» (1998, dispositif avec EMG, ECG, capteurs respiratoire, électrodermal et de température pour la performance musicale) qui fut utilisé sur scène pour la première fois par Gil Rose au Boston Symphony Hall en 2001.

⁶⁷⁸ L'équipement de base de chaque veste comprenait les capteurs suivants : « quatre capteurs EMG (électromyographie) [...] un capteur de respiration Thought Technology. Un moniteur de fréquence cardiaque produit par Polar. Un capteur galvanique de réponse cutanée et un capteur de température de Thought Technology », MARRIN NAKRA, Teresa, « Inside the *Conductor's Jacket* : Analysis, Interpretation and Musical Synthesis of Expressive Gesture », Thèse, Massachusetts Institute of Technology, 2000, p. 60.

⁶⁷⁹ *Ibid.*, p. 61.

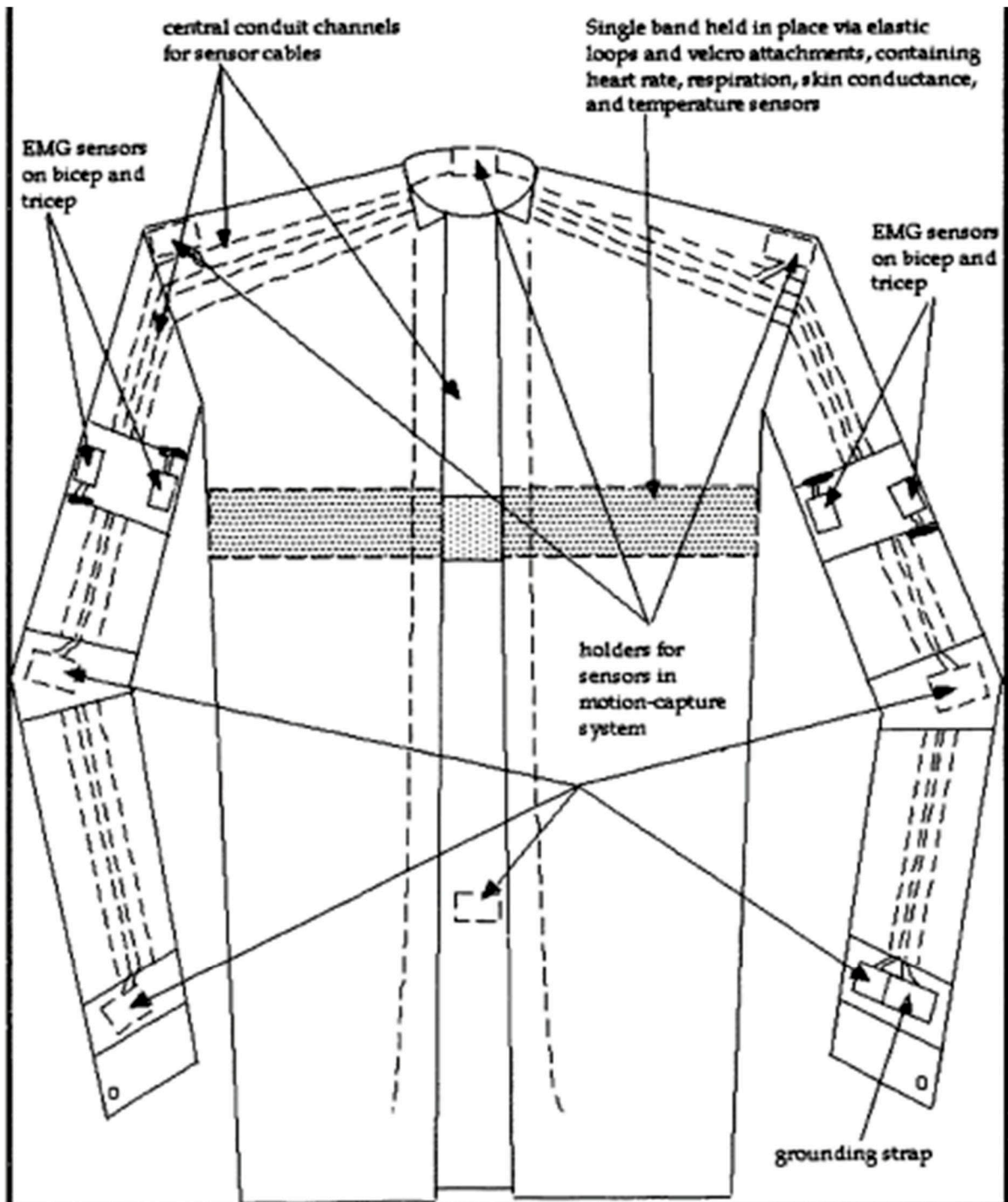


Figure 80 : Intégration de capteurs physiologiques - EMG, ECG, respiratoire, électrodermal, température - dans une forme portable, « The conductor's Jacket » de Teresa Marrin Nakra

1.4 – Le système excréteur

1.4.1 – Conductance et potentiel cutanés, réponses électrodermales...

La réponse électrodermale est mesurée à partir des sécrétions de sueur des glandes sudoripares eccrines souvent présentes « sur la paume de la main⁶⁸⁰». Toutefois, la mesure du système excréteur s'est aussi démocratisée sur les montres connectées-portables⁶⁸¹ (*wearables*) pour calculer les niveaux de stress sur le poignet. Ces dispositifs de mesure appartiennent donc pleinement à la sphère scientifique-artistique (et scientifique-sportive) pour calculer les I² émotionnelles, d'autant plus que l'amplitude des réponses électrodermales « s'accroît de manière linéaire avec l'intensité estimée de l'activation émotionnelle » et que l'activité électrodermale peut aussi « témoigner d'un traitement spécialisé de l'information émotionnelle en termes de valence⁶⁸²».



Figure 81 : Exemple de montres connectées Fitbit Charge 5 (sur la gauche) et Fitbit Sense (sur la droite) avec capteur électrodermal

Les glandes sudoripares apocrines sont disposées dans les aisselles et sécrètent des fluides qui humidifient la peau et « augmente[nt] la conductance du tissu cutané⁶⁸³», laquelle

⁶⁸⁰ GIL, Sandrine, *Op. Cit.*, p. 18. Les glandes sudoripares eccrines sont situées sur « tout le corps mais sont principalement situées sur le front, la paume des mains et la plante des pieds », BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1594.

⁶⁸¹ Voir les montres *fitbit*, [<https://www.fitbit.com/global/fr/technology/stress>]

⁶⁸² SEQUEIRA Henrique, D'HONDT Fabien, « L'activité électrodermale dans l'étude de la cognition », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Op. Cit.*, p. 154-155. Les « images émotionnelles produisent des RED [réponses électrodermales] plus amples que celles déclenchées par l'image neutre » et « l'information déplaisante déclenches des RED plus amples que l'information plaisante », *Ibid.*, p. 155.

⁶⁸³ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1594.

est ensuite mesurée par les capteurs d'activité électrodermale. L'activité électrodermale (ou « réflexe psychogalvanique⁶⁸⁴») s'intéresse donc aux « variations électriques de la peau associées au fonctionnement des glandes sudoripares⁶⁸⁵ » eccrines ou apocrines. Cinq techniques permettent d'en effectuer la mesure : l'enregistrement continu en « conductance » et en « résistance », l'enregistrement alternatif en « impédance » et en « admittance » et pour finir, l'enregistrement du « potentiel⁶⁸⁶ » cutané. Les quatre premières techniques citées sont dites exosomatiques (à l'extérieur du corps) : « on enregistre les réponses électriques de la peau au passage d'un faible courant externe à la préparation et imposé entre deux points rapprochés de la surface cutanée⁶⁸⁷ ». Le calcul du « potentiel » de l'activité électrodermale suppose quant à lui une technique endosomatique, à l'intérieur du corps, qui « mesure la différence de potentiel générée par les glandes eccrines entre deux points cutanés proches⁶⁸⁸ ». Ces cinq techniques de mesures permettent d'estimer le niveau électrodermal - « niveau électrique de base, spontané [...] faibles fluctuations ; il traduit l'expression électrique cutanée de l'action tonique du système sympathique sur les glandes sudoripares. Le niveau électrodermal varie spontanément d'un individu à l'autre et, chez le même individu, d'une session d'enregistrement à l'autre⁶⁸⁹ » - et la réponse électrodermale qui est matérialisée par des « variations phasiques, brèves et de grande amplitude, lorsque comparées aux très faibles et lentes variations du niveau électrodermal⁶⁹⁰ ». La réponse électrodermale est soit spontanée et non spécifique (« aucune stimulation externe ou interne⁶⁹¹ »), soit provoquée ou spécifique, c'est-à-dire effectuée « en réaction à des stimulations contrôlables par le dispositif expérimental⁶⁹² ». Elles se composent de « caractéristiques temporelles et de grandeur communes [...] morphologie, amplitude [grandeur/hauteur du signal ou pic de la réponse ou du niveau électrodermal], latence [durée entre stimulation et début de la réponse électrodermale], temps de montée [Durée entre début et le pic de la réponse électrodermale], durée, réponse, temps de récupération [durée entre Pic

⁶⁸⁴ SEQUEIRA Henrique, D'HONDT Fabien, *Op. Cit.*, p. 140.

⁶⁸⁵ *Ibid.*, p.137.

⁶⁸⁶ *Ibid.*, p. 143.

⁶⁸⁷ *Ibidem.*

⁶⁸⁸ *Ibidem.*

⁶⁸⁹ *Ibid.*, p. 146.

⁶⁹⁰ *Ibidem.*

⁶⁹¹ *Ibidem.*

⁶⁹² *Ibidem.*

de la réponse électrodermale et moment d'amplitude décidé par l'expérimentateur : au tiers, à la moitié, etc.]⁶⁹³ ».

Tableau 82 : Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse du système excréteur

Composante physiologique	Méthodes de mesure	Méthodes d'analyse
<p>Système excréteur</p>	<p>Activité électrodermale :</p> <p>→ Cinq techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exosomatiques : conductance, résistance, impédance, admittance. - Endosomatique : « potentiel ». 	<p>Niveau électrodermal</p> <p>Réponse électrodermale :</p> <p>→ Spontanée et non spécifique</p> <p>Provoquée ou spécifique (huit paramètres) : morphologie, amplitude latence, temps de montée, durée, réponse, temps de récupération.</p>

1.4.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse électrodermales

Skin de Claudia Robles-Angel (2012-2014, expérience de réalité virtuelle avec CAVE) utilise un capteur de conduction cutanée afin de mesurer « l'humidité de la peau⁶⁹⁴ » à travers des paramètres d'activation (*arousal*). Ainsi, le dispositif permet ainsi d'estimer les niveaux de stress ou de relaxation du participant. L'intensité des signaux biologiques est ensuite exploitée artistiquement en temps réel via des sons et des images (close-up sur la peau du participant).

⁶⁹³ *Ibidem*.

⁶⁹⁴ ROBLES-ANGEL, Claudia, « Skin Performance », *Claudearbles*, pas de date de publication, consulté le 19 Mars 2021, [<http://www.claudearobles.de/>]

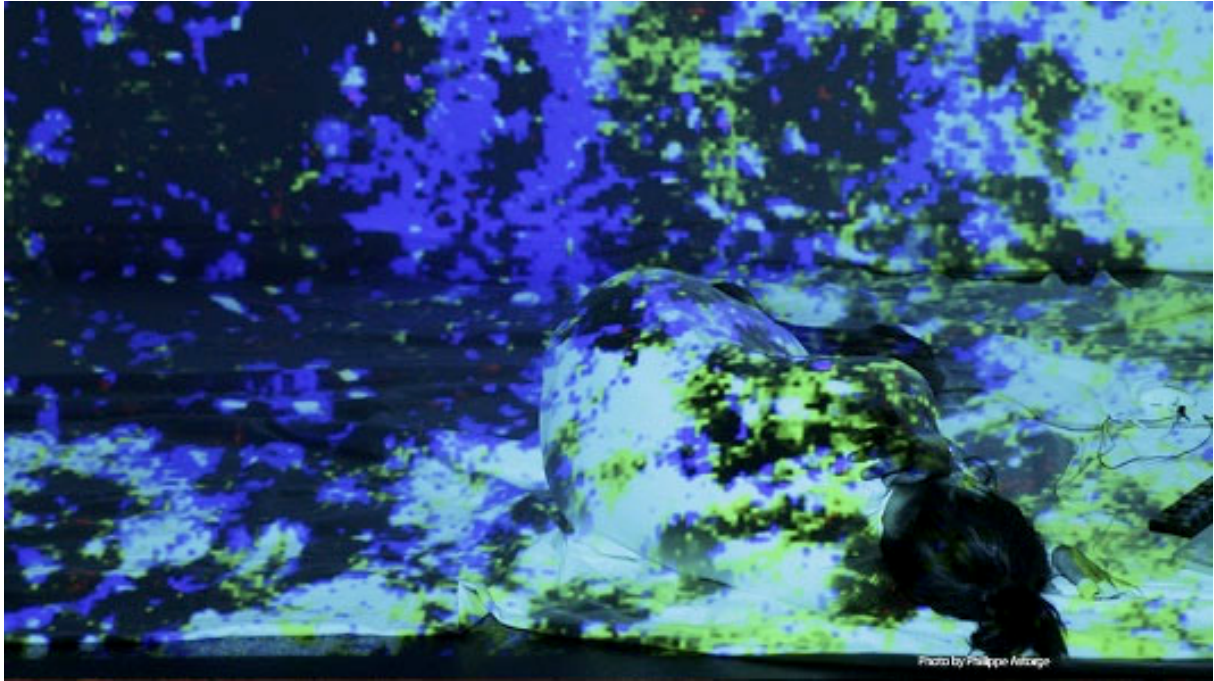


Figure 83 : *Skin* de Claudia Robles-Angel, 2012, performance de réalité virtuelle avec image interactive (CAVE) et capteur électrodermal

Au chapitre 7, nous analysons d'autres œuvres utilisant des systèmes de mesure et d'analyse électrodermales tels que le *Truth Whristband* de Sean Montgomery, un bracelet permettant de détecter les mensonges de l'utilisateur qui le porte : mentir provoquerait ainsi des variations de réponses cutanées qui sont ensuite analysées par le dispositif artistique. Les dispositifs de mesure électrodermaux sont aussi utilisés afin de détecter les niveaux de stress de l'utilisateur, comme dans l'œuvre *Perversely Interactive System* de Lynn Hugues et Simon Laroche (2004, image interactive avec capteur électrodermal).

1.5 – La température

1.5.1 – Thermomètres électroniques, infrarouges et caméras thermiques

Les thermorécepteurs transmettant les informations liées à la température par influx nerveux sont notamment sensibles à la température au contact de la peau⁶⁹⁵. Les

⁶⁹⁵ Ils transmettent aussi les informations de température sanguine et température profonde du corps.

thermorécepteurs du froid se situent « au-dessous de l'épiderme⁶⁹⁶ » et ceux du chaud « dans les régions supérieures et moyennes du derme⁶⁹⁷ ». La sensibilité des thermorécepteurs dépend des modifications de la température cutanée lorsqu'elle est en contact avec un environnement ou un objet, de la surface de la peau où s'établit ce contact et de la vitesse de changement de température⁶⁹⁸. Par conséquent, le moment de la journée et le lieu de la mesure (aisselle vs. oreille) influencent la donnée thermique. Il existe des « seuils de sensation de chaud » et des « seuils de sensation de froid » qui dépendent des valeurs d'augmentation ou de baisse de la température cutanée initiale. Quand le corps ou une partie du corps est bien adaptée à la température ambiante, c'est-à-dire qu'il n'est pas en train de lutter contre le froid ou le chaud, on dit que la zone concernée est « une zone de neutralité thermique ». Aussi, le corps humain est dit « homéotherme⁶⁹⁹ », c'est-à-dire qu'il possède une « température centrale » (interne) qu'il essaye de maintenir autour de plus ou moins deux degrés.

La température cutanée est mesurée grâce à des thermomètres électroniques qui sont constitués d'un « semi-conducteur intégré [qui] modifie sa résistance en fonction de la température corporelle⁷⁰⁰ ». Elle peut aussi être évaluée grâce à des thermomètres infrarouges qui « mesurent le rayonnement électromagnétique du corps humain qui varie avec sa température (plus le corps est chaud, plus la longueur d'onde est courte)⁷⁰¹ ».

1.5.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse thermique

⁶⁹⁶ MATH, François, *Neurosciences cliniques. De la perception aux troubles du comportement*, Bruxelles, Éditions De Boeck, 2008, p. 210. Il a été démontré que la sensation thermique se construit à travers les « récepteurs de Ruffini » (froid) et les récepteurs de « Krause » (chaud) », *Ibid.*, p. 207, toutefois cette acception reste encore incertaine puisque « aujourd'hui, on suppose que les thermorécepteurs sont des terminaisons nerveuses libres, de fin diamètre, localisées au-dessous de l'épiderme (récepteurs de froid) et dans les régions supérieures et moyennes du derme (récepteurs de chaud) », *Ibid.*, p. 209-210.

⁶⁹⁷ *Ibid.*, p. 210.

⁶⁹⁸ FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, 2018. p. 59.

⁶⁹⁹ -, « Homéotherme », *CNRTL*, [<https://www.cnrtl.fr/definition/hom%C3%A9otherme>]

⁷⁰⁰ Cette résistance est calculée grâce à un instrument de mesure, le « pont de Wheatstone », BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1594.

⁷⁰¹ *Ibidem*.



Figure 84 : *We Stay Warm Together* (UNIQLO, HEATTECH, Daito Manabe, Raven Kwok, Akini Jing, 2020, expérience en réalité augmentée avec capteur thermique)

La température du corps émet donc un rayonnement infrarouge qui peut aussi être mesuré par une caméra thermique. Dans le cadre de leur campagne *We Stay Warm Together*, la marque de vêtement thermique HEATTECH de UNIQLO - vêtements qui transforment « l'humidité du corps en chaleur⁷⁰² » - s'est associée aux artistes Daito Manabe, Raven Kwok et Akini Jing dans l'objectif de produire une œuvre thermographique en temps réel. L'expérience interactive s'appuie notamment sur une caméra thermique afin de convertir « la température corporelle des individus en mouvement graphique⁷⁰³ ».

Tableau 85 : Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse de la température

Composante physiologique	Méthodes de mesure
Température cutanée et corporelle	Thermomètre électronique Thermomètre infrarouge Caméra thermique

Également, dans *Thermal Drift* de Rafeal Lozano-Hemmer (2022, installation avec capteur de température), des caméras thermiques mesurent la chaleur émanant des participants. L'œuvre a notamment pour vocation de démontrer les processus homéostatiques par lesquels

⁷⁰² -, « Vêtements thermiques HEATTECH femme », *Uniqlo*, pas de date de publication, consulté le 19 Août 2022, [<https://www.uniqlo.com/staywarm/>]

⁷⁰³ -, « Uniqlo HEATTECH thermoart », *Uniqlo*, pas de date de publication, consulté le 19 Août 2022, [<https://www.uniqlo.com/heattech-staywarm/en/thermoart/daitomanabe/>]

corps et environnements s'entre régulent et s'inter-influencent. Ainsi, le participant observe sur un écran à distance ce qui lui est, d'habitude, invisible - la dispersion de chaleur et d'énergie émanant de son propre corps -et matérialisé ici sous la forme d'un nuage de points.



Figure 86 : *Thermal Drift*, Rafael Lozano-Hemmer, 2022, installation interactive avec caméra thermique

1.6 – *Systèmes de mesure non exploitables artistiquement*

D'autres systèmes du corps sont mesurables, mais nous ne les retrouvons que très rarement dans le cadre d'une expérience artistique. Nonobstant, ils sont intéressants pour la recherche et création, par exemple dans le cadre d'applications pornographiques, c'est pourquoi nous les citons quand même : le système sexuel, le système digestif et le système endocrinien. Le système sexuel est évalué grâce à la pléthysmographie sexuelle, technique qui mesure « les variations du volume sanguin dans les organes sexuels⁷⁰⁴», par la pléthysmographie pénienne, qui mesure la variation de la conductance électrique au cours de la réponse érectile⁷⁰⁵ et par la pléthysmographie vaginale qui mesure les variations de volume sanguin dans les parois vaginales à l'aide d'une sonde équipée d'une diode LED et d'une « photodiode sensible à la réflexion lumineuse⁷⁰⁶». Le système digestif est évalué par les techniques invasives d'endoscopie qui permettent d'observer les différents organes composants le systèmes grâce à une caméra disposée au bout d'un tube, et d'effectuer des prélèvements (biopsie). Il peut aussi être mesuré par électromyographie - qui s'intéresse alors aux mouvements (contractions) des muscles gastriques - et grâce à l'évocation de symptômes subjectifs tels que les nausées, les vertiges et les vomissements. Enfin, le système endocrinien, résident en partie dans le système

⁷⁰⁴ CHARTIER Sylvain, et alii, *Op. Cit.*, p. 176.

⁷⁰⁵ *Ibid.*, p. 177.

⁷⁰⁶ *Ibidem.*

digestif (par exemple, la thyroïde ou les glandes surrénales), peut être évalué en faisant des bilans hormonaux ponctuels (prises de sang, tests salivaires et tests urinaires).

1.7 – Biais et conditions méthodologiques

Il existe plusieurs biais et conditions méthodologiques à connaître pour employer correctement ces dispositifs de mesures physiologiques. D'abord, il est indispensable de faire attention au protocole expérimental (qu'il soit scientifique ou artistique), puisque les dispositifs et les techniques qui sont utilisés sur l'individu peuvent « provoquer des réactions émotionnelles parasites⁷⁰⁷ », par exemple du stress. D'autant que certaines machines, celles utilisées dans le cadre d'une imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), impliquent des « règles de sécurité très strictes » car l'individu est mis en présence d'un « fort champ magnétique⁷⁰⁸ ». Pour pallier cela, dans le cadre artistique comme scientifique, il est fortement conseillé de commencer l'expérience par une « période d'habituation à l'environnement expérimental⁷⁰⁹ ». Dans le cadre de l'expérimentation scientifique, il est recommandé que cette période dure environ « dix minutes⁷¹⁰ », *a priori* elle pourrait être plus courte dans le cadre de la création artistique pour trois raisons hypothétiques. Avant tout, l'individu adhère davantage au déroulé de l'expérience artistique qui peut déjà lui être, au moins en partie, familière : soit l'individu a déjà pu faire ce type d'expérience, soit il a déjà pu en lire le contenu dans un programme, voir une bande annonce, etc. De plus, des « sas de décompression⁷¹¹ » ou « étapes de plongée⁷¹² » peuvent être réalisés par le concepteur-artiste dans l'objectif de rendre plus confortable la transition de l'environnement réel à l'environnement extraordinaire, qu'il soit plastique ou numérique et virtuel avec une I²

⁷⁰⁷ GIL, Sandrine, *Op. Cit.*, p. 19.

⁷⁰⁸ MAZOYER, Bernard, *Op. Cit.*, p. 193.

⁷⁰⁹ PELLISSIER, Sonia, *Op. Cit.*, p. 169.

⁷¹⁰ *Ibidem*.

⁷¹¹ HOGUET, Benjamin, *La grammaire de réalité virtuelle : des histoires qui se racontent aux histoires qui se vivent*, Paris, Édition Dixit, Décembre 2017, p. 27.

⁷¹² Voir sur le sujet la thèse de Judith Guez (2015) qui porte sur les « schémas de plongée » expérimentés par l'individu lors de son passage de l'environnement réel à l'environnement virtuel. GUEZ, Judith, *Illusions entre le réel et le virtuel (IRV) comme nouvelles formes artistiques : présence et émerveillement*, Thèse, Université Paris VIII, 2015, p. 421-422.

extéroceptive (EV_Ext) ou virtuel avec une I² proprioceptive (EV_Pro). Enfin, nous rappelons que dans le cadre artistique, la précision absolue de la mesure ne constitue pas une priorité, des Aides Logicielles Émotionnelles (AL Emo) doivent cependant être réalisées dans le but de faciliter le dialogue humain-œuvre sur le plan émotionnel et créatif.

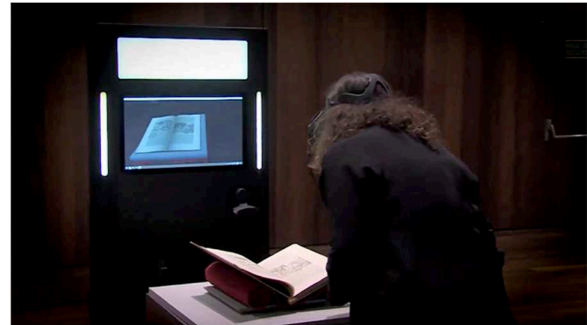


Figure 87 : *Rêveries à travers les époques*, Judith Guez, 2021, installation artistique et expérience de réalité virtuelle avec visiocasque

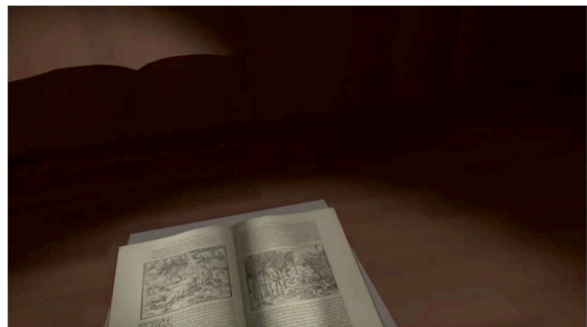


Figure 88 : *Rêveries à travers les époques*, Judith Guez (2021) : Environnement virtuel reproduisant l'environnement réel de la Bibliothèque National de Paris



Figure 89 : *Rêveries à travers les époques*, Judith Guez (2021) : Environnement virtuel se distinguant complètement de l'environnement réel (à gauche) et retour au réel (à droite)

Dans le cadre de l'expérimentation scientifique ou de la création d'applications et d'œuvres (notamment avec des I² sensorimotrices), il sera aussi bienvenu de contrôler la posture et l'activité ambulatoire de l'individu et cela surtout dans le cadre des mesures ECG et

respiratoires⁷¹³. En effet, certaines réactions physiologiques, l'augmentation du rythme cardiaque ou de la respiration par exemple, peuvent ne pas être imputées à un phénomène émotionnel mais tout simplement à une activité physique (sportive), ce qui complique d'autant plus le travail discriminatif que devrait effectuer les systèmes de mesures. De manière générale, l'activité du système nerveux autonome peut être perturbée par des « traitements médicamenteux (notamment les anxiolytiques, les antihypertenseurs, etc.), le tabac et la nicotine, les excitants tels que la caféine, le stress, l'exercice physique, la période de digestion, le rythme circadien⁷¹⁴ ». Aussi, il est important de signifier que les glandes sudoripares eccrines et apocrines sont « activées par des stimuli thermiques et émotionnels » et permettent ainsi la thermorégulation du corps : « elles sécrètent un liquide qui s'évapore à la surface du corps et le refroidit⁷¹⁵ ». Attention donc à la température des lieux d'exposition ou d'expérimentation dans le cadre d'une expérience avec mesure électrodermale.

Enfin, il faudra faire attention à la qualité et à la position des capteurs en fonction des déplacements et mouvements du spectateur ou du participant, car un frottement sur la surface de la peau produirait du bruit sur le signal physiologique qui sera perçu par l'expérience comme une I² émotionnelles. Pour limiter ce bruit, les concepteurs-artistes peuvent utiliser des AL Emo - dans *Quand le cœur se serre* nous discriminons les données cardiaques qui présentent un écart important avec les données précédentes, comme nous l'avons vu au chapitre 1 - ou limiter certains déplacements et gestes dans l'expérience : en réalité virtuelle, le concepteur-artiste pourra privilégier l'utilisation du suivi de mouvement des mains (*hand tracking*) pour éviter que les manettes heurtent les capteurs cardiaques ou de sudation s'ils sont situés sur les doigts ou les poignets.

2. Dispositifs de mesure faciale, vocale et comportementale

⁷¹³ « Les conditions posturales au cours des enregistrements de l'ECG sont d'une très grande importance quant à l'interprétation de la VRC. En effet, dans les situations de station debout ou d'effort physique, le système sympathique domine [...]. En revanche, en position allongée ou assise au repos complet, le blocage du système parasympathique (atropine) abolit presque complètement la bande LF, alors que celle-ci n'est pratiquement pas altérée par le blocage du système sympathique. On peut donc considérer qu'en position allongée, la bande LF est principalement représentative du système parasympathique », PELLISSIER, Sonia, *Op. Cit.*, p. 171.

⁷¹⁴ *Ibid.*, p. 170.

⁷¹⁵ *Ibidem.*

2.1 – La composante faciale

2.1.1 – Dispositifs d’inspection visuelle par codage des mouvements faciaux, électro-oculographie, oculométrie...

Afin de mesurer le comportement facial des émotions, Paul Ekman et Wallace Friesen ont mis au point la Technique de Notation de l’Affect Facial (*Facial Affect Scoring Technique* ou *FAST*) par enregistrement vidéo, qui est capable de « fournir une description aussi complète que possible des composantes du visage permettant de distinguer les émotions⁷¹⁶». En 1978, les deux chercheurs conçoivent le Système de Codage des Actions Faciales (*Facial Action Coding System, FACS*), un dispositif d’inspection visuelle par codage des mouvements faciaux⁷¹⁷. Quarante-six « unités d’action » du visage - aussi codées en fonction de leur « intensité », « dynamique » et « asymétrie⁷¹⁸ » - permettent de lire méthodiquement les expressions émotionnelles générées par la contraction et la décontraction des muscles du visage⁷¹⁹. Le Système de Codage des Affects Spéciaux (*Special Affect Coding System, SPAFF*) est un autre dispositif d’inspection visuelle (vidéos) qui a été introduit afin d’observer les comportements affectifs dans le cadre des relations conjugales conflictuelles⁷²⁰. Il permet à l’origine « de démanteler [...] la catégorie globale de l’affect négatif⁷²¹ » composée de « la colère, du mépris, de la peur et de la tristesse⁷²² ». Bien qu’elles soient réservées à la recherche universitaire, Dorothée Élixa Baumann a revalorisé artistiquement huit-cent vingt-trois images à vocation scientifiques provenant du Système International des Images Affectives

⁷¹⁶ EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., TOMKINS Silvan S, « Facial Affect Scoring Technique: A First Validity Study », *Semiotica*, vol. 3, Février 1971, p. 39..

⁷¹⁷ KORB Sebastian, DELPLANQUE Sylvain, *Op. Cit.*, 2013, p. 183.

⁷¹⁸ GIL, Sandrine, *Op. Cit.*, p. 18.

⁷¹⁹ Il existe une version du *FACS* pour les expressions faciales des nourrissons, le « Baby FACS », dans OSTER Harriet, ROSENSTEIN Diana, *Baby FACS : Analysing facial movements in infants*, Palo Alto, University of Palo Alto, 1993.

⁷²⁰ GOTTMAN John M., KROKOFF Lowell J, « Marital interaction and satisfaction: A longitudinal view », *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, vol. 57, 1989, p. 47.

⁷²¹ *Ibidem*.

⁷²² *Ibid.*, p. 48.

(*International Affective Picture System* ou *IAPS*, fig. 90 et 91) dans le cadre de l'exposition *Play & Replay*, à Mulhouse en 2013. Les archives de cette exposition nous permettent donc d'apprécier quelques uns de ces clichés qui sont d'habitude préservés du grand public :

« Initialement utilisée pour mesurer l'impact affectif dans un protocole très précis, cette collection a été déplacée dans un contexte artistique et chaque image n'est plus visionnée seule. La vision simultanée de ces 823 images sur un même mur matérialise le flux incessant des photographies témoignant de notre société de l'image, sous toutes ses formes : images publicitaires, familiales, pornographiques, animalières, de reportage ou issues d'un contexte artistique [...] Livrées telles quelles, hors de leurs contextes - celui de la collection des IAPS, mais aussi de leur contexte initial - ces photographies sont "mises à nu", leurs capacités de contrôle affectif est neutralisé⁷²³ ».

⁷²³ IMMELE, Anne, « L'attraction, la véracité et le contrôle », dans *Pleasure, Arousal, Dominance*, Genève, Éditions Centre de la photographie de Genève, 2017, p. 36.



Figure 90 : Reprise du Système International des Images Affectives, par Dorothee Elisa Baumann (images scannées depuis *Pleasure, Arousal, Dominance*, exposition photographique)



Figure 91 : *Pleasure, Arousal, Dominance*, Dorothee Elisa Baumann, 2017, photographies (suite)

Aussi, la composante faciale est évaluée par électro-oculographie, qui mesure l'activité électrique de la rétine via des électrodes disposés vers l'œil et près du front ou près de l'oreille.

Elle est aussi mesurée par des électromyographies (EMG) faciales de surface ou invasives qui calculent le potentiel électrique des muscles (neurotransmetteurs). Ces techniques EMG utilisent des champs magnétiques et s'appliquent donc à la magnéto-oculographie - l'individu porte dans ce cas une lentille émettant un signal électrique - qui permet de repérer les positions de son regard. L'analyse de l'EMG faciale⁷²⁴ est effectuée par différents logiciels qui réalisent « le montage bipolaire [mesure des électrodes], [...] l'application de filtres afin d'optimiser la mesure du signal EMG [...] la segmentation autour des stimuli ou des moments d'intérêt en prenant en compte une période avant la stimulation (ligne de base) [...] l'exclusion de certaines portions qui contiennent des artefacts⁷²⁵» et enfin le moyennage du signal.

2.1.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse de la composante faciale

Dans le cadre artistique, le comportement facial est plus généralement évalué par des dispositifs de suivi oculaire (oculométrie) qui portent sur des systèmes fixes (images présentées sur des ordinateurs) ou mobiles (images présentées dans des lunettes, par exemple). Les oculomètres et les dispositifs de vidéo-oculographie, mesurent la position, le mouvement et les variations de la taille de la pupille grâce à une caméra et une lumière infrarouge, dans l'objectif de produire des images en série avec « des pupilles sombres et un contraste élevé avec l'iris⁷²⁶». La technique du reflet cornéen est une technique à « tête libre⁷²⁷» - la caméra est placée sous un écran - qui reprend les principes de lumière infrarouge évoqués. Des logiciels analysent ensuite les différentes tailles de la pupille qu'ils comparent à l'information provenant des photographies ou vidéos. Il est important de souligner que les pupilles réagissent au niveau d'activation émotionnel de l'individu (*arousal*⁷²⁸) par des changements de taille. Puisque le spectateur est relativement statique lorsqu'il regarde un film, les dispositifs de suivi du regard

⁷²⁴ KORB Sebastian, DELPLANQUE Sylvain, *Op. Cit.*, p. 183-194.

⁷²⁵ MAZOYER, Bernard, *Op. Cit.*, p. 188.

⁷²⁶ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1596.

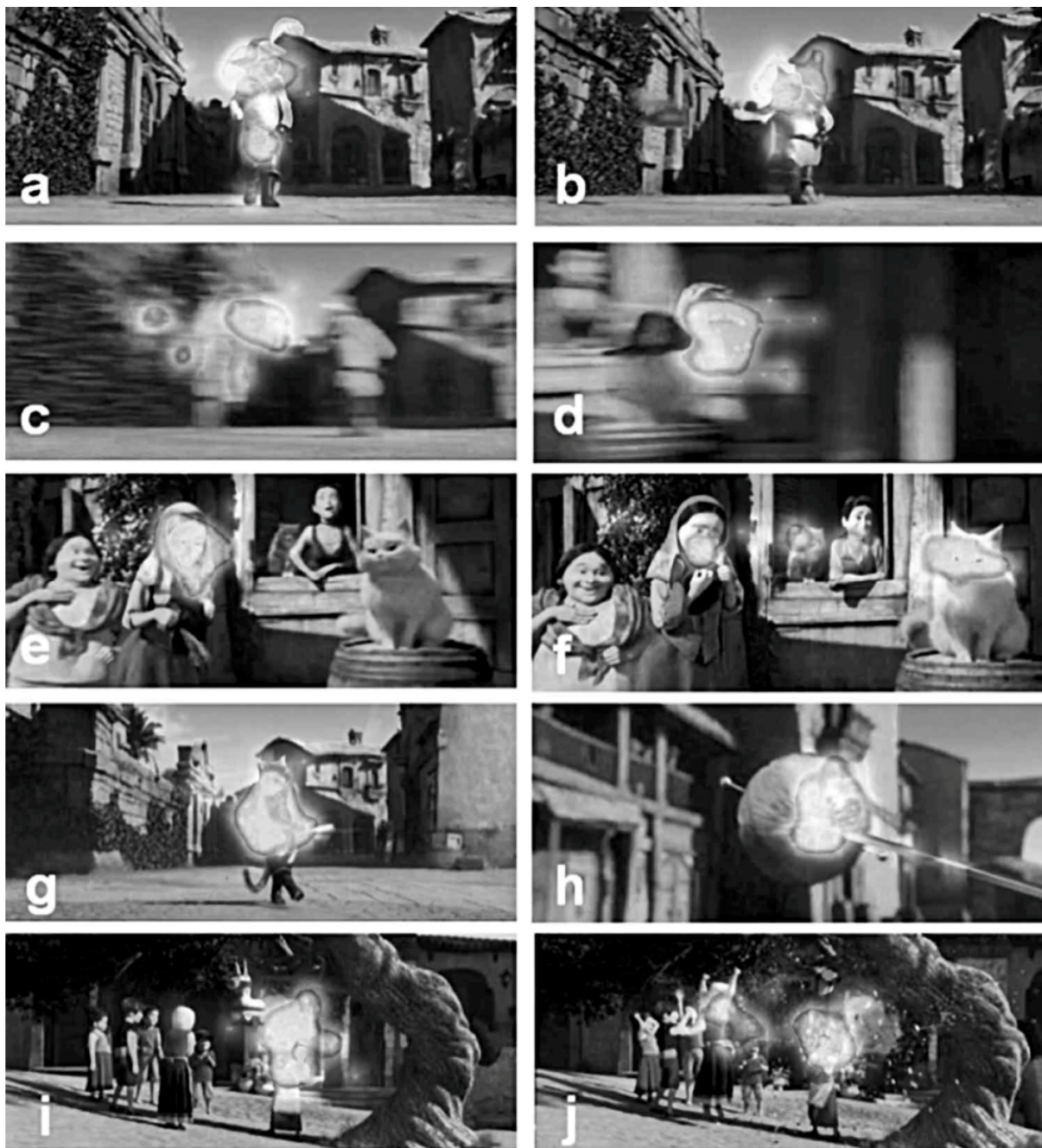
⁷²⁷ RICHTER Aude, TERNAUX Michèle, « Les techniques d'enregistrement des mouvements des yeux », *Ens-Lyon*, 2017, [Site de l'ENS], [http://aces.ens-lyon.fr/aces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/perception-sensorielle-1/vision/comprendre/VisionMarseille/pages_techniques]

⁷²⁸ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1596.

humain sont particulièrement utilisés au cinéma pour l'étude du phénomène attentionnel chez le spectateur :

« Connaître le chemin de balayage d'un spectateur pendant une séquence de film est important car la courte durée de la plupart des plans signifie que le spectateur ne pourra assister qu'à une petite partie de la zone d'écran. Dans une salle de cinéma moyenne avec un écran de 40 pieds vu à une distance de 35 pieds, cette région au centre de notre regard ne couvrira qu'environ 0,19 % de la surface totale de l'écran. Étant donné que la durée moyenne des plans de la plupart des films produits aujourd'hui est inférieure à 4 secondes [...], les téléspectateurs ne pourront faire au maximum que 20 fixations couvrant seulement 3,8 % de la surface de l'écran. Cette infime quantité montre à quel point il est important pour un cinéaste de savoir exactement où son public regarde chaque moment. Si les téléspectateurs ne prêtent pas attention aux éléments d'un plan qui transmettent les informations visuelles les plus importantes, le spectateur ne comprendra pas le plan, ce qui peut entraîner une augmentation confusion et manque de plaisir⁷²⁹ ».

⁷²⁹ SMITH, Tim J., « Watching You Watch Movies : Using Eye Tracking to Inform Cognitive Film Theory », dans Arthur P. Shimamura (dir.), *Psychocinematics : Exploring Cognition at the Movie*, Oxford, Oxford University Press, 2013, p. 169.



Légende : Les cartes de chaleur (cercles clairs) représentent les points d'intérêt du regard sur l'écran

Figure 92 : Comportement du regard de seize spectateurs durant la bande annonce de *Puss in Boots*, Dreamwork Animation, 2011, film, selon Tim Smith

Ainsi, l'oculométrie, qui est progressivement intégrée dans les visiocasques par exemple, pourra être un bon outil pour la production d' I^2 émotionnelles. Le concepteur-artiste devra cependant prendre en compte que ce type de procédés génère encore actuellement une légère latence, qui peut toutefois suffire à la création artistique. Dans le cadre de la réalité virtuelle, plusieurs solutions existent dans le cadre d'un suivi oculaire (eye-tracking) tels que les visiocasques Varjo (Varjo VR-3, Varjo XR-3, Varjo Aero) qui s'accompagnent pour la

création, de logiciels compatibles avec Unity, Unreal Engine, OpenXR, Autodesk VRED, etc.. Le HTC VIVE Pro Eye est aussi disponible avec le logiciel Pro Lab de Tobii qui facilite l'accès et l'utilisation aux paramètres de suivi oculaire dans trois cadres la création d'expérience, l'enregistrement des données oculaires, et l'analyse des données et permet aussi de combiner et synchroniser le suivi oculaire avec d'autres types de capteurs : des électroencéphalogrammes (EEG), des capteurs de conduction cutanée (AED) et des électrocardiogrammes (ECG).

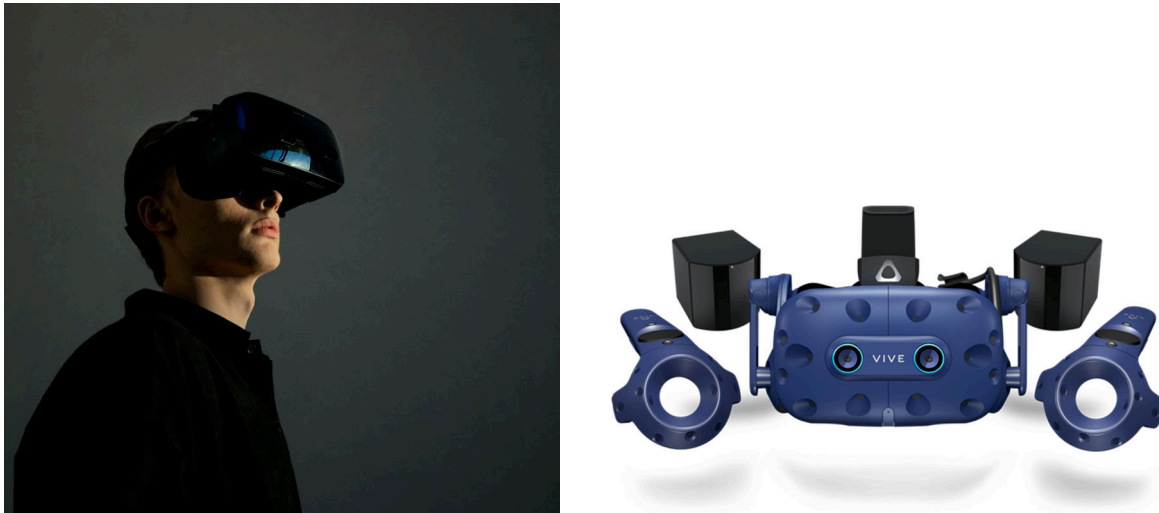


Figure 93 : Visiomasques avec oculométrie, à gauche le Varjo VR-3, à droite le HTC VIVE Pro Eye.

L'oculométrie dans le cadre de la création artistique ou d'applications permet d'interagir via le regard, de déclencher des événements ou des points d'action. Elle permet de savoir ce que le participant regarde et inversement, ce qu'il ne regarde pas. C'est une information précieuse qui permet d'élaborer des « cartes de chaleur » et des « cartes d'occultation », qui désignent respectivement les zones les plus regardées et les zones ignorées par l'individu, ainsi que les « cartes de chemin⁷³⁰ » (ou *scanpath*) qui matérialisent les différents trajets du regard (*gaze*) en séquence. Par cette étude du regard, l'oculométrie permet d'optimiser la disposition des éléments visuels en fonction des zones d'attention, selon deux objectifs. Le premier est ergonomique et se situe en priorité par rapport à l'expérience du participant : le concepteur-artiste doit faciliter la lecture de l'environnement virtuel⁷³¹. Le second est économique,

⁷³⁰ Nous adoptons ici les notions utilisées notamment dans le domaine de l'UX design (expérience utilisateur) mais aussi dans le cadre des recherches autour de l'oculométrie en réalité virtuelle, CLAY Viviane, KÖNIG Peter, KOENIG Sabine U., « Eye Tracking in Virtual Reality », *Journal of Eye Movement Research*, vol. 12, 2019, p. 12.

⁷³¹ Ce point de conception de niveau (*level design*) sera traité au chapitre 8.

s'intéresse à l'optimisation du calcul des images ou de l'environnement à 360° et en 3D dans l'objectif d'en augmenter la définition globale. À ce titre, un logiciel calcule les zones de haute résolution à l'endroit où se pose la fovéa⁷³². Le « rendu fovéal » caractérise donc un objectif technique qui souhaite se rapprocher de la vision humaine « naturelle ». L'usage de dispositifs de suivi des yeux peut améliorer le processus de création des images, indépendamment de ce qui a été précité. Dans le cadre plus large de l'expérience patrimoniale par exemple, des recherches sont effectuées avec des systèmes de suivi des yeux ambulatoires (lunettes), dans le but de comprendre le regard des visiteurs et ainsi d'améliorer les processus de médiation. Le projet *Van Gogh Museum Eye-tracking*⁷³³ par exemple, étudie la manière dont les visiteurs apprécient l'art pictural dans un contexte se rapprochant « de la vie réelle », c'est-à-dire d'après des configurations plus « naturelles » que celles permettant l'analyse du comportement visuel en laboratoire⁷³⁴ :

« [...] les mouvements oculaires sont le résultat de l'entrée visuelle (ascendante) atteignant l'œil et des attentes et intentions de l'observateur (objectifs descendants). Les processus attentionnels ascendants sont pilotés par des stimuli et automatiques, directement déterminés par les propriétés physiques de l'environnement ; tandis que les processus attentionnels descendants sont déterminés par les objectifs, les intentions et l'interprétation de l'observateur. Néanmoins, même lorsque les gens ont un objectif clair, un objet brillant mais non pertinent peut toujours capter leur attention. C'est cette interaction entre les apports du monde extérieur et les objectifs et les intentions de l'observateur qui détermine finalement où les gens regardent, où ils regardent ensuite et combien de temps ils restent fixés à un endroit particulier. Lors de la visualisation d'images, un observateur peut rapidement extraire l'essentiel de la scène (c'est-à-dire de quoi parle l'image), mais les détails des objets et l'appréciation de l'image ne deviennent disponibles qu'après un balayage ultérieur de l'image⁷³⁵».

⁷³² L'espace périphérique a une faible densité dans l'espace rétinien, il ne nécessite pas forcément cette haute résolution.

⁷³³ -, « Looking through the eyes of museum visitors - The Van Gogh Museum Eye-Tracking Project », *Department of Experimental and Applied Psychology*, publié en 2022, consulté le 21 Mars 2021, [<http://www.vupsy.nl/van-gogh-museum-eye-tracking-project/>]

⁷³⁴ *Ibidem*.

⁷³⁵ WALKER Francesco, BUCKER Berno, ANDERSON Nicola C., SCHREIJ Daniel, THEEUWES Jan, « Looking at paintings in the Vincent Van Gogh Museum : Eye movement patterns of children and adults », *PLoS ONE*, vol. 12, 21 Juillet 2017, [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178912>]

2.2 – La composante vocale

2.2.1 – Microphones et logiciels d'analyse acoustique

Sans contact réel et immédiat entre les individus, la composante vocale permet d'obtenir des informations sur le « genre de la personne qui parle », « son âge », « son milieu socio-économique », son « groupe ethnique », sa « personnalité », son « statut dans les petits groupes » et ses « états affectifs⁷³⁶ ». En sus, dans toutes les cultures, les émotions provoquent des changements dans la composante vocale des expressions⁷³⁷. Ces modifications sont notamment engendrées - la recherche sur le sujet demanderait à être approfondie - par « la sécheresse de la bouche ou du larynx », un « rythme respiratoire qui accélère » ou encore par des « tremblements musculaires⁷³⁸ ». La composante vocale (verbale et non-verbale) est enregistrée sous la forme d'échantillons vocaux, de discours ou de conversations⁷³⁹, par des microphones qui s'intéressent aux paramètres acoustiques (phonation et articulation⁷⁴⁰) et que nous distinguons sous quatre formes :

- Des paramètres de temps : débit de parole (nombre de syllabes par unité de temps en comptant les pauses), niveau d'articulation (nombre de syllabes par unité de temps, sans compter les pauses) ainsi que la fréquence et la durée des pauses⁷⁴¹.
- Des paramètres d'amplitude : « intensité de la pression acoustique des ondes lorsqu'elles se propagent dans l'air⁷⁴² » (perception du volume).

⁷³⁶ KAPPAS Arvid, HESS Ursula, SCHERER Klaus R., « Voice and emotion », dans R. S. Feldman, B. Rimé (dirs.), *Fundamentals of nonverbal behaviour*, Cambridge, Cambridge University Press, 1991, p. 218.

⁷³⁷ WALLBOOT Harald G., SCHERER Klaus R., « How universal and specific is emotional experience? Evidence from 27 countries on five continents », *Social Science Information*, vol. 25, 1986. p. 763-795.

⁷³⁸ KAPPAS Arvid, HESS Ursula, SCHERER Klaus R., *Op. Cit.*, p. 204.

⁷³⁹ Trouvable sous la forme de base de données, par exemple « The Reading Experience Database » qui contient des enregistrements datant de 1450 jusqu'à 1945. The Open University : [<http://www.open.ac.uk/Arts/RED/index.html>]

⁷⁴⁰ Le terme « phonation » fait référence à « la production d'ondes sonores, qui sont ensuite modifiées ou filtrées par des processus articulatoire », KAPPAS Arvid, HESS Ursula, SCHERER Klaus R., *Op. Cit.*, p. 205.

⁷⁴¹ *Ibid.*, p. 212.

⁷⁴² *Ibidem.*

- Des paramètres de fréquence : la fréquence fondamentale qui est « la fréquence de vibration glottale [...] étroitement liée à la hauteur perçue d'un énoncé⁷⁴³ », le pitch (fréquence fondamentale et qualité de la voix).
- Des paramètres spectraux, qui associent l'amplitude et la fréquence : résonnance localisée sur une seule fréquence ou sur une fréquence à laquelle s'ajoute les fréquences voisines, autrement nommées « formants », qui se caractérisent par « leur fréquence, leur amplitude au pic et leur bande passante⁷⁴⁴ ».

Au même titre, l'expérimentation de Jo-Anne Bachorowski et Michael Owren indexe « les processus émotionnels » par l'étude des échantillons naturels (non actés) de paroles enregistrées avec un microphone sur casque Audio Technica Pro 8, pour en distinguer les « changements subtils dans la structuration de l'énergie à travers le spectre des fréquences [...] et des perturbations infimes dans Fo [Fréquence fondamentale]⁷⁴⁵ ». Les formes d'ondes - cycles par secondes ou variation de cycle à cycle et perturbation en fréquence et en amplitude - sont ensuite analysées avec le « logiciel Canadian Speech Research Environment 4.0⁷⁴⁶ ». Dans une autre étude, Tom Johnstone et Klaus R. Scherer étudient la prosodie de la voix en fonction des émotions de base : par exemple, la colère provoque une augmentation de l'intensité et de la fréquence fondamentale, à l'inverse, la tristesse provoque une diminution de ces valeurs⁷⁴⁷.

2.2.1 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse de la composante vocale

⁷⁴³ *Ibidem*.

⁷⁴⁴ *Ibidem*.

⁷⁴⁵ BACHOROWKI Jo-Anne, OWREN Michael T., « Vocal Expression of Emotion: Acoustic Properties of Speech Are Associated with Emotional Intensity and Context », *Psychological Science*, vol. 6, No. 4, Juillet 1995, p. 219.

⁷⁴⁶ *Ibid.*, p. 220.

⁷⁴⁷ SCHERER Klaus R., JOHNSTONE Tom, « Vocal communication of emotion », dans Michael Lewis, Jeannette Haviland-Jones, (dirs.), *The Handbook of emotion*, New York, Guilford Press, 2000, p. 227.

L'étude de la prosodie peut être élargie à l'évaluation de l'inflexion de la voix et la modulation, autrement dit le rythme, les accents et l'intonation. Les microphones dédiés à la détection de la voix peuvent aussi servir à la détection du souffle comme nous l'avons vu au chapitre 2 avec l'œuvre *Les Pissenlits* de Edmond Couchot, Michel Bret et Marie-Hélène Tramus : les participants soufflent sur un microphone afin de détacher les akènes des fleurs (Cave). De la même manière, dans *Organismes typographiques* de Adrien Mondot et Claire Bardainne (compagnie Adrien M et Claire B, exposition *XYZT*, 2015, expérience de réalité augmentée avec Pepper's Ghost⁷⁴⁸) les participants soufflent sur une boîte vitrée (un écran) qui projette une image composée de lettres dans un aquarium. En soufflant sur des formes volantes s'apparentant à des petits insectes, ils reforment ainsi une phrase : « Hasard Coïncidence ».



Figure 94 : *Organismes typographiques* de Adrien Mondot et Claire Bardainne (compagnie Adrien M et Claire B, exposition *XYZT*, 2015, installation avec Pepper's ghost)

2.3 – La composante comportementale

2.3.1 – Électromyographie, accéléromètres, interfaces de suivis des mouvements et gestes (*tracking*)...

La composante comportementale *stricto sensu*, est certainement la composante émotionnelle qui dispose du plus grand nombre de dispositifs de mesure. Toutefois, ces derniers sont surtout utilisés dans le cadre d'un interfaçage sensori-moteur, visant à faciliter et améliorer les modes opératoires de l'utilisateur dans l'environnement virtuel et qui se passe donc dans un

⁷⁴⁸ La technique du « Pepper's Ghost » consiste à projeter une source lumineuse sur une plaque en verre inclinée à 45 degrés (par rapport à sa source) pour faire apparaître des éléments en « lévitation » dans le vide.

grand nombre de cas, d'une réflexion sur les I² émotionnelles. Elle regroupe l'activité musculaire, la posture, les déplacements et les gestes (approche proprioceptive, comprenant la proprioception musculaire), sans oublier le sens du toucher qui est composé de deux aspects sensoriels : un toucher « actif » qui « explore manuellement l'environnement⁷⁴⁹ » et un toucher « passif » lorsque la peau est touchée⁷⁵⁰. La plupart des instruments de mesure ne concernent qu'un seul versant expressif, facial, vocal ou comportemental humain, à l'exception peut-être de quelques dispositifs d'inspection visuelle tel que le Multimodal Emotion Recognition Test (MERT) qui souhaite étudier les versants expressifs du visage, de la voix et du corps simultanément afin de mettre à jour en priorité, les différences interindividuelles dans la reconnaissance des émotions⁷⁵¹. Celui-ci a pour vocation de traiter dix émotions actées sur un panel de six hommes et six femmes et sur un spectre dimensionnel dépendant aussi de différents niveaux d'intensité : anxiété, peur panique, bonheur, exaltation, colère froide, colère chaude, tristesse, désespoir, dégoût et mépris. Les émotions sont représentées via « des extraits de films », selon quatre modalités : « vidéo uniquement (repères faciaux) », « audio uniquement (signaux vocaux) », « audio/vidéo » et « photographies fixes⁷⁵² ».

La composante comportementale est évaluée par électromyographie (EMG). Ces dispositifs mesurent l'activité électrique du « fonctionnement musculaire⁷⁵³ » par exemple, l'électrophysiologie du muscle strié cardiaque : « La contraction d'un muscle strié squelettique sera induite par la décharge des neurones moteurs (motoneurones) qui l'innervent⁷⁵⁴ ». L'électromyographie peut être invasive, auquel cas l'expérimentateur place une « aiguille sous la peau auprès du muscles d'intérêt⁷⁵⁵ », ou non-invasive, dans ce cas précis des « électrodes [sont] positionnées à la surface de la peau⁷⁵⁶ ». La composante comportementale peut aussi être évaluée grâce à un accéléromètre tridimensionnel (ceinture), qui mesure « l'amplitude et la

⁷⁴⁹ FUCHS, Philippe. *Op. Cit.*, 2018, p. 90.

⁷⁵⁰ *Ibidem*.

⁷⁵¹ BÄNZIGER Tanja, SCHERER Klaus, GRANDJEAN Didier, « Emotion recognition from expressions in Face, Voice, and Body: The Multimodal Emotion Recognition Test (Mert) », *Emotion*, vol. 9, Octobre 2009, p. 692.

⁷⁵² *Ibidem*.

⁷⁵³ KORB Sebastian, DELPLANQUE Sylvain, *Op. Cit.*, p. 181.

⁷⁵⁴ *Ibid.*, p. 182.

⁷⁵⁵ *Ibid.*, p. 181.

⁷⁵⁶ *Ibid.*, p. 181.

direction de l'accélération appropriée dans les plans x, y et z ⁷⁵⁷». Dans l'étude de Boerema et alii qui porte sur l'optimisation du placement d'un capteur accéléromètre pour l'évaluation de l'activité physique, le dispositif est composé de cinq capteurs ProMove 2 disposés sur une ceinture élastique et d'un logiciel embarqué sur chaque capteur calculant « les Intégrales du Module des valeurs de sortie de l'Accéléromètre (IMA) ⁷⁵⁸ » (ou algorithme IMA), en fonction des filtres de fréquences, passe-haut ou passe-bande, qui sont aussi appliqués. Enfin, elle peut être évaluée grâce à un podomètre qui mesure le nombre de pas et la distance parcourue. Associées à un GPS, ces deux mesures peuvent aussi calculer la vitesse, les trajectoires empruntées par l'individu et la moyenne de sa fréquence cardiaque, comme nous le voyons à travers des applications dédiées au sport telle que Strava ⁷⁵⁹.

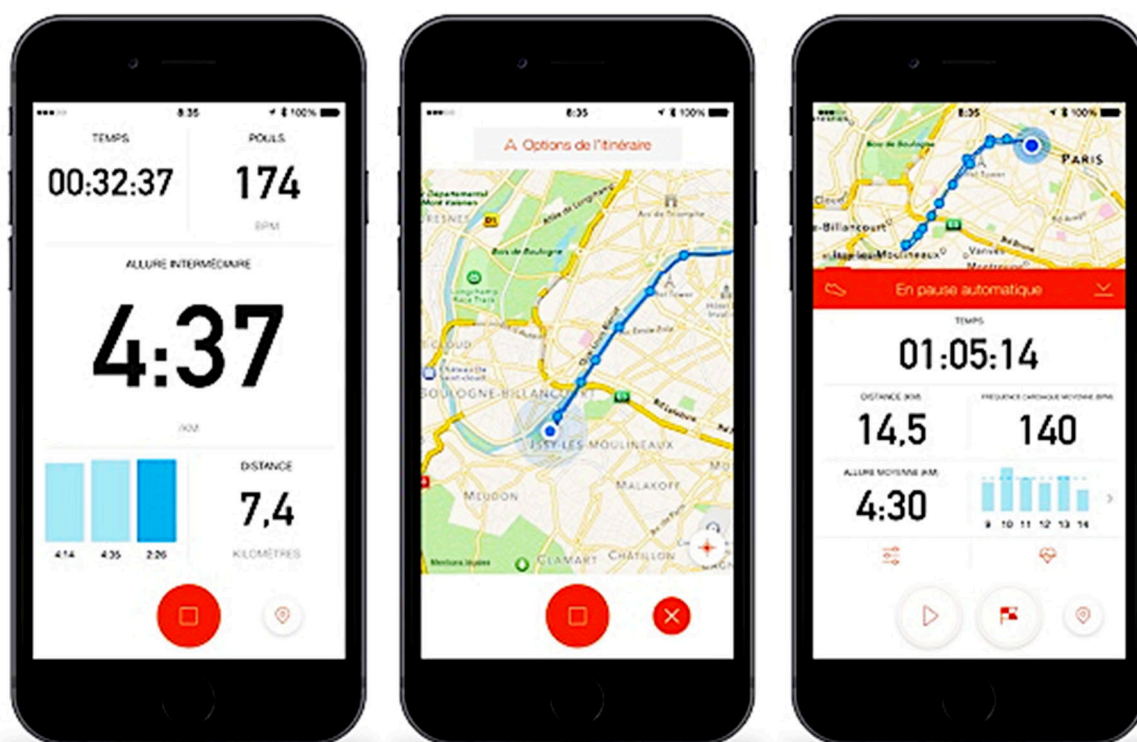


Figure 95 : Interface de l'application Strava dédiée au sport (course, vélo, etc.)

Enfin, la composante comportementale peut être mesurée via des dispositifs d'inspection visuelle par codage des postures du corps et des gestes. Dans ce type d'étude, une

⁷⁵⁷ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1595-1596.

⁷⁵⁸ BOEREMA Simone T., SCHAAKE L., VAN VELSEN Lex, TONIS T. M., « Optimal Sensor Placement for Measuring Physical Activity with a 3D Accelerometer », *Sensors*, vol. 14, 2014, p. 3192.

⁷⁵⁹ [<https://www.strava.com/>]

unité de posture représente « l'alignement général d'un articulateur ou d'un ensemble d'articulateurs (tête, tronc, bras) à une configuration de repos particulière qui montre des changements périodiques appelés changements de posture⁷⁶⁰ ». Une unité d'action représente quant à elle « une excursion locale d'un articulateur ou d'un ensemble d'articulateur (principalement les bras) en dehors d'une configuration de repos avec un début très discret (point de départ), une durée relativement courte et un décalage distinct (point final) où l'articulateur revient à une configuration de repos⁷⁶¹ ». À ce titre, Mark Coulson génère par ordinateur des mannequins sous trois angles de vue « de face », « de côté », « de derrière⁷⁶² », à partir des expressions posturales associées aux six émotions de base de Paul Ekman⁷⁶³.










	Front	Side	Rear	Description
Anger	 90%	 50%	 36%	Head bend -20 Chest bend 40 Abdomen twist 0 Shoulder swing -60 Shoulder adduct/abduct -45 Elbow bend -110 Weight transfer forwards
Disgust	 6%	 5%	 43%	Head bend -20 Chest bend 0 Abdomen twist -50 Shoulder swing -60 Shoulder adduct/abduct -45 Elbow bend 0 Weight transfer backwards
Fear	 67%	 67%	 50%	Head bend -20 Chest bend 20 Abdomen twist 0 Shoulder swing -60 Shoulder adduct/abduct -45 Elbow bend -50 Weight transfer backwards

Figure 96 : Postures en fonction des six émotions de base selon Mark Coulson

⁷⁶⁰ DAEL Nele, MORTILLARO Marcello, SCHERER Klaus R., « The Bodily Action and Posture Coding System (BAP): Development and Reliability », *Journal of Nonverbal Behavior*. vol. 36, 2012, p. 101.

⁷⁶¹ *Ibidem*.

⁷⁶² *Ibid.*, p. 128.

⁷⁶³ COULSON, Mark, « Attributing emotion to static body postures: recognition accuracy, confusions, and viewpoint dependence », *Journal of Nonverbal Behavior*, vol. 28, 2004, p. 121.

Le système de codage des actions corporelles et des postures (ou modèle *BAP*, *Bodily Action and Posture coding system*) présente « 151 représentations de 17 émotions encodées par 10 acteurs (5 hommes) ⁷⁶⁴», aussi configurées en termes de valence et d'excitation. Pour analyser les différentes représentations émotionnelles, les chercheurs utilisent ensuite un logiciel « de rendu vidéo et de codage à verrouillage temporel [...] qui implémente le schéma de codage dans une interface utilisateur graphique intuitive à travers laquelle le codeur peut attribuer des codes aux mouvements du corps spécifiant le début et la fin des comportements ⁷⁶⁵» (logiciel Anvil). Les résultats de cette étude sont ensuite classés selon des catégories de comportements : le « regard », « l'orientation et la symétrie », « la posture », « l'articulation de l'action », « la forme de l'action », « la fonction de l'action ⁷⁶⁶ » et « la segmentation ⁷⁶⁷ ».

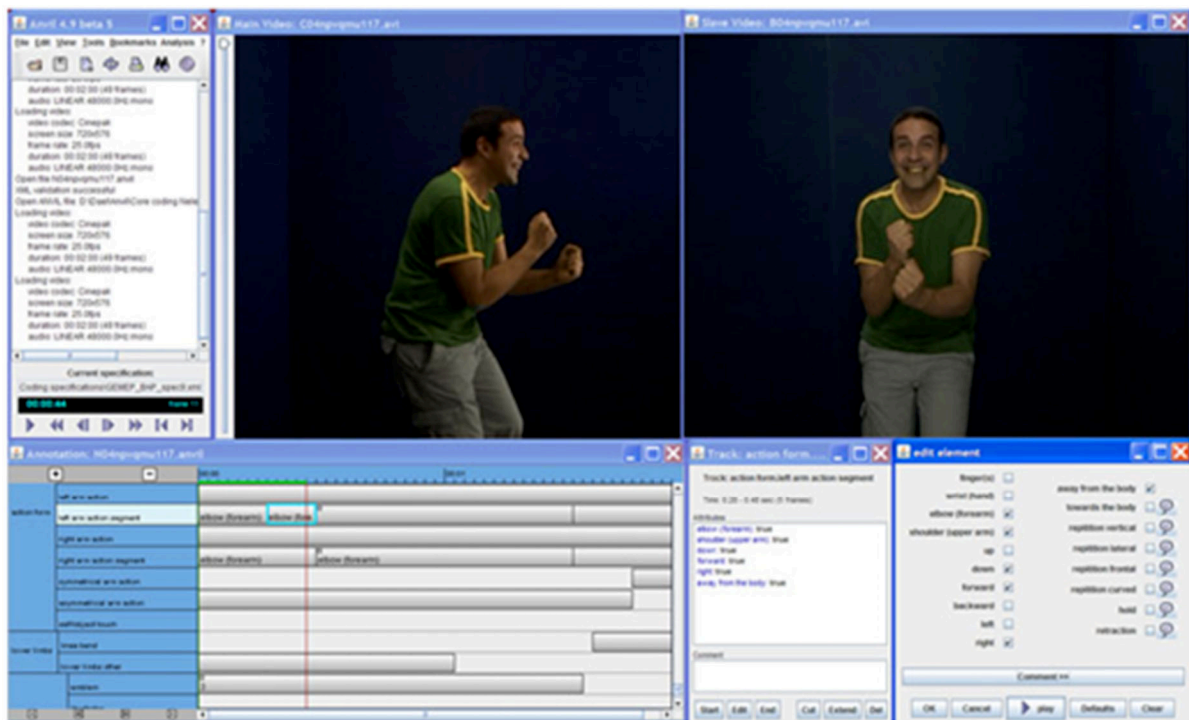


Figure 97 : Interface du logiciel Anvil

Aussi, dans le cadre de la réalité virtuelle, le corps sensori-moteur, cognitif et émotionnel du sujet est présent dans l'environnement réel et en même temps transplanté dans

⁷⁶⁴ DAEL Nele, MORTILLARO Marcello, SCHERER Klaus R. *Op. Cit.*, p. 101.

⁷⁶⁵ *Ibid.*, p. 108.

⁷⁶⁶ *Ibid.*, p. 114.

⁷⁶⁷ *Ibid.*, p. 115. Cette dernière suppose une « description alignée dans le temps [...] », *Ibid.*, p. 118.

son extension virtuelle, son « avatar ». Il est donc présent à deux endroits différents⁷⁶⁸, qui dialoguent grâce aux interfaces comportementales (les systèmes de suivi de mouvements ou *tracking*⁷⁶⁹, par exemple). Du point de vue de l'expérience du participant, cette présence dans les deux environnements est alternative car la conscience fonctionne via un « goulot d'étranglement⁷⁷⁰ » : les informations arrivent l'une après l'autre jusqu'à la conscience. Ces interfaces comportementales capturent les mouvements de l'utilisateur en temps réel et lui permettent d'agir en synchronie. L'individu tel qu'il est ainsi confondu à l'environnement de réalité virtuelle, est nommé « sujet interfacé⁷⁷¹ ». Il est associé aux dispositifs computationnels qui lui permettent d'être en relation avec celui-ci. Les dispositifs de réalité virtuelle disposent de deux types d'interfaçage comportemental, « externe » et « interne » comme nous l'avons vu au chapitre 2. Les limites de l'espace interfacé (largeur de la zone et la hauteur du sol) et par extension, les limites de l'interfaçage comportemental⁷⁷², sont dessinées en réalité mixte via les logiciels Steam VR ou Oculus (*guardian*) qui traitent l'information issue du suivi de mouvement : ainsi l'utilisateur peut voir les limites physiques de son espace réel et les reproduire dans l'environnement virtuel.

⁷⁶⁸ Il s'agit du concept de « couplage structurel » évoqué par RABOISSON, Nathanaëlle, « Esthétique d'un art expérientiel : l'installation immersive et interactive », Thèse, Université de Paris VIII, 2014, p. 117.

⁷⁶⁹ Analysent les déplacements et mouvements du joueur dans l'environnement réel.

⁷⁷⁰ DEHAENE, Stanislas. *Op. Cit.*, p. 58.

⁷⁷¹ COUCHOT, Edmond, *La Technologie dans l'art. De la photographie à la réalité virtuelle*, Nîmes, Jacqueline Chambon, 1998, p. 226.

⁷⁷² Ces limites spatiales constituent une problématique technique pour les concepteurs-artistes puisqu'elles limitent le comportement du participant en lui-même.

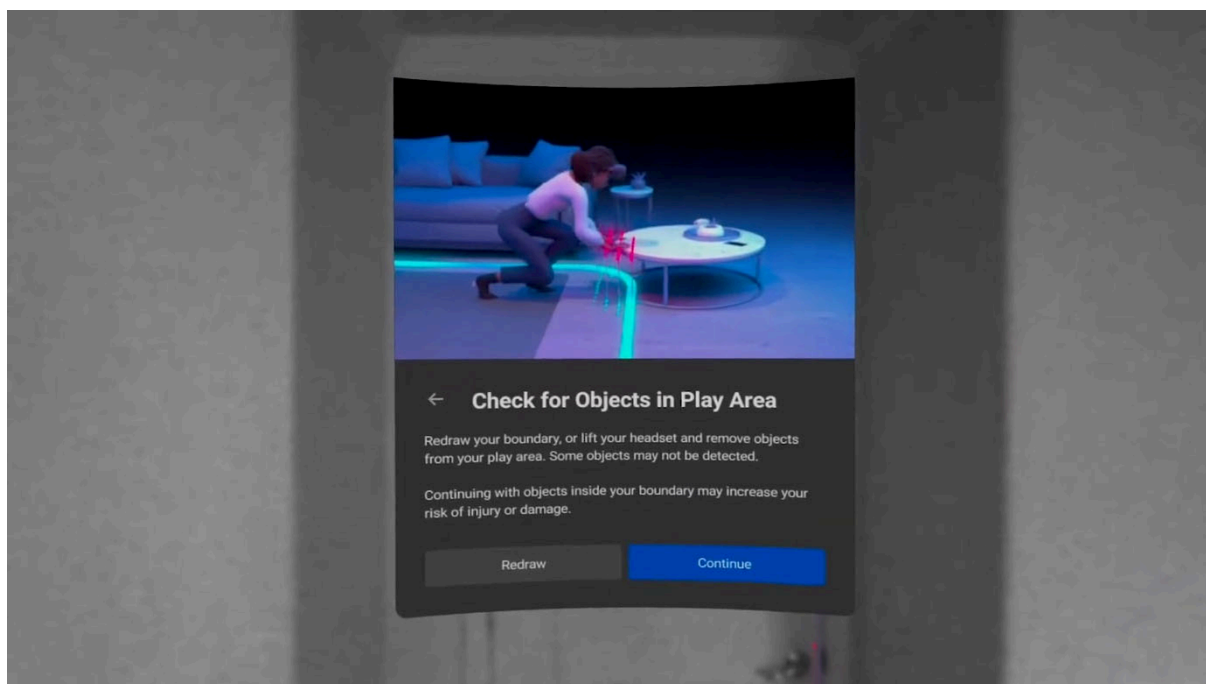


Figure 98 : En arrière-plan et en noir et blanc, la pièce dans laquelle se trouve l'individu sur laquelle est superposée une fenêtre d'affichage en couleur (*head-up display* ou *HUD*) demandant au participant de dessiner sa zone de jeu

La composante comportementale impute aussi au toucher et aux gestes. Le toucher n'est pas un sens localisé, ses récepteurs se situent sur la surface complète du corps humain, à l'extérieur et à l'intérieur (dans les viscères⁷⁷³), sur une surface d'environ deux mètres carré de peau⁷⁷⁴ comme le présente de manière schématique l'homonculus de Penfield (ou homme sensitif⁷⁷⁵). Il est composé de trois types de récepteurs sensoriels, les nocicepteurs - qui reçoivent l'information qui concerne l'intensité de la douleur subie - les mécanorécepteurs - les récepteurs de la déformation mécanique cutanée à l'endroit de la peau où se situe le contact avec l'objet - et les thermorécepteurs, qui sont des récepteurs de la température (froid et chaud).

⁷⁷³ MATH, François, *Op. Cit.*, p. 229.

⁷⁷⁴ MONTAGU, Ashley, *Touching : The Human Significance of the Skin*, New-York, Columbia University Press, 1971.

⁷⁷⁵ Dans BAYART, Benjamin, *Op. Cit.*, p. 29.



Figure 99 : Homonculus de Penfield : la taille des membres est proportionnelle au nombre de capteurs sensitifs présents dans cette région

Les nocicepteurs sont sensibles à la douleur. Ils déclenchent un message nerveux à partir d'une stimulation cutanée qui peut être de nature mécanique (via les mécanorécepteurs), par exemple lorsque nous recevons ou donnons un coup, lors d'une piqûre ou d'une torsion de la peau⁷⁷⁶. Elle peut aussi être de nature thermique dans le cas d'une température excessive (froide ou chaude). Les récepteurs « polymodaux⁷⁷⁷ » (Fibres C) permettent de percevoir les changements mécaniques et thermiques. La stimulation cutanée peut aussi être chimique, via les « chémorécepteurs⁷⁷⁸ » qui répondent quant à eux à des stimuli « extérocepteurs ou intérocepteurs⁷⁷⁹ » en détectant les toxines, par exemple.

Les mécanorécepteurs sont sensibles à la pression, à la vibration et au tact. Il en existe au moins quatre types qui sont situés à des endroits différents de l'épaisseur de la peau :

- Dans l'épiderme, nous retrouvons par exemple les corpuscules de Meissner et les disques de Merkel⁷⁸⁰.

⁷⁷⁶ MATH, François, *Op. Cit.*, p. 210.

⁷⁷⁷ *Ibidem*.

⁷⁷⁸ MCFARLAND, David, *Le comportement animal. Psychobiologie, éthologie et évolution*, Bruxelles, De Boek Supérieur, 2009, p. 209.

⁷⁷⁹ *Ibid.*, p. 210.

⁷⁸⁰ Forme et texture des objets en contact de la peau.

- Dans le derme, nous retrouvons par exemple les corpuscules de Ruffini.
- Dans l'hypoderme, nous retrouvons par exemple les corpuscules de Pacini.

L'extrémité des doigts est particulièrement sensitive puisqu'elle possède deux-mille cinq cent récepteurs au centimètre carré⁷⁸¹. Cela explique la profusion d'interfaces haptiques et tactiles se concentrant sur cette zone particulièrement. La sensibilité mécanique peut aussi être de nature proprioceptive⁷⁸², c'est-à-dire « musculaire et articulaire », et porte alors sur la position, la force et le mouvement de certaines parties du corps. Elle est « musculaire » via les organes tendineux de Golgi⁷⁸³, les fuseaux neuromusculaires, les corpuscules de Pacini et les terminaisons nerveuses libres⁷⁸⁴. Elle est articulaire via les corpuscules de Pacini, de Ruffini, les terminaisons nerveuses libres et les organes tendineux de Golgi. En résumé, les différentes catégories du toucher - perception tactile de la main⁷⁸⁵ - permettent de percevoir la position, la forme, la texture et la température qui sont exercées sur la surface cutanée ou muqueuse, via des capteurs situés sur la peau. Les « déformations mécaniques des muscles, des articulations et des tendons de la main » permettent une perception plus générale du phénomène sensorimoteur en cours en intégrant « simultanément les informations cutanées proprioceptives et motrices liées aux mouvements d'exploration⁷⁸⁶ » (perception haptique).

Le toucher en tant que sens extéroceptif et proprioceptif, est sollicité grâce à des interfaces tactiles - gant tactile Cyberglove, par exemple - produisant des « effets cutanés thermiques » ou des « effets cutanés mécaniques⁷⁸⁷ » : ces dernières informent sur les « effets mécaniques du contact » (force et « glissement à la surface du contact ») ou sur « l'aspect superficiel de l'objet⁷⁸⁸ » (forme, matière, texture). Aussi, les interfaces à simulation de

⁷⁸¹ FUCHS, Philippe. *Op. Cit.*, 2018, p. 59.

⁷⁸² Dans le cadre de cette thèse nous préférons à la notion de « kinesthésie » - perception des déplacements des parties du corps - la notion de « proprioception musculaire ».

⁷⁸³ « [...] mesurent l'effort qu'exerce le muscle sur son articulation ». Berthoz, Alain, *Op. Cit.*, 2008. p. 37.

⁷⁸⁴ FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, 2018, p. 64.

⁷⁸⁵ *Ibid.*, p. 90.

⁷⁸⁶ *Ibidem.*

⁷⁸⁷ *Ibid.*, p. 129.

⁷⁸⁸ *Ibidem.*

mouvement - sièges et cabines, tels que le système Birdly utilisé dans le cadre de plusieurs expériences de réalité virtuelle afin de simuler un état de vol - impactent le système vestibulaire ainsi que le toucher : « nous devons remarquer que ces interfaces imposent aussi indirectement des forces mécaniques, incontrôlables précisément, sur tout le corps de l'utilisateur, stimulant sa proprioception musculo-tendineuse, ainsi que des sensations tactiles⁷⁸⁹ ».



Figure 100 : Interface à stimulation de mouvement Birdly

Le toucher est aussi sollicité via des interfaces motrices - « de commande ou d'interaction⁷⁹⁰ » - telles que les souris, les joysticks, les manettes, les gants avec suivi de mouvement des doigts, les tapis roulants (ou interface de marche), etc. Enfin, il est impacté par des interfaces sensori-motrices, autrement nommées interfaces haptiques ou à retour d'effort (des gants à retour d'effort, par exemple), puisqu'elles réunissent à la fois les perceptions tactiles de la main et les perceptions mécaniques des articulations, tendons et muscles, permettant donc une perception « plus réaliste⁷⁹¹ » du monde virtuel. Concernant les interfaces

⁷⁸⁹ *Ibid.*, p. 135.

⁷⁹⁰ *Ibid.*, p. 139.

⁷⁹¹ *Ibid.*, p. 143.

haptiques, il n'existe pas « d'interfaces génériques⁷⁹² », c'est-à-dire d'interfaces simulant à la fois les dimensions mécaniques, thermiques et kinesthésiques propres à la sensorialité humaine : chaque interface se destine à une application particulière qui permettra un interfaçage transparent pour l'utilisateur. Ces interfaces haptiques sont soit « locales », se focalisant sur un type d'interactions en particulier, soit « généralisées » dans le cas des exosquelettes. Il est enfin important d'ajouter que des interfaces haptiques sont déjà utilisées dans le cadre des arts plastiques pour peindre notamment des formes en relief (Baxter et alii⁷⁹³ ; Gregory et alii⁷⁹⁴, Frank Rose⁷⁹⁵).

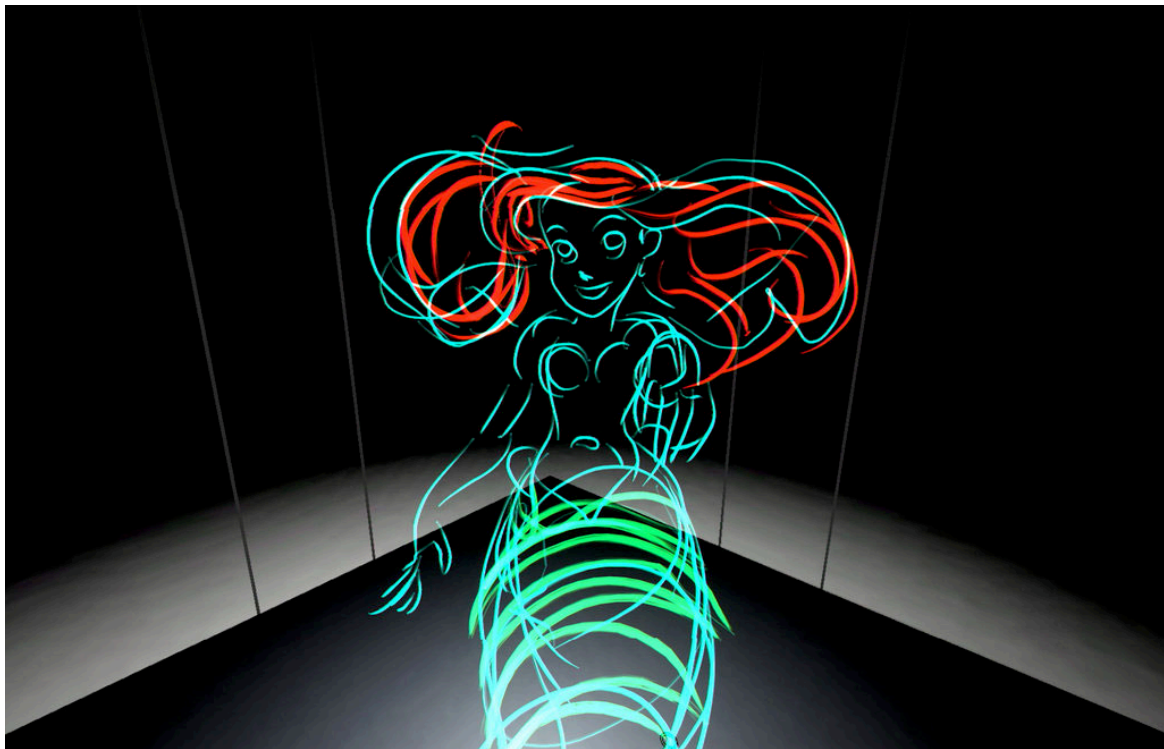


Figure 101 : Dessin d'Ariel (*La petite sirène*, Walt Disney, 1989) dans « The Making of Virtually Real Art With Google's Tilt Brush », *The New York Times* (2017)

⁷⁹² BAYART, Benjamin, *Op. Cit.*, p. 35.

⁷⁹³ BAXTER Bill., SCHEIB Vincent, LIN Ming C., MANOCHA Dinesh, « dAb: Interactive haptic painting with 3d virtual brushes », *SIGGRAPH 2001: Proceeding of the 28th annual conference on Computer Graphics Proceedings*, 2001, p. 461-468.

⁷⁹⁴ GREGORY Arthur D., EHMANN Stephen, LIN Ming C., « inTouch: Interactive multiresolution modeling and 3d painting with a haptic interface », *Proceedings IEEE Virtual Reality*, 2000, p. 45-52.

⁷⁹⁵ ROSE, Frank, « The Making of Virtually Real Art With Google's Tilt Brush », *The New York Times*, publié le 4 Janvier 2017, consulté le 18 Mars 2022, [<https://www.nytimes.com/2017/01/04/arts/design/the-making-of-virtually-real-art-with-googles-tilt-brush.html>]

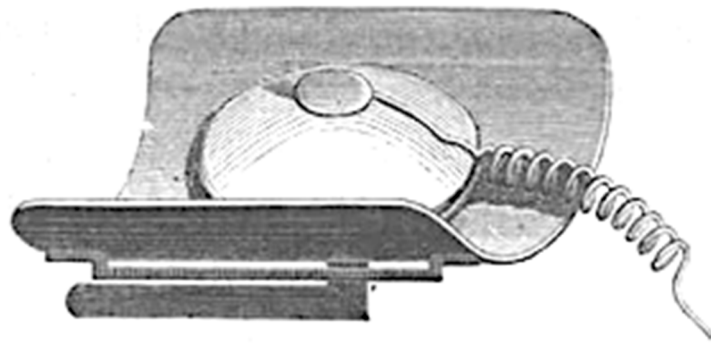


Figure 102 : Myographe de Étienne-Jules Marey⁷⁹⁶

Nous avons vu précédemment que Étienne-Jules Marey a pu s'intéresser aux études de physiologie, ainsi que les procédés de mesure qui lui sont compatibles. Les concepteurs-artistes le connaissent surtout pour ses recherches portant sur les mouvements et déplacements chez l'humain et chez les animaux, à travers un dispositif du pré-cinéma, le fusil photographique, via lequel il décomposait en séquences les différents mouvements et déplacements (la chronophotographie, 1889). En outre, Étienne-Jules Marey a aussi inventé un dispositif de mesure musculaire, le myographe, pour étudier l'origine de ces mouvements et de ces déplacements à petite échelle :

« Pour explorer le gonflement d'un muscle, le mieux est d'employer une capsule pareille à celle d'un tambour à levier, à l'intérieur de laquelle on a mis un ressort-boudin qui fait un peu saillir la membrane. Sur cette dernière on dispose un bouton de métal qui, relié à un fil conducteur, sert au besoin à exciter le muscle. La capsule s'applique par sa face élastique sur le muscle qu'on veut explorer ; on la maintient fortement serrée et immobilisée au moyen d'un bandage roulé ; enfin, un tube de caoutchouc relie cet explorateur à un tambour inscripteur. De cette façon, on détermine les caractères des mouvements volontaires que les muscles exécutent, soit dans la marche, soit dans les différentes actions des bras ou des jambes⁷⁹⁷ ».

⁷⁹⁶ MAREY, Étienne-Jules, *Op. Cit.*, 1878, p. 201.

⁷⁹⁷ *Ibidem.*



Figure 103 : (De gauche à droite et de bas en haut) Leap Motion (source : Ultraleap.com), Brassard Myo (source : Kinemic.com), casque Oculus Quest 2 (source : Oculus.com), système d'interfaçage HTC VIVE (source : réalité-virtuelle.com)

Les technologies Leap Motion sont des capteurs de mouvements de la main et des doigts, interfacés le plus généralement à des ordinateurs pour remplacer l'utilisation de la souris. Nous les retrouvons aussi très souvent dans le cadre des arts plastiques - leur petite taille les rend pratiquement invisibles, ce qui permet d'interfacer les mouvements et gestes du corps « comme par magie » avec l'œuvre - par exemple dans *Corel Painter Freestyle*, un capteur Leap Motion est utilisé pour peindre (*air painting*⁷⁹⁸). Ces capteurs de mouvements sont utilisés dans le domaine du jeu vidéo via des dispositifs comme la *kinect* (microsoft : Windows, Xbox 360 et Xbox One) à travers des expériences vidéoludiques comme *Kinect Star Wars* (Terminal Reality, Lucasfilm Games, High Voltage Software, Panic Button Games, 2012, jeu vidéo et kinect), dans lequel le joueur utilise ses mains pour manier le sabre laser et conduire des vaisseaux, par exemple.

⁷⁹⁸ SUTTON, Jeremy, « Air painting with Corel Painter Freestyle and the leap motion controller: a revolutionary new way to paint! », *Conference ACM SIGGRAPH 2013 Studio Talks*, Juillet 2013.



Figure 104 : Un ouvrier contrôle la « force » grâce à la Kinect dans le trailer de lancement de *Kinect Star Wars*, Terminal Reality, Lucasfilm Games, High Voltage Software, Panic Button Games, 2012, jeu vidéo et Kinect



Figure 105 : Un père et son fils utilisent la Kinect pour simuler des mouvements de sabre laser dans *Kinect Star Wars*, Terminal Reality, Lucasfilm Games, High Voltage Software, Panic Button Games, 2012, jeu vidéo et Kinect

Une version augmentée de ce type de détecteur de mouvements, le Stratos Explore, renvoie à l'utilisateur des effets tactiles générés par des ultrasons. Quand l'individu sonde manuellement l'espace 3-D situé au-dessus de la palette Stratos Explore, celle-ci génère des points de pression dans « l'air », pouvant simuler jusqu'à des textures. Les brassards Myo (*gesture control armband*) sont aussi des technologies EMG qui calculent l'activité électrique des muscles ainsi que les mouvements du bras afin de les retranscrire à distance, dans l'environnement virtuel. Cette interaction peut prendre des formes pseudo-réalistes - c'est-à-

dire qu'elle reproduit les schèmes comportementaux humains dans l'environnement virtuel - symboliques - par exemple, fermer la main permettrait de quitter une page internet - ou irréalistes. D'autres dispositifs existent, qui sont aussi plus imposants (non ambulatoires) et plus chers, comme les tapis de courses connectés et les exosquelettes et qui servent à reproduire l'activité physique humaine dans les environnements virtuels⁷⁹⁹. Ces interfaces motrices peuvent mesurer l'activité émotionnelle mais ne permettent pas de répondre artistiquement à celle-ci, elles n'ont pas été conçues dans cet objectif (il s'agit davantage d'interfaces de commande).

Tableau 106 : Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse des composantes comportementale (faciale, vocale, musculaire, posturale, proprioceptive) dans le cadre artistique

Composante comportementale	Dispositifs de mesure	Méthodes d'analyse
Faciale	Dispositifs d'inspection visuelle (FACS) Dispositifs de suivi oculaire (oculométrie)	Suites de logiciels d'oculométrie (Tobii, Varjo, etc.)
Vocale (prosodie)	Microphone	Logiciels d'analyse acoustique
Activité musculaire, Posture, déplacements, gestes (kinesthésie et proprioception)	Interfaces motrices et sensori-motrices OU (en détail) Interface de suivi des mouvements et gestes (interne ou externe) Électromyographie (EMG) Podomètre et Podomètre + GPS Accéléromètre tridimensionnel Dispositifs d'inspection visuelle ...	Logiciels d'analyse de rendu vidéo et de codage à verrouillage temporel (Anvil, par exemple) Logiciels de suivi des mouvements et gestes (Steam VR, par exemple) ...

⁷⁹⁹ Pour plus de détail sur le sujet aller voir le livre de Philippe Fuchs, *Théorie de la réalité virtuelle : Les véritables usages*.

2.3.2 – Applications artistiques des systèmes de mesure et d'analyse de la composante comportementale : émotions tactiles

Dans le cadre artistique, les interfaces tactiles de perception cutanée utilisent surtout la vibration des manettes, pour transmettre des sensations, voire des émotions à l'utilisateur. Par exemple, dans *Winter Break*, nous avons pu simuler la corde d'un arc en train de se tendre : plus le participant crée un écart entre ses deux manettes (*oculus touch*), plus la fréquence vibratoire augmente et inversement, plus il détend la corde, plus la fréquence vibratoire ralentit. Des interfaces sensorielles ou sensori-motrices peuvent aussi exploiter la dimension affective humaine : nous nommons ces effets « émotions tactiles » ou « émotions haptiques » dans le cas où l'interface exploite aussi la proprioception musculaire de l'utilisateur (mais cela est moins fréquent). Selon nous, ces « émotions tactiles » constituent un enjeu important de la future recherche et création (artistique, applicative) portant sur les environnements virtuels sociaux qui constituent majoritairement les metavers - des mondes virtuels numériques et permanents, dans lesquels les utilisateurs sont immergés corporellement et peuvent interagir - puisqu'elles constitueront une forme du dialogue émotionnel à l'œuvre entre les utilisateurs malgré la distance. En effet, les interfaces devront aussi répondre en exploitant des canaux et des moyens d'expression (énonciatif, surtout⁸⁰⁰) capables d'envisager un dialogue émotionnel sous la forme numérique.

Nous avons vu un exemple de ce type à travers les « tactons » ou « icônes tactiles » de Stephen Brewster et Lorna Margaret Brown au chapitre 3⁸⁰¹. Les « tactons » sont conçus à partir

⁸⁰⁰ L'utilisateur devra ainsi apprendre un *signifiant* - une représentation formelle du signe - avant d'en comprendre le *signifié* émotionnel, c'est-à-dire le concept, le sens associé à la figure.

⁸⁰¹ Il existe toutefois d'autres méthodes comme les « hapticons » de Mario Enriquez et Karon MacLean : « Nous définissons les icônes haptiques, ou "hapticons", comme de brèves forces programmées appliquées à un utilisateur via une interface haptique, avec le rôle de communiquer une idée simple d'une manière similaire aux icônes visuelles ou auditives », ENRIQUEZ Mario J., MACLEAN Karon E., « The hapticon editor: a tool in support of haptic communication research », *Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems 2003 (HAPTICS 2003)*, Mars 2003, p. 356-362, p. 356. Ces derniers diffusent une force directionnelle via un

des systèmes de langage des interfaces *chat* et capables de délivrer un message émotionnel : « les tactons sont des messages structurés et abstraits qui peuvent être utilisés pour communiquer des concepts complexes aux utilisateurs de manière non visuelle⁸⁰² ». À ces fins, ils utilisent des paramètres de fréquence, d'amplitude, de durée, de localisation spatiale et de « forme de la vague⁸⁰³ » (*waveform*) vibratoire pour générer un signifiant émotionnel. Selon nous, ces principaux paramètres pourraient générer des patrons plus complexes afin de produire une « composition tactile ». En supposant que l'émotion tactile passe par la perception cutanée d'une structure phénoménale dont la forme est répétitive et régulière dans le temps (une cadence), le rythme pourrait donc constituer un bon exemple de ce type de modificateurs émotionnels. À l'inverse, nous pourrions penser que l'émotion tactile émerge d'une forme d'arythmie, d'une dissonance issue de la perception soudaine d'une forme irrégulière, là où nous avons avant un rythme cadencé. D'autres structures relatives à la perception dans le temps des sensations cutanées seraient ainsi impliquées telles que *le crescendo* - accélération progressive de la cadence ou de l'intensité de la vibration - et inversement le *decrescendo*. En outre, dans le cas où l'utilisateur aurait une manette dans chaque main, nous pourrions imaginer la possibilité d'une émotion tactile contrepointique, qui consiste en deux mélodies distinctes mais construites en simultané sur la base de plusieurs écritures tactiles.

bouton tenu par l'individu en fonction du message (*hapticons*) choisi à partir d'un logiciel répertoriant plusieurs informations (formes) haptiques.

⁸⁰² BREWSTER Stephen, BROWN Lorna Margaret, *Op. Cit.*, p. 17.

⁸⁰³ *Ibid.*, p. 16-17.

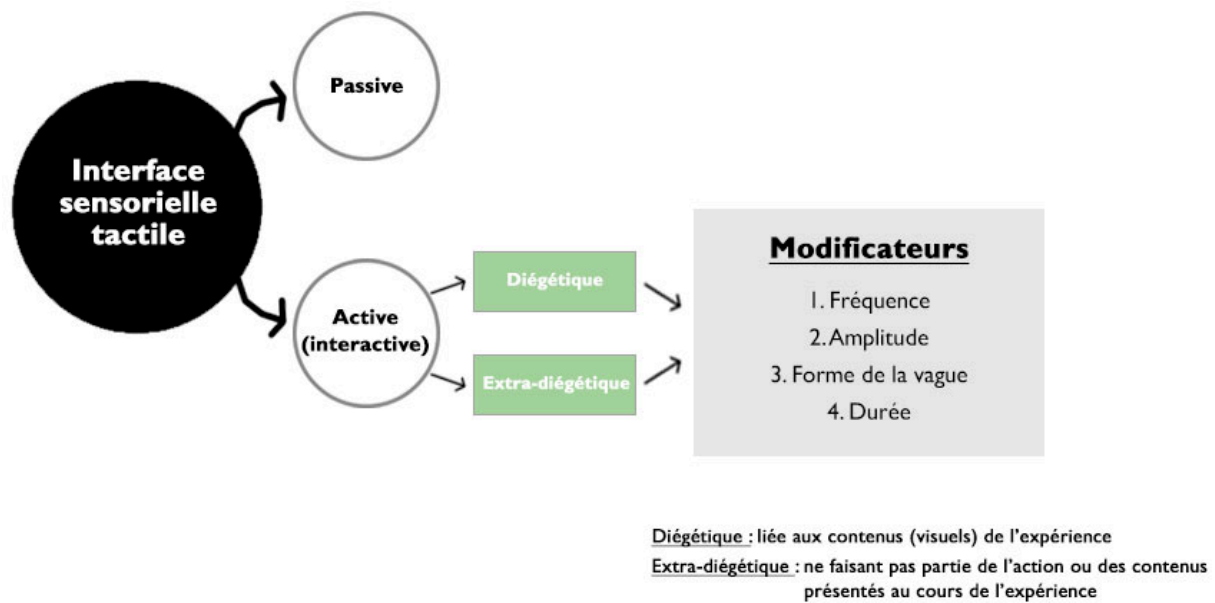


Figure 107 : Paramètres de l'émotion tactile

Légende : Le toucher « passif » est opérant lorsque l'utilisateur est touché. Le toucher « actif » est opérant lorsque l'utilisateur touche un objet ou autrui. Il peut être diégétique ou extra-diégétique - en lien avec les contenus de l'histoire ou non - et est modifié par plusieurs paramètres permettant d'élaborer les conditions artistiques de l'émotion tactile.

Pour véhiculer ces informations émotionnelles en réalité virtuelle, les concepteurs-artistes utilisent donc des interfaces sensorielles ou à retour d'effort, ainsi que des objets réels colocalisés dans l'environnement virtuel (des « props⁸⁰⁴ »). Avec les « props », la restitution du toucher est *a priori* « réaliste », puisqu'elle opère grâce à une « cohérence visuo-tactile⁸⁰⁵ », qui suppose que la forme et la texture de l'image perçue (visuellement) correspondent à ce qui est aussi senti par l'utilisateur. La restitution réaliste des « props » opère aussi par « cohérence visuo-haptique », dans le cas où l'utilisateur ressent la force d'une interaction avec un objet ou autrui au moment où ceux-ci entrent visuellement en contact avec lui (implication de la proprioception musculaire). En définitive, les « props » sont des objets réels que l'utilisateur peut sentir mais que les concepteurs-artistes ne peuvent pas faire varier émotionnellement (et en ce qui nous concerne tactilement). *Viens !* de Michéa Reilhac (expérience de vidéo 360°, 2016) par exemple, exploite à son compte les « props » en plaçant l'utilisateur sur une structure de matelas tout en l'installant à côté de trois acteurs nus dans l'environnement réel. L'expérience proposée dans l'environnement virtuel reproduit en partie cette scénographie érotique. En « partie » puisque les corps ne sont pas quant à eux, tout à fait colocalisés : ils sont aussi représentés de

⁸⁰⁴ FUCHS, Philippe, *Op. Cit.* p. 227.

⁸⁰⁵ *Ibid.*, p. 183.

manière frontale, entrelacés sur un seul plan puisque l'image est ici dénuée de profondeur⁸⁰⁶. La composition de cette scène pourrait ainsi faire référence à un dessin de André Masson, *Vignes et Vergers faits d'une multitude de corps entrelacés* (1947) et à une photographie de Spencer Tunick, *Sleeping Beauties* (2011, voir fig. 108).



⁸⁰⁶ Il n'y a aucuns indices visuels de la profondeur (notamment, pas d'ombres, pas de décor) : les corps forment ici qu'une seule entité charnelle. Cet exemple nous permet aussi de ré-affirmer que les œuvres de vidéo 360° ou de réalité virtuelle ne présentent pas forcément des environnements en relief : cette décision esthétique appartient *in fine* aux concepteurs-artistes.



Figure 108 : En haut, *Viens !*, Michel Reilhac, 2014 (expérience de vidéo 360° avec props)
 Au milieu, *Vignes et vergers faits d'une multitude d'hommes et de femmes entrelacés*, André Masson, 1947
 (dessin à la plume). En bas, *Sleeping beauties*, Spencer Tunick, 2011, (performance, photographie)

L'expérience *Into the womb* de Kimura et alii (réalité virtuelle avec visiocasque, 2014) utilise un casque de réalité virtuelle (stimuli visuels) et l'associe à un dispositif en tissu afin de reproduire la méthode « Otona-Maki » japonaise : l'individu adopte une posture arrondie, genoux contre la poitrine afin de se blottir dans un linge provoquant des stimuli tactiles. Par l'association de cette méthode Otona-Maki et d'un environnement virtuel proprioceptif, les concepteurs-artistes cherchent à reproduire la sensation d'un fœtus dans le ventre de sa mère qui aurait notamment pour effet de provoquer un état de relaxation chez l'utilisateur.





Figure 109 : *Into the womb*, Kimura Shoko, Fujii Ayaka, Hasegawa Shoichi, Miyata Kazunori, 2014
(expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et props)

à gauche, l'expérience de réalité virtuelle dans le visiocasque, à droite et en bas, plusieurs itérations du dispositif « Otona-Maki »

À l'inverse, les émotions tactiles ou plus largement haptiques, peuvent être conçues de manière irréaliste par les concepteurs-artistes⁸⁰⁷. « Irréaliste » ou « non-naturelle », signifient que la restitution du toucher est réalisée grâce à des « incohérences sensori-motrices⁸⁰⁸ » qui, dans le cas présent, sont plutôt bénéfiques à la création artistique. Ces incohérences peuvent être visuo-tactiles, auquel cas elles génèrent « des "images tactiles" donnant l'illusion de percevoir la rugosité d'une surface, représentée sur une image⁸⁰⁹ ». Elles peuvent aussi être

⁸⁰⁷ Les recherches expérimentales sur ces incohérences visuo-tactiles sont notamment effectuées l'usage de « membres en caoutchouc » ou « membres virtuels ». Dans ces configurations, le bras (par exemple) de l'utilisateur est caché à sa vue et un bras factice est mis en évidence. L'expérimentateur touche alors simultanément le bras réel et le bras factice de l'utilisateur : au bout de quelques minutes celui-ci associe la sensation de contact au bras factice qui est visible par lui. Voir, les études sur les membres virtuels (bras) et la perception de la température, dans MARTINI Matteo, PEREZ-MARCOS Daniel, SANCHEZ-VIVES Maria V, « What color is my arm ? Changes in skin color of an embodied virtual arm modulates pain threshold », *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 7, article 438, 2013, p. 1-5. Voir, les études sur les membres virtuels étendus au reste du schéma corporel, dans SLATER Mel, PEREZ-MARCOS Daniel, EHRSSON Henrik H., SANCHEZ-VIVE Maria V., « Inducing illusory ownership of a virtual body », *Frontiers in neuroscience*, vol. 3, 2009, p. 214-220.

⁸⁰⁸ FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, p. 183.

⁸⁰⁹ *Ibidem*.

visuo-haptiques, en permettant « l'illusion de retour d'effort sans interface haptique⁸¹⁰ » ou « visuo-manuelles⁸¹¹ » dans le cas où « la main de l'utilisateur est mal [ou pas] localisée par rapport à la vision de la main dans le visiocasque ». Cette dernière incohérence sensori-motrice est particulièrement utilisée dans le cadre de la réalité virtuelle puisqu'elle permet à l'utilisateur d'effectuer des actions virtuelles comportementales irréalistes par « téléopération » (opérations à distance).

En outre, si nous extrapolons le sujet des « émotions tactiles », nous pouvons aussi considérer qu'il existe des stimuli - des mots, des regards, par exemple - « qui touchent » émotionnellement, sans pour autant que l'individu soit en contact d'un objet ou d'une autre personne. L'émotion « touchante » suppose « une force » qui dirige l'attention et met en mouvement les usagers (« *e-motion* ») vers l'objet ou vers la personne qui en est à l'origine. Dès lors, elle tend à rompre avec la distance qui la caractérise pourtant : ce qui est « touchant » est par définition ce qui traduit un contact « interpersonnel et émouvant⁸¹² ». Ce toucher-touchant qui opère entre les individus - autrement nommé, le « chiasme tactile », ici réalisé à distance - possède cinq caractéristiques :

- Pour être « touché », il faut être « récepteur d'un toucher », autrement dit il faut avoir les capacités de recevoir l'émotion suscitée : « C'est très touchant parce qu'autrui me touche. Je suis touché par une activité perceptive⁸¹³ » (l'individu reconnaît autrui le touchant).
- Ce qui est « touchant » (au participe présent), signifie qu'il existe intrinsèquement une « propriété de pouvoir toucher ». Cette capacité s'exprime selon différents degrés d'importance, « trop » touchant, « peu » touchant, etc.

⁸¹⁰ *Ibidem*.

⁸¹¹ *Ibid.*, p. 187.

⁸¹² À cet égard, Charles Lenay se distingue des approches internalistes de l'émotion - les états du corps au cours d'une séquence émotionnelle, par exemple - pour supposer l'existence d'une approche interactive, externaliste de l'émotion : l'émotion « touchante » est ici comprise à travers les mouvements et la perception, c'est-à-dire à travers un contact « à distance », dans LENAY, Charles, « C'est très touchant. La valeur émotionnelle du contact », *Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, n°53-54, 2010, p. 360.

⁸¹³ *Ibid.*, p. 361.

- Lorsque les gestes touchent, l'individu peut aussi être touché « ailleurs » qu'à l'endroit exacte de sa « perception tactile » (par exemple, au cœur).
- Ce qui touche « provoque de la compassion [...] de la sympathie ».
- Est nommé « touchant » un certain type d'émotion comme « la tendresse, la tristesse, le réconfort » plutôt que d'autres comme « la peur, la colère ».

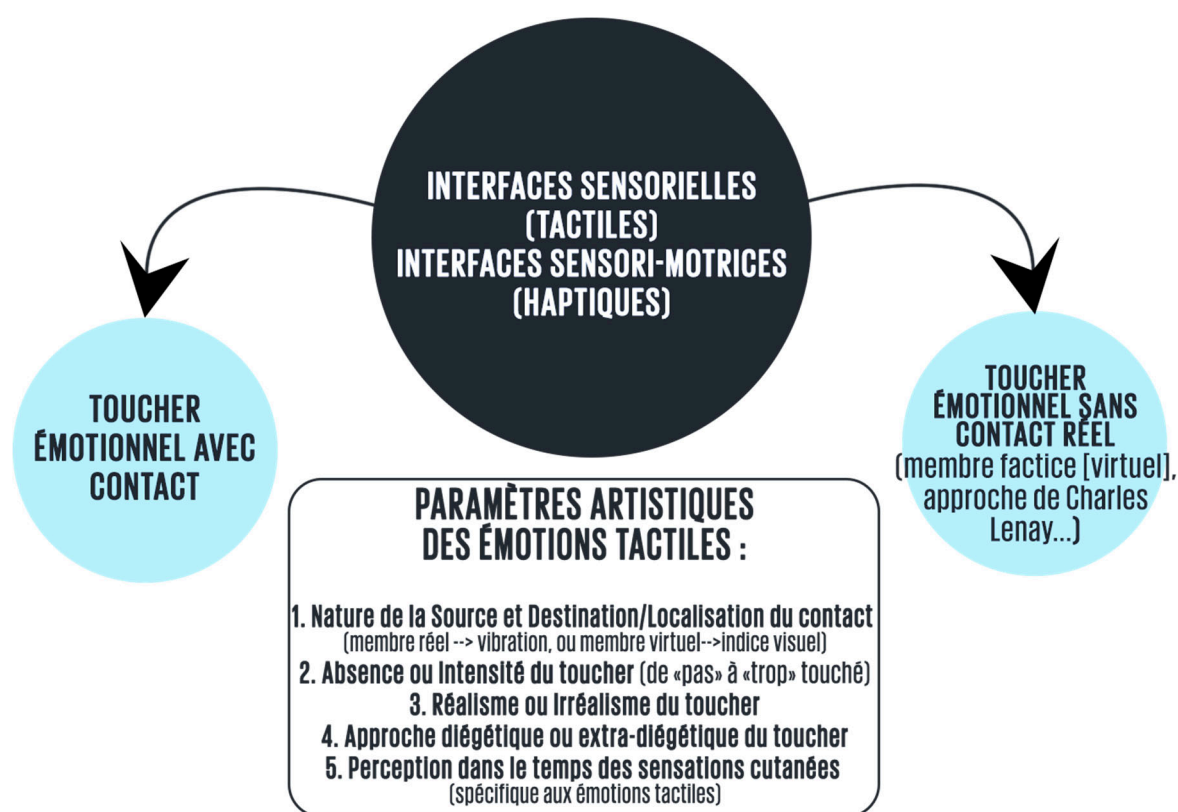


Figure 110 : Recherche sur les paramètres émotionnels des interfaces tactiles et haptiques (dessin de l'auteure)

2.4 – Biais et conditions méthodologiques requises

Les dispositifs de mesure et d'analyse comportementales comprennent aussi leur lot de biais et de conditions méthodologiques requises. Concernant la composante faciale, nous savons d'après les études qui portent sur l'aspect social et culturel des émotions, que l'absence d'expression du visage n'implique pas forcément l'absence d'émotion ressentie (on ne rit pas aux enterrements, par exemple). Ce facteur est problématique, notamment dans le cadre des mesures faciales par inspection visuelles qui sont incapables de relever les mouvements

imperceptibles à l'œil. Ce biais pourrait être particulièrement opérant dans le cadre des pratiques de mesure faciale (détection des expressions faciales par les caméras + IA) en réalité virtuelle puisque l'avatar de l'individu pourrait présenter des émotions en réalité virtuelle qui sont différentes de celles éprouvées par l'utilisateur. Pour pallier cela, l'utilisation de l'EMG faciale permettrait de détecter les tensions musculaires à un niveau minimal - l'approche par signaux électriques est plus précise que l'approche par dispositifs d'inspection visuelle par codage faciaux - mais cette technologie est particulièrement contraignante pour l'individu. Si le concepteur-artiste ou le chercheur souhaite quand même essayer cette solution, il faudra qu'il suive le placement des électrodes indiqué par Alan Fridlund et John T. Cacioppo⁸¹⁴, et validé par la communauté scientifique pour que les données provenant d'une EMG de surface soient opérantes. Dans le cas des dispositifs oculométriques, il faudra aussi faire attention aux dimensions de la pupille qui peuvent varier en fonction de « l'âge, du niveau d'illumination rétinienne, de l'adaptation de la pupille basée sur la vision de près et de loin (*the near effect*)⁸¹⁵».

La composante vocale est constituée de plusieurs biais que nous pouvons isoler en deux points majeurs : le « manque de validité écologique du matériel de stimulation⁸¹⁶ » et les problématiques liées à « l'encodeur du matériel de stimulation⁸¹⁷ ».

Le manque de validité écologique du matériel de stimulation produit deux problèmes principaux. D'abord, les études qui utilisent « des chiffres, des lettres, des syllabes absurdes ou des mots isolés comme stimuli⁸¹⁸ » invitent indirectement « les locuteurs à produire des échantillons stéréotypés⁸¹⁹ ». Pour les études qui utilisent « des poèmes ou matériels similaire », ces dernières peuvent « inciter les locuteurs à utiliser les paramètres vocaux habituellement utilisés pour réciter ce matériel⁸²⁰ ».

Dans la recherche expérimentale, les problèmes liés à l'encodeur du matériel de stimulation concernent d'abord la « crédibilité » des démonstrations affectives vocales, qui sont souvent effectuées d'une part, par des étudiants qui ne possèdent pas forcément toutes les

⁸¹⁴ FRIDLUND Alan. J., CACIOPPO John T., « Guidelines for human electromyographic research », *Psychophysiology*, vol. 23, 1986, p. 567-589.

⁸¹⁵ BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, *Op. Cit.*, p. 1596.

⁸¹⁶ KAPPAS Arvid, HESS Ursula, SCHERER Klaus R., *Op. Cit.*, p. 218.

⁸¹⁷ *Ibidem.*

⁸¹⁸ *Ibidem.*

⁸¹⁹ *Ibidem.*

⁸²⁰ *Ibidem.*

compétences de jeu nécessaires à la démonstration de l'émotion, d'autres part, par des acteurs qui ne garantissent pas « des échantillons vocaux similaires à de véritables expressions vocales émotionnelles⁸²¹ ». Ces biais sont renforcés par le fait qu'il existe des « différences interindividuelles dans la capacité à représenter vocalement les émotions⁸²² ». La solution un peu contraignante pour pallier ces biais de crédibilité, consiste à multiplier le nombre de locuteurs dans le matériel d'encodage de stimulation. Il est d'autant plus difficile de représenter les émotions vocalement puisqu'elles ne sont que rarement définies via des termes précis (d'excitation, par exemple) contenant donc des nuances : par exemple, « si un encodeur (locuteur) doit représenter, une colère réprimée ou une colère explosive⁸²³ ». Une bonne manière de pallier ce biais consisterait à « utiliser un scénario explicite afin que les conditions antécédentes (imaginaires) soient similaires ou identiques pour différents acteurs⁸²⁴ ». Enfin, un dernier biais dépend de la nouveauté que représente l'usage de l'encodeur comme matériel de stimulation pour l'individu, par rapport au fait de « juger de l'état affectif d'une personne bien connue⁸²⁵ » (biais de familiarité). Pour pallier une grande partie de ces problèmes, de nouveaux tests internationaux de reconnaissance vocale des émotions sont élaborés, tel que le MERT que nous avons introduit plus haut. Nous supposons aussi qu'une partie de ces biais de crédibilité sont peu opérants dans le cadre d'une expérience vidéoludique ou de réalité virtuelle entre participants, toutefois il est important de les mentionner pour perfectionner les phases de test (*playtests*).

Concernant la composante comportementale, musculaire, posturale, etc., la fréquence de simulation haptique doit se trouver au-dessus de la limite d'un « taux de rafraîchissement 1kHz⁸²⁶ » pour que le rendu tactile soit cohérent. Le concepteur-artiste peut aussi tenter de faire l'économie de ce temps de latence en travaillant sur la « boucle de rendu haptique⁸²⁷ » qui propose trois types d'améliorations en faisant soit « l'acquisition des données de manipulation de l'utilisateur », soit en détectant les « collisions entre l'objet manipulé [...] et le reste des objets de la scène », soit enfin en faisant « le calcul de l'information haptique à renvoyer ».

⁸²¹ *Ibid.*, p. 219.

⁸²² *Ibidem.*

⁸²³ *Ibidem.*

⁸²⁴ *Ibidem.*

⁸²⁵ *Ibidem.*

⁸²⁶ *Ibid.*, p. 35-36.

⁸²⁷ *Ibid.*, p. 36.

Aussi, d'autres méthodes ont été développées afin de travailler à l'économie de la boucle de rendu haptique (Lin & Canny⁸²⁸, Bradshaw & O'Sullivan⁸²⁹, Gottschal et alii⁸³⁰). Enfin, le concepteur-artiste doit prendre en compte qu'il peut aussi exister « des instabilités » (« des oscillations⁸³¹») dans la simulation du contact tactile Homme-Machine. À ce titre, l'interface doit être nécessairement « transparente », c'est-à-dire qu'elle ne doit pas provoquer d'autres forces parasites qui pourraient être notamment dues « au propre poids du dispositif ou des frottements internes⁸³² ». Des solutions sur le sujet ont été apportées par Zilles & Salisbury⁸³³ et Adams & Hannaford⁸³⁴.

Dans le cadre d'une expérience en réalité virtuelle avec visiocasque, la liste des problématiques se rallonge : il nous faut ajouter les contraintes liées aux systèmes de suivi de mouvements et de gestes. Celles-ci dépendent de la technologie de capteurs exploitée par les concepteurs de visiocasques et de manettes (*controllers*), qui comme nous l'avons répété est soit « optique » (caméras *Optitrack*) ou « interne » (Oculus Rift S), soit par « infra-rouge » via l'utilisation des « station de bases », ou « externe » (HTC VIVE Pro). Par exemple, dans le cadre d'une première version de *Quand le cœur se serre*, nous avons mis en place un système de suivi des mains (*hand tracking*) dans l'objectif d'explorer l'environnement de réalité virtuelle de manière « naturelle ». Lors d'une première restitution au Laval Virtual Center, les organisatrices ont décidé d'éteindre la lumière de la salle d'exposition (*immersive room*) car l'expérience était diffusée en direct sur un grand écran de cinéma. Cependant, une fois dans l'obscurité, il n'était plus possible d'interagir car les caméras ne captaient plus les mains.

⁸²⁸ LIN Ming C., CANNY John, « A Fast Algorithm for Incremental Distance Calculation », *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'91)*, Mai 1991, p. 1008-1014.

⁸²⁹ BRADSHAW Gareth, O'SULLIVAN Carol, « Sphere-tree construction using dynamic medial axis approximation », *Conference ACM Symposium on Computer Animation*, 2002, p. 33-40.

⁸³⁰ GOTTSCHALK Stefan Aric, LIN Ming C., MANOCHA Dinesh, « Obb-tree: A hierarchical structure for rapid interference detection », *SIGGRAPH '96: Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, Aout 1996, p. 171-180.

⁸³¹ BAYART, Benjamin, *Op. Cit.*, p. 37.

⁸³² *Ibidem*.

⁸³³ ZILLES Craig B., SALISBURY J. Kenneth, « A constraint-based god-object method for haptic display », *Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '95)*, vol. 3, 1995, p. 146

⁸³⁴ ADAMS Richard, HANNAFORD Blake, « Stable haptic interaction with virtual environments », *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 15, 1999, p. 465-474.



Figure 111 : Position du seau en vue à la troisième personne (à gauche), en vue subjective le seau ne fait plus parti du champ de vision du participant (à droite), *Winter Break*, RyseUp Studios, 2020, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque

Il en est de même pour les gestes qui se situent dans le dos (à l’abri des caméras). Dans notre expérience *Winter Break*, l’individu doit affronter d’autres participants dans le cadre d’une bataille de boules de neige. Celles-ci étant disposées dans un seau à un endroit très précis de l’environnement virtuel, à force d’apprentissage, il devenait très facile de se saisir des munitions sans les regarder. Dans ce cas de figure, l’interaction du participant avec les boules de neige échappait aux caméras des visiocasques Oculus, et n’était donc pas retranscrite dans l’environnement virtuel.

3. Dispositifs de mesure du sentiment subjectif

3.1 – Tests papier-crayon

La mesure du sentiment subjectif est verbale et a lieu *a posteriori* du phénomène émotionnel. Elle s’effectue grâce à des méthodes d’auto-évaluation, autrement nommées « papier-crayon » en référence au processus qu’elles impliquent. À titre d’exemple, nous retrouvons « l’échelle des émotions différentielles » de Carroll Izard (ou *Differential Emotions Scale, DES*⁸³⁵). La première version de ce test fut développée en 1971⁸³⁶, mais il existe quatre

⁸³⁵ Carroll Izard est plus généralement connu pour sa « théorie des émotions différentielles » (ou *Differential Emotions Theory, DET*) qui s’inspire des théories évolutionnistes de Charles Darwin et qui suppose l’existence d’émotions primaires et secondaires (voir chapitre 1).

⁸³⁶ IZARD, Carroll E, *The face of emotion*, New York, Appleton-Century-Crofts, 1971.

itérations au total (Izard, 1972⁸³⁷ ; Kotsch, Gerbing et Schwartz, 1982⁸³⁸ ; Izard et *alii*, 1993⁸³⁹). Carroll Izard évoque notamment l'échelle des émotions différentielles en 1977⁸⁴⁰, dans un livre qui est traduit en français par Lisa Ouss et *alii*⁸⁴¹. Les participants doivent évaluer leurs éprouvés émotionnels à partir de trente adjectifs se basant sur les émotions fondamentales de Carroll Izard, et d'une échelle en cinq points qui permet d'expertiser les différents états mentaux de l'individu. En 2001, pour un article portant sur les conséquences du 11 Septembre, Barbara Fredrickson et *alii* modifient l'échelle des émotions différentielles de Carroll Izard (*modified DES* ou *mDES*) dans l'objectif de mesurer certaines émotions discrètes à la suite des attentats du 11 Septembre 2001 : « huit éléments discrets supplémentaires [sont ajoutés] : amusement, admiration, contentement, gratitude, espoir, amour, fierté et désir sexuel [...]»⁸⁴² ainsi qu'un « élément de mesure de la sympathie⁸⁴³ ». Aussi, les « cartes corporelles des émotions⁸⁴⁴ » développées par Nummenmaa et *alii* élaborent quant à elles une méthode catégorielle d'auto-rapport topographique. Les participants (701) doivent colorier par-dessus des « corps vierges », les sensations ressenties dans le système somatosensoriel lorsqu'ils sont confrontés à des « mots émotionnels, des histoires, des films ou des expressions faciales⁸⁴⁵ ».

⁸³⁷ IZARD, Carroll E., *Patterns of emotions : A new analysis of anxiety and depression*, San Diego, Academic Press, 1972.

⁸³⁸ KOTSCH Wiliam E., GERBING David W., SCHWARTZ Lynne E., « The construct validity of the Differential Emotions Scale as adapted for children and adolescents », dans Carroll E. Izard (dir.), *Measuring emotions in infants and children*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982, p. 251-278.

⁸³⁹ IZARD Carroll E., LIBERO Deborah Z., PUTNAM Pricilla, HAYNES O. Maurice, « Stability of emotion experiences and their relations to traits of personality », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 64, 1993, p. 847-860.

⁸⁴⁰ IZARD, Carroll E., *Human emotions*, New York, Plenum Press, 1977.

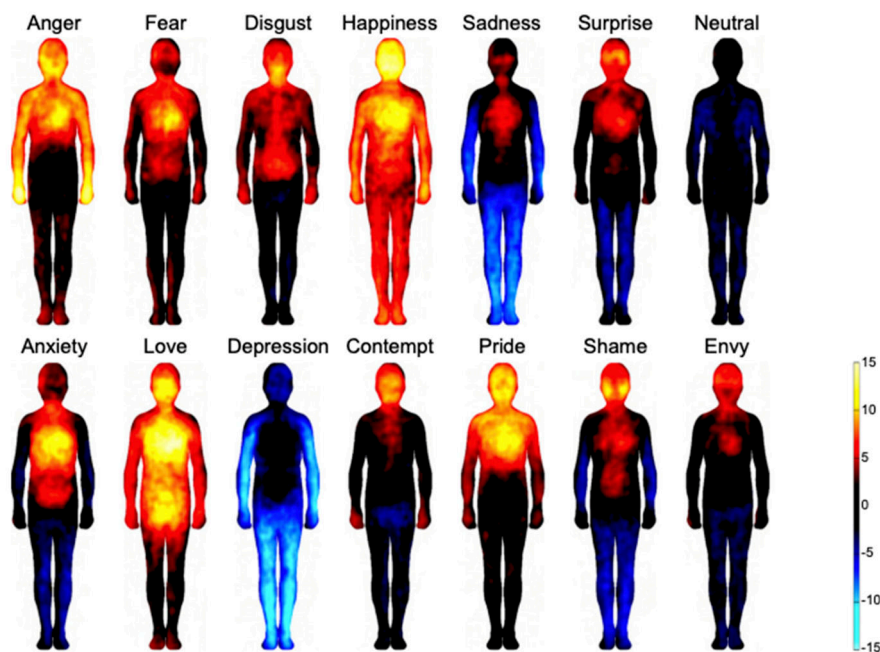
⁸⁴¹ OUSS Lisa, CARTON Solange, JOUVENT Roland, WIDLOCHER Daniel, « Traduction et validation de l'échelle d'émotions différentielle d'Izard : Exploration de la qualification verbale des émotions », *L'Encéphale*, vol. 16, 1990, p. 453-458.

⁸⁴² FREDRICKSON Barbara L., TUGADE Michele M., WAUGH Christian E., LARKIN Gregory R., « What good are Positive Emotions in crises? A prospective study of resilience and emotions following the terrorist attacks on the United States on Septembre 11, 2001 », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 84, 2003, p. 372.

⁸⁴³ *Ibidem*.

⁸⁴⁴ Voir : NUMMENMAA Lauri, GLEREAN Enrico, HARI Riita, HIETANEN Jari K., *Op. Cit.*, p. 646-651.

⁸⁴⁵ *Ibid.*, p. 646.



Légende :
 En haut = émotions basiques
 En bas = émotions secondaires
 Les régions colorées en rouge-jaune témoignent d'une hausse de l'activation lors du phénomène émotionnel
 Les régions en bleues témoignent d'une baisse d'activation

Figure 112 : Carte topographique des émotions selon Nummenmaa et alii

Un autre questionnaire papier-crayon édité par John D. Mayer et Yvonne Gaschke, l'« échelle inventaire de l'humeur⁸⁴⁶ » (*Brief Mood Inventory Scale* ou *BMIS*), s'appuie sur une liste d'adjectifs (16) et sur une échelle en quatre points permettant d'évaluer l'humeur d'un individu selon la valence plaisant-déplaisant. Enfin, « l'échelle de l'affect négatif et positif » ou questionnaire *PANAS*⁸⁴⁷ (*Positive and Negative Affect Scale*) mesure l'humeur des individus en leur proposant d'estimer sur une échelle d'un à cinq (un valant « jamais » et cinq valant « toujours ») la fréquence à laquelle une émotion est éprouvée. Ce questionnaire comprend dix *items* positifs et dix *items* négatifs qui, à terme, permettent de déterminer un score d'affects.

⁸⁴⁶ MAYER John D., GASCHKE Yvonne N., « The experience and meta-experience of mood », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 55, 1988, p. 102-111.

⁸⁴⁷ WATSON David, CLARK Lee A., TELLEGEN Auke, « Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect-the Panas Scales », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 54, 1988, p. 1063-1070.

Trois facteurs dimensionnels régissent, en théorie, l'approche dimensionnelle des émotions : la valence, l'activation et la dominance (voir le chapitre 1 pour plus de détail). Deux questionnaires approfondissent les dimensions de valence, d'activation et de dominance en même temps : le PAD (« Pleasure-Arousal-Dominance ») et la « Self-Assessment Manikin Scale » (SAM) que nous avons vus au chapitre 4. Elle est « la plus utilisée » car elle n'est pas « verbale » mais « graphique⁸⁴⁸». Ainsi elle palie les problématiques liées aux choix de certains « items verbaux » utilisés dans les autres questionnaires. Le choix d'adjectifs plutôt que d'autres influencent dès l'origine l'expérimentation (c'est un des biais principaux de ce genre de questionnaire). Elle palie aussi la difficulté « de traduire des échelles émotionnelles verbales de manière fidèle » et ainsi de pouvoir effectuer des « comparaisons interculturelles ».

Tableau 113 : Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse des composantes subjectives

Composante subjective	Dispositif de mesure/analyse
Sentiment-conscient	DES mDES
Humeurs	BMIS PANAS
Modèles dimensionnels	PAD SAM
Modèle taxonomique	Topographie des émotions

3.2 – Conditions méthodologiques requises

Il existe deux biais principaux qui s'appliquent à la pratique de l'auto-évaluation. Un premier biais est individualisant, il suppose que « l'identification » et la « verbalisation » des émotions dépendent des capacités de chaque sujet (sachant que 5 à 15% de la population serait

⁸⁴⁸ GIL, Sandrine, *Op. Cit.*, p. 17.

alexithimique⁸⁴⁹). Pour pallier cela, un test graphique plutôt que verbal est recommandé. Le second biais fait référence à la latence, à la médiateté qu'impose les dispositifs papier-crayon. Ce « biais d'attente », suppose que le sujet ne donne pas une réponse immédiate à la question, mais plutôt une réponse réfléchie, évaluée, qui peut se conforter à l'impératif de vouloir donner la « bonne » réponse⁸⁵⁰.

4. Conclusion

En résumé pour ce chapitre :

- Le système neuronal est mesuré par électroencéphalographie, par des enregistrements intracérébraux, par magnétoencéphalographie, via imagerie par résonance magnétique fonctionnelle cérébrale et par tomographie par émission de positron. Nous supposons que son activité suscite, avec l'activité cardio-vasculaire et respiratoire, le plus d'intérêt dans le cadre de la création artistique.
- Le système cardio-vasculaire, première horloge du corps, est mesuré par la pléthysmographie cardiaque, les électrocardiogrammes, les tensiomètres et les oxymètres de pouls.
- Le système respiratoire, deuxième horloge du corps, est mesuré par la spirométrie, la pléthysmographie respiratoire par inductance et par déduction du rythme cardiaque (mesure indirecte sur les *apple watch*, par exemple).
- Le système excréteur est mesuré par des capteurs de mesure électrodermale qui calculent huit paramètres : la morphologie, l'amplitude, la latence, le temps de montée, la durée, la réponse et le temps de récupération des potentiels électriques.
- La température est mesurée par des thermomètres électriques ou des thermomètres à infra-rouge et des caméras à infra-rouge (thermographie infra-rouge).

⁸⁴⁹ LUMINET, Olivier, « Alexithymie, l'émotion indéchiffrable », *Sciences Humaines*, Août-Septembre 2019, n°317, p. 40-41.

⁸⁵⁰ GIL, Sandrine, *Op. Cit.*, 17.

- Les expressions émotionnelles faciales sont mesurées via des dispositifs d'inspection visuelle (FACS, SPAFF, etc.), des dispositifs d'oculométrie, d'électro-oculographie et d'électromyographie faciale, de surface ou invasives.
- La composante vocale (non-verbale, prosodie) est mesurée par des microphones associés à des logiciels permettant d'analyser les versants temporels et acoustiques de la voix.
- La composante comportementale (activité musculaire, posture, déplacements et gestes) est mesurée par des interfaces de suivi de mouvement, par électromyographie, par des podomètres et des GPS, par des accéléromètres tridimensionnels, par des dispositifs d'inspection visuelle et des interfaces motrices et sensori-motrices. La plupart de ces dispositifs constituent des interfaces de commande qui permettraient de mesurer l'activité émotionnelle sans toutefois y répondre. Néanmoins, avec l'émergence des metavers, nous pensons que les interfaces tactiles - qui sont les plus utilisées, actuellement - devraient développer des fonctionnalités émotionnelles. Aussi, même s'ils ont été démocratisés que récemment, les dispositifs de suivi d'interfaçage comportemental de réalité virtuelle existent depuis longtemps comme en témoigne « l'épée de damoclès » (1968), tout premier visiocasque inventé par Ivan Sutherland⁸⁵¹. Aussi, les interfaces haptiques sont classées en fonction des relations qu'elles entretiennent avec les objets ou l'environnement⁸⁵². Elles sont soit motrices (dites « de commande et d'interaction »), soit sensorielles, traduisant le contact du corps à l'objet ou à l'environnement, soit sensorimotrices, c'est-à-dire réalisant à la fois des fonctions motrices et sensorielles (c'est par exemple le cas des gants à retour de force).
- La composante subjective est mesurée par des tests papier-crayon ou méthode d'auto-évaluation (DET, DES, mDES, BMIS, etc.) qui permettent d'évaluer les contextes situationnels, expérimentations ou expériences artistiques, *a posteriori* (sentiment-conscient), les humeurs, la valence (plaisir-déplaisir), le niveau d'excitation (*arousal* ou intensité de l'émotion), la dominance (se sentir en contrôle ou être contrôlé par un

⁸⁵¹ Pour une synthèse des dispositifs de réalité virtuelle voir : BOZEC, Yvon, « État de l'art 2017 : l'apprentissage à travers la réalité virtuelle », *Réseau Canopé*, 2017, p. 1-95, [https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/agence_des_usages/Etat_Art.pdf]

⁸⁵² FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, 2018, p. 139.

contexte situationnel ou autrui), ainsi que la place qu'occupe les émotions dans le schéma corporel (topographie des émotions).

Dans le cadre de ce chapitre, nous explorons différents dispositifs et méthodologies qui sont appliqués dans le domaine scientifique, à des fins exploratoires dans le cadre de la création artistique. Les dispositifs et méthodes cités font donc l'objet d'une mise en valeur par le domaine artistique (un transfert de technologie), qui en transforme la fonction :

« Tout se passe alors comme si les artistes cherchaient, intuitivement, à nous faire prendre conscience de ce nouveau milieu technologique en nous gratifiant d'un plaisir particulier. Comme s'ils cherchaient non pas à nous soumettre à cet univers technique mais à nous en distancier tout en en jouant, à le dévier de sa destination pragmatique pour en faire un libre terrain d'expériences esthétiques⁸⁵³ ».

En effet, comme nous le verrons dans la troisième partie de cette thèse, la rigueur scientifique - qui est liée à la précision de la mesure et aux méthodologies d'analyse appliquées dans le domaine de la santé par exemple - ne se retrouve pas dans le cadre de la création artistique. L'œuvre à l'inverse de la science, doit utiliser le signal biologique à des fins créatives et parfois irréalistes. Le versant plutôt négatif qui s'attache à cette rigueur secondaire, voire facultative, repose sur les discours (creux) employés par certaines œuvres se définissant malgré l'absence d'une recherche concrète, comme « émotionnelles ». Dans le domaine artistique, il n'est pas obligatoire d'apporter une réelle validation sur le fait que ce sont bien les émotions qui sont captées : parfois ce ne sont pas du tout les émotions qui se jouent, mais seulement un signal physiologique ou comportemental (quand il y a un signal non simulé). Comme nous l'avons dit dans ce chapitre, pour qu'il y ait I² émotionnelles, il faut qu'il y ait des modèles d'induction ou d'analyse capables de produire les conditions d'émergence du phénomène émotionnel ou de traiter les signaux physiologiques, comportementaux et subjectifs, afin de les transformer en données émotionnelles.

Aussi, les dispositifs scientifiques de mesures physiologiques et comportementales sacrifient souvent le confort du participant au profit de ce résultat précis (IRM, EMG, etc.). À moins que cela ne fasse partie du propos - par exemple, l'œuvre *Heart-Space AstroBalloon*

⁸⁵³ COUCHOT, Edmond, « La relation intersubjective dans les arts immersifs présence et temporalités », *Corps*, n°13, p. 94.

(1969, installation avec ECG, Polar OEM sensor et Arduino) présentée dans le chapitre 6 intègre deux participants à l'intérieur d'une structure ressemblant à un cerveau - une telle chose n'est pas envisageable dans le domaine artistique, encore moins dans le domaine du divertissement grand public, secteurs pour lesquels la démocratisation des pratiques et des dispositifs implique entre autres choses, une facilité et un confort d'usage (visiocasques sans fils, notamment).

Dans ce chapitre, nous avons posé les principes de base des mesures et analyses physiologiques, comportementales et subjectives à travers une typologie de dispositifs qui permettent de transformer - ou plutôt devrait-on dire « traduire » puisque nous sommes dans le cadre d'un dialogue - l'activité émotionnelle en donnée numérique. Demeure encore la question du choix de ces mesures dans le cadre de la création artistique avec boucle de rétroaction médiée (biofeedback) qui fera office de notre prochain chapitre. Celui-ci porte en particulier sur la « régulation émotionnelle » humaine, c'est-à-dire la capacité de l'individu à maîtriser son activité émotionnelle, physiologique, comportementale, et donc de maîtriser les expériences artistiques conçues sur le mode des I² émotionnelles.

La régulation émotionnelle

Introduction

Dans le cadre artistique, les interfaces émotionnelles⁸⁵⁴ peuvent être instrumentées par les participants au moyen de boucles de rétroaction médiée (*biofeedback*). Dans ce chapitre, nous parlons de boucles de rétroaction physiologiques médiées quand celles-ci utilisent *stricto sensu* les données biologiques prélevées sur le participant comme agent transformateur de l'expérience artistique. Quand elles échappent à un interfaçage comportemental classique - c'est-à-dire, quand l'activité comportementale est soulignée par l'œuvre - nous parlerons de boucle de rétroaction comportementale pour évoquer des données prélevées sur l'utilisateur provenant exclusivement de mesures comportementales (faciales, vocales), avec pour objectif de transformer l'expérience artistique. Nous parlerons donc de « boucle d'immersion et interaction émotionnelle » pour spécifier le type d'usage que nous faisons des capteurs de signaux biologiques ou comportementaux, quand ils sont associés à des modèles d'induction ou de mesure et d'analyse des émotions. Nous parlerons enfin de « boucle de rétroaction médiée », pour parler de l'utilisation des boucles physiologiques, comportementales et émotionnelles en général. Nous rappelons ici, que certaines œuvres présentent un discours artistique sollicitant les I² émotionnelles, toutefois rien ne justifie que se sont vraiment les émotions qui sont analysées : le retour de l'information émotionnelle (*feedback*) peut être vrai, mais il peut aussi être simulé.

⁸⁵⁴ Les interfaces émotionnelles sont à différencier des interfaces comportementales et physiologiques, car elles supposent que les dispositifs de mesure physiologique, comportementale (vocale et faciales) ainsi que les tests subjectifs, soient associés à des modèles d'induction ou d'analyse des émotions.

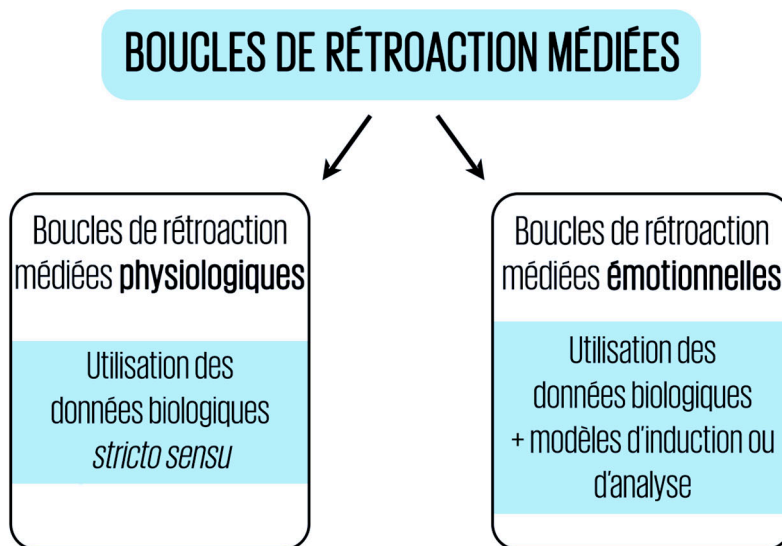


Figure 114 : Boucles de rétroactions médiées physiologiques et émotionnelles (dessin de l’auteure)

L’I² émotionnelle peut être passive (indirecte ou implicite) - auquel cas l’individu n’est pas conscient du fait que ses données physiologiques impactent l’expérience - et elle peut être active (directe ou explicite), auquel cas l’individu est conscient de la manière dont ses données physiologiques impactent l’expérience. Dans les deux cas, l’expérience artistique dépend des éléments émotionnels mis en scène par les concepteurs-artistes et de leurs potentiels d’interaction et d’immersion. Dans le cas d’une I² émotionnelle passive, elle participe à créer des expériences « personnalisées » en créant une synthèse implicite entre les variations des réponses du corps et les variations des paramètres de l’expérience. Dans le cas d’une I² émotionnelle active ou explicite, l’expérience artistique dépendra aussi des capacités de l’usager à maîtriser son activité physiologique et comportementale : c’est ce que nous détaillerons dans ce chapitre à travers deux approches, la régulation émotionnelle et la soma-esthétique.

Si le participant peut maîtriser son activité physiologique ou comportementale, une distinction entre les dispositifs de mesure pourra donc être effectuée sur la base d’une approche dimensionnelle : celle-ci déterminera le degré de contrôle que l’individu possède sur son activité corporelle et par conséquent, sur l’expérience. Nous émettons d’ailleurs l’hypothèse que certains dispositifs sont donc plutôt opérants sur des versants « passifs » de l’œuvre (la conductance cutanée, par exemple) et d’autres sur les versants « actifs » (oculométrie, capteur respiratoire, certains électroencéphalogrammes, etc.) : il est évident que l’être humain a moins de maîtrise sur son activité électrodermale que son activité respiratoire. Autrement dit : des

dispositifs de mesures et des modèles d'analyses découlent des potentiels d'immersion et d'interaction qui impliquent notamment les versants esthétiques, narratifs et fonctionnels de l'expérience. Pour donner des exemples d'I² physiologiques, comportementales et émotionnelles, à la fin de ce chapitre, nous détaillons les potentiels créatifs d'œuvres usant des boucles de rétroaction médiée.

1. La régulation émotionnelle

En accord avec James J. Gross, nous entendons par régulation émotionnelle « les processus par lesquels nous influençons le type d'émotions que nous avons, quand nous les avons, et comment nous les ressentons et exprimons⁸⁵⁵ ». La régulation émotionnelle met à l'œuvre des mécanismes tels que « la suppression⁸⁵⁶ » - qui consiste à inhiber une partie de la réponse émotionnelle - et la « réévaluation cognitive⁸⁵⁷ » (*reappraisal*) qui a pour objectif la modification de l'évaluation d'un contexte situationnel. Elle a des effets sur le plan des expressions comportementales (faciales, vocales, etc.), des expériences physiologiques et des pensées. Nous remarquons ici que la régulation émotionnelle a quelque chose à voir avec l'approche dimensionnelle de dominance qui mesure l'aptitude de l'individu à se sentir en contrôle ou à être contrôlé par une situation ou autrui, ce qui faciliterait d'ailleurs son emploi dans des expériences artistiques. Néanmoins, la régulation émotionnelle n'est pas tout à fait du même ordre, puisqu'elle ne s'applique qu'à la maîtrise de soi. Dans de précédents écrits, James Gross et Robert Levenson avaient intégré « l'influence » des émotions d'autrui dans le processus de la régulation émotionnelle : « La régulation des émotions peut être définie comme la manipulation de *soi* ou d'autrui, des antécédents émotionnels ou d'un ou plusieurs des composants physiologiques, subjectifs ou comportementaux de la réponse émotionnelle⁸⁵⁸ ». Toutefois, dès 1998 James Gross abandonne cette approche : « Je pense maintenant que ce double usage est malheureux, car il mélange deux ensembles de motifs,

⁸⁵⁵ GROSS, James J., « The Emerging Field of Emotion Regulation: An Integrative Review », *Review of General Psychology*, vol. 2, 1998, p. 275.

⁸⁵⁶ ALDAO, Amelia, « The Future of Emotion Regulation Research: Capturing Context », *Perspective on Psychological Science*, vol. 8, 2013, p. 160.

⁸⁵⁷ GROSS, James J., « Emotion Regulation: Past, Present, Future », *Cognition and Emotion*, vol. 13, 1999, p. 560.

⁸⁵⁸ GROSS James J., LEVENSON Robert W., « Emotional Suppression: Physiology, Self-Report, and Expressive Behavior », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 64, 1993, p. 970.

d'objectifs et de processus potentiellement très différents⁸⁵⁹». Pour James Gross, la régulation émotionnelle a surtout été développée dans le cadre des recherches en psychologie et notamment dans les sous-domaines cliniques, biologiques, cognitivistes, développementaux, sociaux, de la personnalité et de la santé⁸⁶⁰. Pour notre part, nous argumentons pour une utilisation et une étude de ce phénomène dans le cadre artistique, créatif. Nous avons vu au chapitre précédent, que les dispositifs et les méthodes scientifiques étaient détournés au profit de la création artistique. De la même manière, la théorie cognitive, neuroscientifique et physiologique doit être incorporée dans la réflexion artistique (esthétique, narrative et fonctionnelle), d'autant qu'il a été démontré que *a contrario* des ER, les EV_Pro - du fait de l'immersion corporelle et de leur logique numérique - facilitent l'apprentissage du processus de régulation émotionnelle notamment du fait de la « personnalisation » des plateformes et des types de contenus « aux besoins spécifiques des utilisateurs individuels⁸⁶¹ ». Aussi, la réalité virtuelle procure aux participants des environnements « sûrs, stables et prévisibles⁸⁶² », ce qui n'est pas toujours le cas avec les ER.

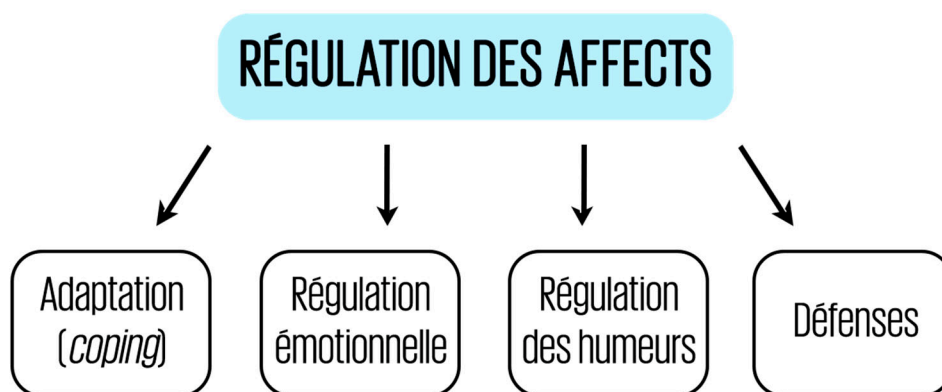


Figure 115 : Conception hiérarchique de la régulation des affects : la régulation émotionnelle n'est qu'une sous-partie des processus à l'œuvre selon James Gross, 1998

La régulation émotionnelle se distingue de « l'adaptation » (*coping*), « la régulation des humeurs » - qui porte sur « la modification de l'expérience émotionnelle » et non la

⁸⁵⁹ GROSS, James J., *Op. Cit.*, 1998, p. 275.

⁸⁶⁰ *Ibid.*, p. 276.

⁸⁶¹ MACEY Anna-Leena, MACEY Joseph, HAMARI Juho, « Virtual reality in emotion regulation : A scoping review », *6th Internaional GamiFIN Conference 2022*, Tampere, 26-29 Avril 2022, p. 69.

⁸⁶² *Ibidem.*

modification du « comportement émotionnel⁸⁶³» - et des processus « d'auto-défense⁸⁶⁴» du corps. Elle est le résultat de processus « automatiques ou contrôlés », « conscients ou inconscients⁸⁶⁵», se réalisant à différents endroits du modèle multi-composantiel de l'émotion (voir l'approche « processus-composante » de Klaus R. Scherer aux chapitres 1 et 4). En effet, elle provoque des changements dans le corps qui peuvent impliquer l'évolution d'un épisode (ou flux⁸⁶⁶) émotionnel en influençant particulièrement les versants temporels et l'intensité du phénomène : « la latence, le temps de montée, l'ampleur, la durée et le décalage des réponses⁸⁶⁷». La régulation émotionnelle impacte donc à différents endroits le processus génératif de l'émotion, notamment durant la phase d'évaluation cognitive. James Gross émet l'idée d'une « distinction à double voie », qui prend tout son sens dans le cadre de la création artistique. Une première voie s'intéresse aux processus de régulation « centrée sur les antécédents⁸⁶⁸ », autrement dit avant l'émotion, ce qui correspond à la phase de création « en amont » de l'expérience artistique. Une deuxième voie se concentre sur les processus de régulation des émotions « centrée sur la réponse⁸⁶⁹ », c'est-à-dire après l'émotion, ce qui correspond dans notre cas d'étude à la phase de réception de l'œuvre ou de la mesure et l'analyse des signaux biologiques. Cinq ensembles de processus de régulation émotionnelle découlent de cette approche⁸⁷⁰ : la sélection de la situation, la modification de la situation, le déploiement attentionnel, les changements cognitifs et la modulation de la réponse.

⁸⁶³ *Ibidem.*

⁸⁶⁴ *Ibid.*, p. 271.

⁸⁶⁵ *Ibid.*, p. 275.

⁸⁶⁶ PLANTIN, Christian, *Op. Cit.*, 2019, p. 43.

⁸⁶⁷ GROSS, James J., *Op. Cit.*, 1998, p. 275.

⁸⁶⁸ *Ibid.*, p. 281-282.

⁸⁶⁹ *Ibidem.*

⁸⁷⁰ *Ibid.*, p. 271.

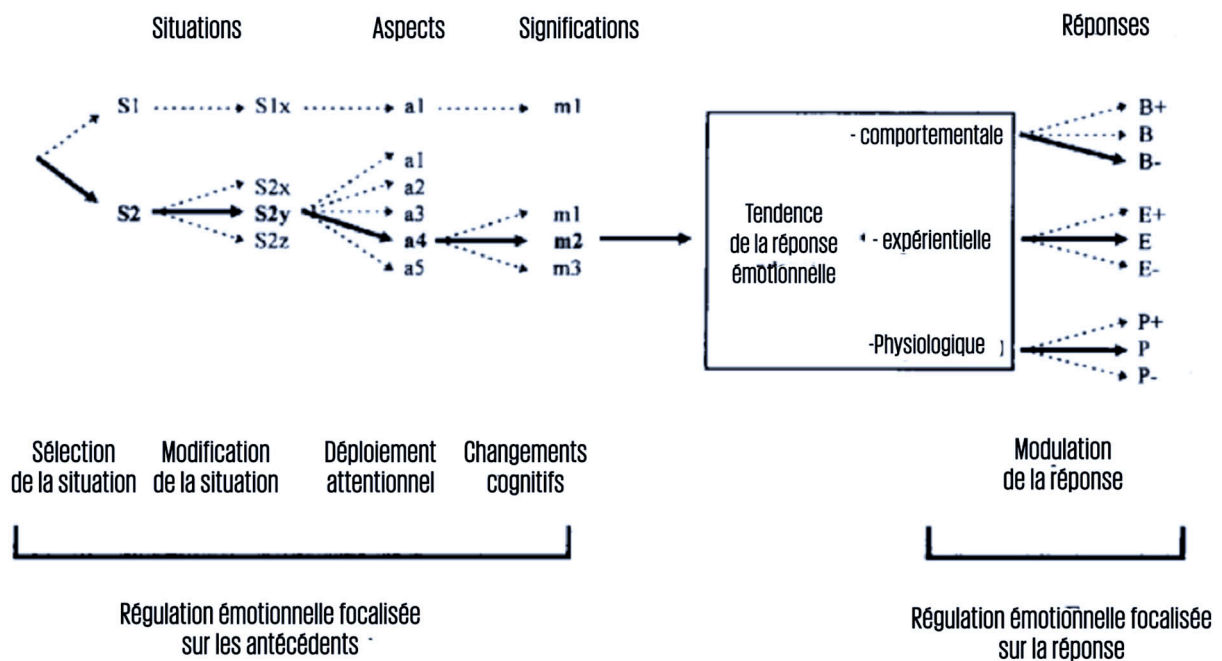


Figure 116 : Modèle des processus de régulation des émotions selon James Gross, 1998

1.1 – Sélection de la situation

La phase de sélection de la situation signifie que l'individu décide de s'engager dans une situation plutôt qu'une autre. Ce choix implique notamment « l'approche ou l'évitement de certaines personnes, lieux ou objets⁸⁷¹ » et nécessite de bien se connaître soi-même afin de prendre « des décisions éclairées sur les situations à rechercher et à éviter, en particulier lorsque les avantages à court terme de la régulation émotionnelle sont confrontés à des coûts à long terme⁸⁷² ». Si la situation présente un problème trop complexe voire un dilemme, une personne peut se faire accompagner de « personnes attentionnées » : proches, thérapeutes, etc. Cet accompagnement est nommé « interventions cognitivo-comportementales » et peut dans le cadre artistique, être comparé à l'intervention d'un maître du jeu (*Game Master*) ou à l'élaboration d'un livret de jeu, voire d'un tutoriel, qui permettront de guider le participant.

La sélection de la situation peut aussi dépendre des stimuli qui la composent et qui sont donc anticipés par l'individu. À la phase de « sélection de la situation », le concepteur-artiste peut décider d'imposer une situation auquel cas la narration est scénarisée (*scripted* ou en

⁸⁷¹ *Ibid.*, p. 283.

⁸⁷² *Ibidem.*

« collier de perle⁸⁷³») ou permettre au participant de choisir la prochaine situation contextuelle à laquelle il s'exposera.

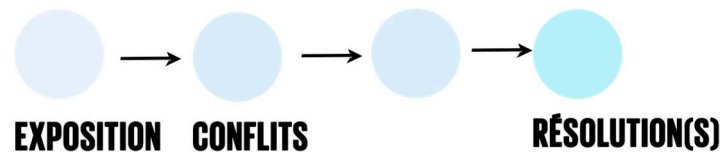


Figure 117 : Modèle de narration en « collier de perle » selon Jesse Schell

Si le concepteur-artiste opte pour la deuxième option, il devra produire une « narration en éventail » ou narration interactive (une « machine à histoire⁸⁷⁴») impliquant des « séquences d'évènements⁸⁷⁵» : ainsi, le joueur emprunte le chemin de jeu qu'il souhaite. Ce type d'architecture narrative crée l'illusion d'une liberté narrative débouchant le plus souvent sur des contenus originaux et une progression personnalisée.

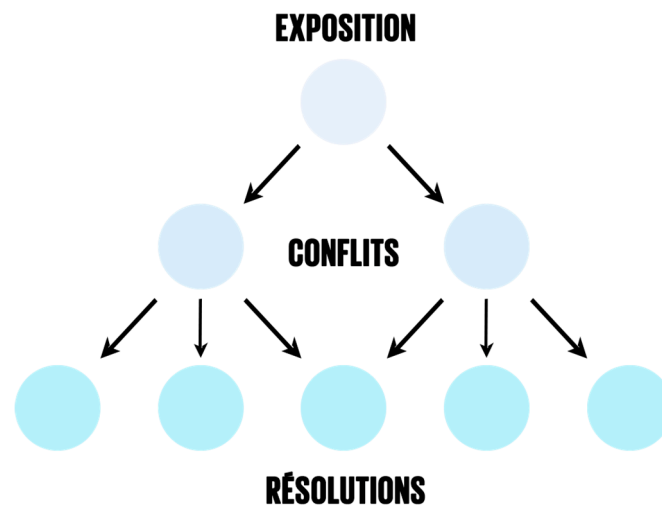


Figure 118 : Modèle de narration en « éventail » selon Jesse Schell

Par exemple, dans *Heavy Rain* (Quantic Dreams, 2010, jeu vidéo), le joueur incarne différents personnages - un père, un détective privé, une journaliste et un profiler du FBI - et

⁸⁷³ La méthode d'écriture en collier de perle (*string of pearls*) suppose « une histoire totalement non interactive (la ficelle) [...] présentée sous la forme d'un texte, d'un diaporama ou d'une séquence animée » et une « période de libre circulation et de contrôle (la perle) avec un objectif fixe en tête », SCHELL, Jesse, *The Art of Game Design*, 2e ed., Boca Raton, New York, London, CRC Press, 2015, p. 298-299.

⁸⁷⁴ *Ibidem*.

⁸⁷⁵ *Ibidem*.

mène une enquête contre-la-montre suite à la disparition d'un enfant. En fonction des choix que le participant effectue et de ses performances vis-à-vis des différents défis mis-en-scène, plusieurs fins sont débloquées, qui n'impliquent pas toutes une résolution positive : certains des personnages joués meurent ou restent en vie, différents épilogues (cinématiques de jeu) sont débloqués, etc.



Figure 119 : Ethan (le père) se suicide dans un des épilogues (*Helpless*) car il est emprisonné à tort, *Heavy Rain*, Quantic Dream, 2010, jeu vidéo

1.2 – Modification de la situation

Les situations « diffèrent en termes de degré de modification », ainsi elles peuvent être changées ou non et elles « varient [...] en complexité⁸⁷⁶ » selon le nombre de facteurs impliqués. Si cela est donc possible, la phase de modification de la situation suppose que l'utilisateur adapte la situation dans laquelle il est pris « afin de modifier son impact émotionnel⁸⁷⁷ ». En effet, une situation qui *a priori* devrait susciter une émotion, peut être modifiée dans l'objectif de pallier l'impact émotionnel, néanmoins « des efforts robustes pour modifier une situation peuvent

⁸⁷⁶ GROSS, James J., *Op. Cit.*, 1998, p. 282.

⁸⁷⁷ « Les situations varient également en complexité, allant d'un cas limite hypothétique d'une situation à un aspect (al) à une situation à plusieurs aspects », *Ibidem*.

effectivement déclencher une nouvelle situation⁸⁷⁸». Ainsi, Fabien qui est stressé par les transports en commun décide de prendre sa voiture, toutefois sa voiture ne démarre pas et il risque d'être en retard au travail. Fabien décide alors de prendre un taxi pour arriver à l'heure.

Dans notre cas d'étude, la phase de « modification de la situation » correspond aux moyens - interfaces sensori-motrices, interfaces émotionnelles et fonctionnalités de l'expérience - qui peuvent être maîtrisées par les participants. À titre d'exemple, *Nevermind*⁸⁷⁹ (Adam Lobel et *alli*, 2016, jeu vidéo avec capteur de mouvements faciaux et ECG) utilise des capteurs de mouvements faciaux et de fréquence cardiaque⁸⁸⁰ afin de mesurer la peur, le stress et la tension ressentis par le participant⁸⁸¹. L'association des capteurs ECG et faciaux précise le traitement des données émotionnelles. Aussi, puisque « *Nevermind* est un thriller intense⁸⁸²», Adam Lobel et *alii* présumant qu'une élévation du rythme cardiaque (activation émotionnelle) signifie en fait, l'excitation d'une émotion négative telle que la peur, le stress, l'anxiété⁸⁸³. Pour installer le joueur dans une situation horrifique les chercheurs-artistes s'appuient sur deux paramètres : la « ressemblance thématique » et la « narration environnementale⁸⁸⁴ ». La ressemblance thématique implique que les thèmes du jeu - « anxiété sociale, troubles domestiques, séparation des faits et de la fiction⁸⁸⁵ » - correspondent à l'expérience visuelle du participant à travers des modifications colorimétriques, textures, contenus (*assets*), etc. dans l'objectif de rendre l'expérience plus perturbante. La narration environnementale suppose des variations dans les détails qui constituent l'histoire. Par exemple, dans le mode « normal » il est écrit sur la boîte aux lettres « jeux de famille » et ces inscriptions se transforment en « famille fracturée⁸⁸⁶ » quand l'utilisateur passe en « mode cauchemar ».

⁸⁷⁸ *Ibid.*, p. 283.

⁸⁷⁹ L'expérience est compatible avec Windows, Mac, Oculus Rift, HTC Vive, Xbox One sous deux formats, avec et sans biocapteurs.

⁸⁸⁰ Caméras Intel RealSense, Wild Divine IomPE, sangle de poitrine Garmin.

⁸⁸¹ Ces dispositifs s'associent à la technologie Affdex (Affectiva) qui utilise des webcams afin de déduire des « données émotionnelles basées sur les expressions faciales », -, *Nevermindgame*, publié en 2016, consulté le 17 Mai 2021, [<https://nevermindgame.com/tech/>]

⁸⁸² *Ibidem*.

⁸⁸³ *Ibidem*.

⁸⁸⁴ *Ibid.*, p. 1948.

⁸⁸⁵ *Ibidem*.

⁸⁸⁶ *Ibidem*.



Figure 120 : Transformations de l'environnement en fonction des données physiologiques et faciales dans *Nevermind*, Adam Lobel et alii, 2016, jeu vidéo avec capteur de mouvements faciaux et ECG



Figure 121 : Couloir dans *Shining*, Stanley Kubrick, 1980, film

À ce titre, *Nevermind* s'inscrit dans une continuité narrative : la référence à l'horreur est évidente, elle puise dans la culture populaire et notamment cinématographique (ici *Shining* de Stanley Kubrick, 1980, film). Seulement ici, les données émotionnelles modifient

l'environnement : « plus les joueurs sont stressés, plus le jeu devient difficile », l'expérience est « progressivement obscurcie par l'électricité statique », les mouvements et la visibilité du joueur sont « obstrués », le joueur subit « des dégâts⁸⁸⁷ », etc. Un usager pouvant ainsi interagir avec l'expérience a en sa possession les moyens de se préserver (ou non) d'un impact émotionnel.

1.3 – Déploiement de l'attention

Lors de la phase de déploiement de l'attention, l'individu sélectionne un aspect de la situation « sur lequel [il] se concentre⁸⁸⁸ » grâce à des stratégies de « distraction, concentration, et rumination » :

- Dans le cadre de la régulation émotionnelle, la distraction « attire l'attention sur les aspects non émotionnels de la situation⁸⁸⁹ », elle a pour objectif de détourner l'attention de l'individu « de la situation immédiate » (attention vers l'extérieur) et de ses objectifs (attention vers l'intérieur) : celui-ci « se désengage de buts insaisissables en se concentrant sur des buts plus faciles à atteindre⁸⁹⁰ ».

- Dans le cadre de la régulation émotionnelle, la concentration permet à l'individu de se focaliser « sur les déclencheurs émotionnels⁸⁹¹ ». Chez Constantin Stanislavski (1965), elle est au cœur du jeu théâtral puisqu'elle constitue « la méthode d'action » un processus par lequel « un acteur évoque un incident émotionnel afin de dépeindre cette émotion de manière convaincante⁸⁹² ».

⁸⁸⁷ LOBEL Adam, GOTSIS Marientina, REYNOLDS Erin, ANNETTA Michael, ENGELS Rutger, GRANIC Isabela, « Designing and Utilizing Biofeedback Games for Emotion Regulation: The Case of Nevermind », *CHI'16 Extended Abstracts*, San Jose, Mai 07-12, 2016, p. 1946.

⁸⁸⁸ GROSS, James J., *Op. Cit.*, 1998, p. 282.

⁸⁸⁹ *Ibid.*, p. 284.

⁸⁹⁰ *Ibidem.*

⁸⁹¹ *Ibidem.*

⁸⁹² *Ibidem.*

- Dans le cadre de la régulation émotionnelle, la rumination mentale suppose une attention dirigée « vers les sentiments [conscients] et leurs conséquences⁸⁹³ », ceux-ci prennent une forme répétitive voire obsessionnelle chez l'individu et s'attachent surtout à des affects négatifs : Fabien ressasse la dispute qu'il a eue avec Jordan, Léa angoisse à l'idée de conduire demain matin dans Paris.

Dans le cadre de la création artistique, la phase de déploiement de l'attention correspond pour les concepteurs-artistes aux systèmes d'affordances réalisés en amont de l'expérience : l'affordance définit le caractère autotélique d'un objet, d'un système ou d'un environnement à s'expliquer par lui-même, son fonctionnement ou son moyen d'être utilisé⁸⁹⁴. Ainsi, les affordances orientent le regard du participant en facilitant notamment la lecture et la compréhension des environnements et des interactions possibles. Par exemple dans *Winter Break*, quand le joueur approche sa main du lance-boule de neige celui-ci est surligné d'un contour jaune pour signifier qu'il peut être saisi.



Figure 122 : Surlignage (*outline*) du lance-boule de neige dans *Winter Break*, RyseUp Studios, 2020, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque

⁸⁹³ *Ibidem*.

⁸⁹⁴ Dans un cadre plus général, les affordances sont comprises comme la « mesure de la possibilité d'exécuter des actions importantes pour l'espèce considérée compte tenu de son répertoire sensori-moteur », BERTHOZ, Alain. *Op. Cit.*, 2008, p. 67.

La phase de déploiement de l'attention peut aussi correspondre à l'utilisation de certaines interfaces de suivi de l'attention en temps réel - ECG et oculométrie, par exemple - qui permettent de placer le contenu important au centre du regard. À ce titre, quelques dérapages d'ailleurs, tels que la société MoviePass qui souhaite utiliser un dispositif de détection du visage (caméra du smartphone) pour « forcer » l'utilisateur à regarder des publicités⁸⁹⁵ : avec MoviePass, les publicités s'activent seulement quand l'individu regarde l'écran.

1.4 – Changement dans les processus cognitifs

Dans un quatrième temps, le changement dans les processus cognitifs implique que l'individu sélectionne « laquelle des nombreuses significations possibles (m1, m2, m3) sera attachée à une situation⁸⁹⁶ ». Le choix d'une signification plutôt qu'une autre donne lieu « aux tendances de réponse émotionnelle, y compris les tendances comportementales, expérientielles et physiologiques⁸⁹⁷ ». Cette phase d'évaluation de la situation (*appraisal*) peut être impactée par des « défenses psychologiques classiques comme le déni, l'isolement et l'intellectualisation⁸⁹⁸ ». Tous les points cités ne peuvent pas être contrôlés par les concepteurs-artistes, c'est le cas des « changements dans les processus cognitifs » : au regard des différences interindividuelles et notamment culturelles, il est difficile de juger des défenses psychologiques ou des standards personnels d'un individu, par exemple (voir chapitre 4).

De manière générale, les facteurs antécédents de la régulation émotionnelle peuvent être maîtrisés par les concepteurs-artistes en fonction des choix de dispositifs effectués : ceux-ci permettent d'interfacer différentes fonctions humaines par conséquent, ils modifient la mise en pratique de la régulation émotionnelle (voir le chapitre 7). Les facteurs antécédents peuvent aussi être maîtrisés par les concepteurs-artistes via les paramètres esthétiques, narratifs et fonctionnels choisis pour l'expérience (par exemple, par l'usage d'affordances).

1.5 – La modulation des réponses

⁸⁹⁵ <https://www.thegamer.com/moviepass-eye-tracking-ads/>

⁸⁹⁶ GROSS, James, *Op. Cit.*, 1998, p. 282.

⁸⁹⁷ *Ibidem*.

⁸⁹⁸ *Ibid.*, p. 285.

Lors de la phase de modulation des réponses, l'individu influence directement « les tendances de réponse [physiologiques, comportementales, expérientielles] une fois qu'elles ont été suscitées⁸⁹⁹». Dans un cadre ordinaire, la modulation des réponses est permise par l'usage des « médicaments », de « l'alcool », de « la cigarette », de « la cocaïne » et de la « nourriture⁹⁰⁰ », ainsi que par l'effort (« d'exercice » physique) ou la « relaxation ». Dans les cadres numériques, elle s'appuie aussi sur l'emploi des boucles de rétroaction médiée (*biofeedback*). La phase de « modulation des réponses » nous intéresse particulièrement dans le cadre de ce chapitre qui porte sur l'instrumentalisation des interfaces de mesure et d'analyse émotionnelles. Elle s'appuie sur les compétences d'auto-éducation (ou « d'autodiscipline ») somatique de l'individu, sa capacité à réguler son activité physiologique pour maîtriser les contenus esthétiques, narratifs et mécaniques de l'expérience.

1.6 – Régulation émotionnelle et décision

Dans le chapitre 2, nous avons dit que la boucle perception - décision (cognition) - action était notamment impactée par les marqueurs somatiques, le rôle modérateur et motivationnel de l'émotion. Or, la régulation émotionnelle influence aussi la prise décision puisqu'elle modifie les conditions de sélection et d'évaluation d'un contexte situationnel par l'individu :

⁸⁹⁹ *Ibid.*, p. 282.

⁹⁰⁰ *Ibid.*, p. 285.

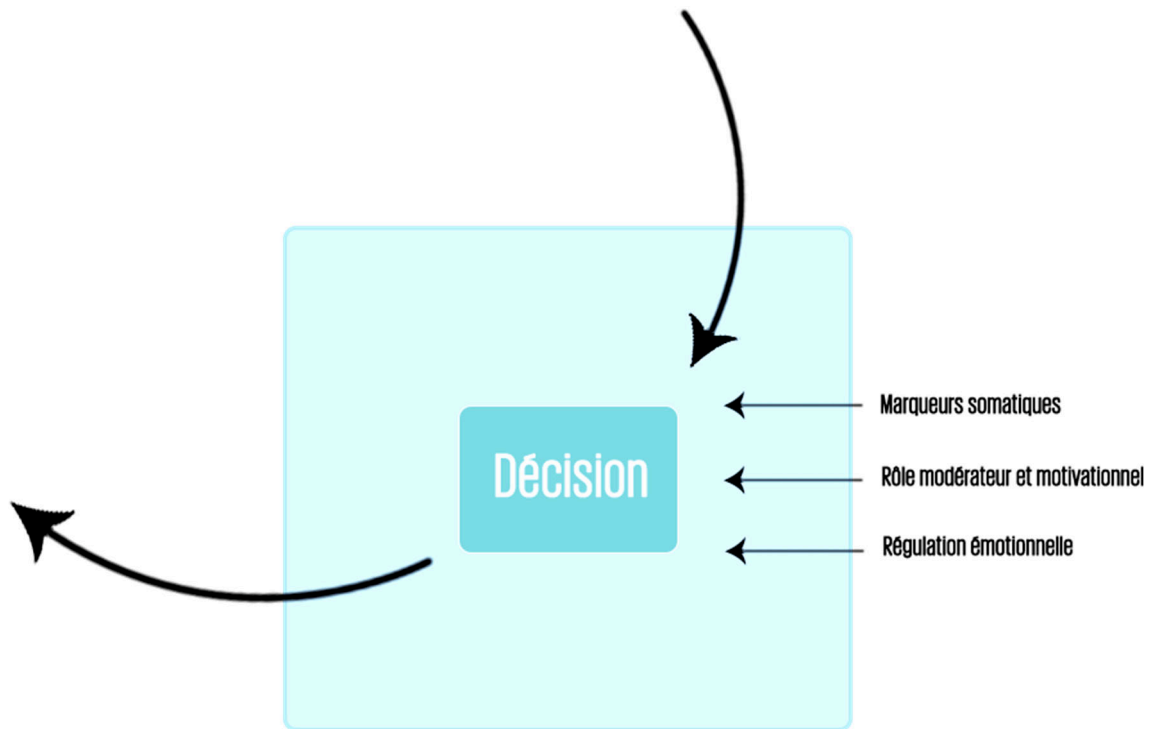


Figure 123 : La régulation émotionnelle influence aussi la décision (dessin de l’auteure)

Aussi, dans le cadre d’une œuvre utilisant des boucles de rétroaction médiée de manière active, la régulation émotionnelle se noue aux processus d’évaluation dans l’objectif d’effectuer des choix (ces choix sont plus ou moins conscients). Elle se noue aussi à l’expression émotionnelle de l’usager et notamment aux actions qu’il effectue tout en se contrôlant grâce aux pratiques d’autodiscipline (la régulation émotionnelle explicite). Dans le cadre de ce chapitre, nous nous intéresserons en particulier au facteur de régulation des émotions axée sur la réponse, puisque c’est celle-ci qui est mesurée par les capteurs biologiques, comportementaux et les tests subjectifs.

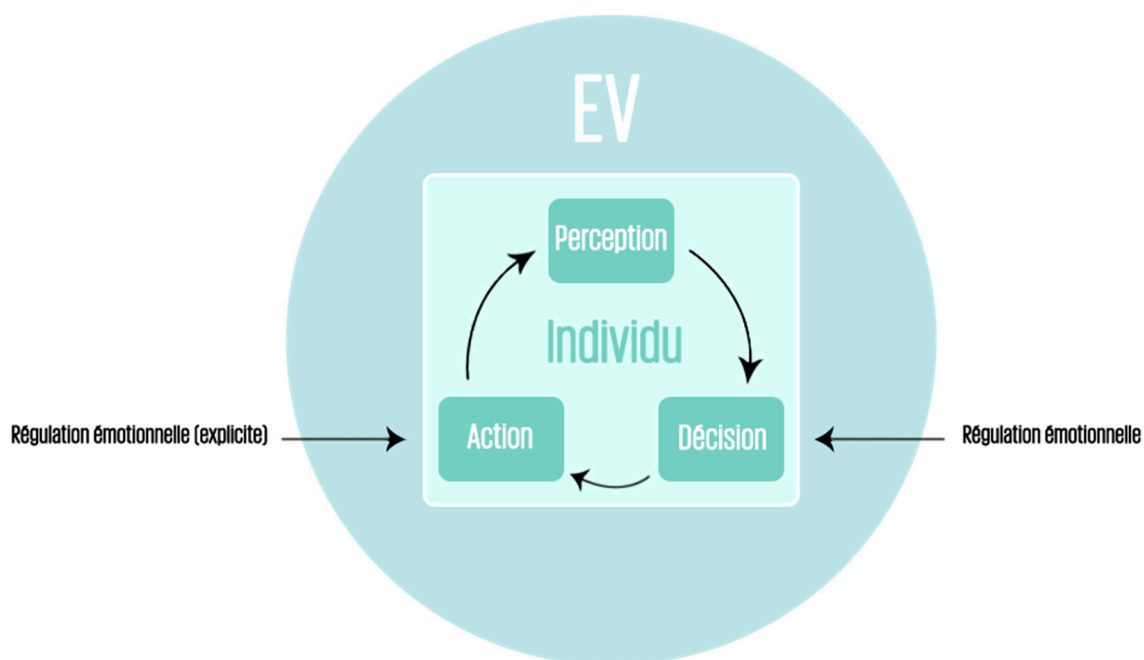


Figure 124 : La régulation émotionnelle impact aussi l'action (les réponses émotionnelles) de l'individu (dessin de l'auteur)

2. Le façonnement du soi

2.1 – La soma-esthétique

La soma-esthétique est une discipline théorique et pratique qui concerne « l'étude méliorative et critique de l'expérience et de l'usage du corps, conçue comme le foyer de l'appréciation esthétique-sensorielle et du façonnement créateur de soi⁹⁰¹ ». Le « soi », dans cette acception, est composé d'un faisceau d'habitudes que l'individu peut façonner grâce à l'introspection somatique. Il doit (re)éduquer son regard en le portant sur le corps, notamment en focalisant son attention sur ses ressentis internes (ou intéroceptifs) et sur sa posture, ses gestes et ses déplacements (ressentis proprioceptifs).

Dans le cadre de notre thèse, nous sollicitons cette approche puisqu'elle mêle - comme notre recherche - la discipline artistique aux sciences physiologiques et somatiques. La réflexion soma-esthétique pense en effet le corps comme un « moyen », c'est-à-dire comme un

⁹⁰¹ SHUSTERMAN, Richard, *La fin de l'expérience esthétique*, Trad. de l'anglais par Jean-Pierre Cometti, Fabienne Gaspari, Anne Combarous, Pau, Publication de l'université de Pau, « Quad », 1999, p. 302.

instrument que nous pouvons améliorer afin de « perfectionner notre humanité au travers d’une meilleure manière de vivre⁹⁰² ». Au titre des « moyens », Richard Shusterman considère le corps comme un « médium primordial » du fait qu’il soit « actif et modifiable⁹⁰³ ». La définition que l’auteur donne au médium complète ainsi la notion d’interfaçage en général et de sujet interfacé en particulier, notions centrales de notre recherche de thèse : le médium « c’est ce qui tient lieu de milieu entre deux choses ou termes et joue un rôle de médiation. Interface à deux faces, le médium connecte les termes qu’il met en relation, autant qu’il les sépare en se tenant entre eux⁹⁰⁴ ». La réflexion soma-esthétique pense aussi le corps humain comme une « fin » en soi, à travers les notions de « plaisir » et « jouissance⁹⁰⁵ ». Au titre de ces « fins », elle a notamment pour vocation de rééduquer le corps des individus dans l’objectif d’accroître le plaisir esthétique, transformant le « jouir de l’art » en un « art de jouir⁹⁰⁶ ».

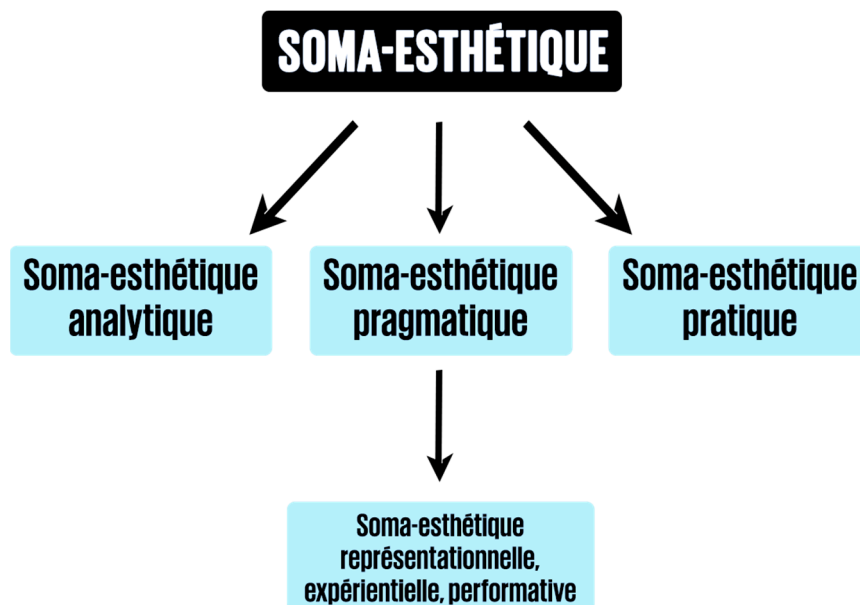


Figure 125 : Les branches de la soma-esthétique selon Richard Shusterman

La soma-esthétique se divise en trois branches :

⁹⁰² SHUSTERMAN, Richard, « Penser en corps. Éduquer les sciences humaines : un appel pour la soma-esthétique », Trad. de l’Anglais par Barbara Formis, dans Formis Barbara (dir.), *Penser en corps. Soma-esthétique, art et philosophie*, Paris, L’Harmattan, « L’art en bref », 2009, p. 61.

⁹⁰³ SHUSTERMAN, Richard, *Op. Cit.*, 1999, p. 61.

⁹⁰⁴ *Ibid.*, p. 78.

⁹⁰⁵ Le corps « appréciant de manière savante nos accomplissements spirituels et artistiques », *Ibid.*, p. 55-56.

⁹⁰⁶ LONTRADE, Agnès, « Quelle place pour le corps dans l’expérience esthétique ? », dans Barbara Formis (dir.), *Op. Cit.*, p. 79.

- La première branche, la « soma-esthétique analytique⁹⁰⁷», s'intéresse à améliorer les connaissances qui portent sur la manière dont s'utilisent les instruments (dont le corps) ainsi que « les contextes relationnels qui les façonnent⁹⁰⁸ » : elle « sert à expliquer la nature des perceptions somatiques et du comportement, ainsi que leurs fonctions dans notre connaissance, notre action, et notre construction du monde⁹⁰⁹ ». La recherche élaborée dans le cadre de notre thèse est un bon exemple pour illustrer les intentions de la soma-esthétique analytique, puisqu'elle vise à comprendre la relation émotionnelle humain-œuvres à travers le prisme de différents instruments (capteurs, par exemple) et différentes conformations (environnement réel, environnement virtuel visuellement à distance ou environnement virtuel avec immersion proprioceptive).

- La deuxième branche de la soma-esthétique est dite « pragmatique⁹¹⁰ », puisqu'elle a pour vocation de perfectionner les usages que l'individu peut faire de son corps. Celle-ci se subdivise en plusieurs sous-catégories, la « soma-esthétique performative⁹¹¹ » qui se consacre à augmenter la « force » de l'individu (*bodybuilder*), la « soma-esthétique représentationnelle » qui se consacre à améliorer son apparence (cosmétique) et la « soma-esthétique expérientielle » qui se consacre à bonifier son expérience somatique (le yoga, par exemple) : l'intérêt pour la soma-esthétique pragmatique-expérientielle « n'est pas essentiellement dirigé vers le beau représenté, mais vers l'expérience immédiate : la stimulation endorphine et l'éclat d'un fonctionnement cardio-vasculaire à plein régime, la conscience lentement savourée d'une respiration améliorée et plus profonde, le frisson excitant des sensations dans de nouvelles régions de son épine dorsale⁹¹² ». Autrement dit, la soma-esthétique pragmatique-expérientielle s'intéresse davantage dans notre cas d'étude à la réception corporelle d'une expérience artistique, à une attention dirigée sur les sensations qui sont ressenties par l'individu en temps réel et qui a pour objectif de le mener à une prise de conscience de son activité physique, physiologique, voire émotionnelle.

⁹⁰⁷ SHUSTERMAN, Richard, *Op. Cit.*, 1999, p. 62.

⁹⁰⁸ *Ibidem.*

⁹⁰⁹ *Ibidem.*

⁹¹⁰ *Ibidem.*

⁹¹¹ SHUSTERMAN, Richard, *Op. Cit.*, 2009, p. 66.

⁹¹² SHUSTERMAN, Richard, *Op. Cit.*, 1999, p. 57

- Une dernière branche de la soma-esthétique est dite « pratique⁹¹³», et concerne notamment les méthodes d'« auto-amélioration somatiques⁹¹⁴», ou « auto-éducation » telles que le yoga (aussi), la méthode Feldenkrais - qui consiste à accroître notre conscience du corps afin d'accroître les performances du corps⁹¹⁵ - et la méthode Alexander, qui souhaite pallier les mauvaises habitudes⁹¹⁶ prises par l'humain au cours « de l'évolution » et des « conditions de vie et de travail [...] propres à la vie moderne⁹¹⁷ ». À ces fins, Richard Shusterman développe un intérêt philosophique et empirique visant à « l'amélioration somatique de soi⁹¹⁸ » et il préconise à ce titre un « art de vivre » qui nécessite de porter une attention particulière au corps. L'individu doit adopter un regard introspectif - nous concernant, celui-ci porte sur la perception des changements émotionnels - et une discipline physique ayant pour objectif de bonifier l'usage de *soi*, indépendamment de l'environnement à l'intérieur duquel il se trouve (réel, virtuel à distance ou virtuel avec immersion proprioceptive).

Dans le cadre de nos recherches, la théorie soma-esthétique aborde les versants de la création artistique sur deux points principaux :

- Durant la phase de création, les concepteurs-artistes peuvent choisir les interfaces appropriées à leur expérience, concevoir l'œuvre sur le plan narratif, esthétique et fonctionnel et ainsi définir les statuts comportementaux de l'usager. Cette phase en amont de l'expérience, a pour intérêt de valoriser l'expérience sur un mode « sensori-esthétique » (sensualisme de l'œuvre) ou de « l'auto-façonnement » si le concepteur-artiste décide de faire l'usage d'une boucle de rétroaction médiée ou d'un modèle autopoïétique (voir la prochaine sous-partie). Elle correspond d'ailleurs à l'idée de James Gross d'une première voie, d'élaboration et

⁹¹³ SHUSTERMAN, Richard, *Op. Cit.*, 2009, p. 65.

⁹¹⁴ *Ibid.*, p. 66.

⁹¹⁵ Lors de l'exécution des mouvements, l'élève progresse par introspection, en portant son attention sur des sensations en particulier qui échappent au professeur (apprentissage « organique » en opposition à un apprentissage « académique »). ANDO, Erica, « La méthode Feldenkrais, une soma-esthétique pratique », Trad. de l'Anglais par David Zerbib, dans Barbara Formis (dir.), *Op. Cit.*, p. 26.

⁹¹⁶ Dysfonctionnement kinesthésique ou proprioception musculaire.

⁹¹⁷ SHUSTERMAN, Richard, *Conscience du corps. Pour une soma-esthétique* [2007], IIe Édition, Paris et Tel Aviv, Édition de l'éclat, « Tiré à part », 2008, p. 260.

⁹¹⁸ *Ibid.*, p. 47.

d'apprentissage, s'intéressant aux processus de régulation centrée sur les antécédents (avant l'émotion).

- Durant la phase d'expérimentation, la réflexion artistique par le biais de la soma-esthétique invite l'individu à se focaliser sur les ressentis émotionnels véhiculés par l'expérience. Grâce à la soma-esthétique le participant passe du « jouir de l'art » à « l'art de jouir⁹¹⁹», faisant l'apprentissage par le soma de sa capacité à ressentir du plaisir esthétique. Par l'utilisation des boucles de rétroaction médiées et en s'aidant des pratiques d'autodisciplines, le participant est aussi invité à utiliser et maîtriser ses compétences de régulation émotionnelle en jeu. Cette phase en aval de l'expérience, correspond d'ailleurs à l'idée de James Gross, d'une deuxième voie de la réception artistique « synchronique/diachronique⁹²⁰» - qui se penche « sur l'objet artistique et les capacités de production d'une jouissance que cet objet recèle⁹²¹» - en s'intéressant aux processus de régulation émotionnelle centrée sur la réponse émotionnelle.

2.2 – *Autopoïese*

Les applications artistiques se focalisant sur les I² émotionnelles, pénètrent aussi le champ théorique de la cognition incarnée (*embodiement*), qui a notamment été développée par Francisco Varela à partir du concept « d'énaction ». L'énaction est « la cognition dans l'action⁹²²» ou pour le dire autrement, l'énaction est le modèle par lequel « sujet et environnement sont codéterminés⁹²³». À ce concept d'énaction, nous préférons toutefois la

⁹¹⁹ LONTRADE, Agnès, *Op. Cit.*, p. 79.

⁹²⁰ Sur ce point nous allons dans le sens de Yves Chevrel qui suppose que les études de la réception ne doivent pas se diviser selon les deux approches synchroniques (instantané de l'expérience vécue par l'individu) et diachronique (recontextualisation de l'expérience vécue par l'individu, d'après des critères historiques, sociaux, phénoménologiques, etc.) : « Le couple synchronie/diachronie, dont il faut souligner qu'il représente des options méthodologiques différentes mais non exclusives l'une de l'autre (en particulier, tout « arrêt sur image » qu'est une étude synchronique ne peut être expliqué que si les mouvements antérieurs, et, parfois, postérieurs, sont aussi pris en compte), peut permettre d'aider à distinguer entre *esthétique de la réception* et *histoire de la réception* ». CHEVREL, Yves, « Les études de réception », dans Brunel Pierre, Chevrel Yves (dir.), *Précis de littérature comparée*, Paris, Presses Universitaires de France, 1989, p. 208.

⁹²¹ *Ibidem*.

⁹²² BAUD Jean-François, SEDES Anne, *Op. Cit.*, p. 45.

⁹²³ RABOISSON, Nathanaëlle, « L'expérience fait œuvre : l'action corporelle créatrice », *Proteus*, n°6, Décembre 2013, p. 38.

notion d'autopoïèse qui a été engagée par Francisco Varela⁹²⁴ et Humberto Maturana⁹²⁵ et approfondie par Hideo Kawamoto, car elle correspond davantage à notre étude. La notion d'autopoïèse de Hideo Kawamoto se distingue de l'approche de Francisco Varela et Humberto Maturana qui, limitée par la forme littéraire, exprime plutôt la vitalité de manière « mécanique », « linéaire », comme une « circulation automatique⁹²⁶ ». L'autopoïèse de Hideo Kawamoto est à réfléchir de manière « organique », comme « un façonnement dynamique et complexe du *soi*, mais aussi comme un façonnement de l'espace qui contient le *soi*⁹²⁷ ». Elle dépeint « les phénomènes de la vie [...] des mouvements spatiaux, [...] des interactions avec l'environnement, des auto-régénérations de parties endommagées et même des auto-transformations corporelles⁹²⁸ » se produisant comme une « réaction chimique⁹²⁹ », d'après un modèle qui se rapproche finalement de notre étude : les I² émotionnelles artistiques. Hideo Kawamoto revient aussi sur les rapports entre « la vie » et « l'environnement », il faut : « intégrer dans la formule de la vie le phénomène de l'incorporation de matières venues du monde extérieur⁹³⁰ ». Autrement dit, le façonnement de soi (ou la production du soi, autrement dit, l'autopoïèse) s'effectue dans une conformation « matérielle » de base entre l'humain et un type d'environnement : réel, virtuel à distance ou virtuel avec immersion proprioceptive. À partir de ces constats, Hideo Kawamoto modifie la définition de l'autopoïèse inaugurée par Francisco Varela et Humberto Maturana :

« L'autopoïèse est un système constitué de manière organique (déterminé comme unité) en tant que réseau de processus de production (transformation et destruction) qui produit des éléments de manière répétitive. 1° Lorsque des éléments ainsi produits de manière répétitive font fonctionner en outre - à travers la transformation et l'interaction - le réseau de processus (relations) qui produit ces éléments eux-mêmes, nous les appelons éléments constitutifs du système. Ceux-ci sont comme tels dans la mesure où ils font continuer à fonctionner le système, et c'est à travers l'opération du système que se

⁹²⁴ MATURANA, Humberto R., *Erkennen : Die Organisation und Verkörperung Wirklichkeit*, Berlin, Friedrich Vieweg & Sohn, 1982.

⁹²⁵ VARELA, Francisco J., « Autonomy and Autopoiesis », dans G. Roth, H. Schwegler (dirs.), *Self-Organizing Systems*, Francfort, Campus Verlag, 1981, p. 14-23.

⁹²⁶ KAWAMOTO, Hideo, *Op. Cit.*, p. 351.

⁹²⁷ DEDOLA, Léa, « La biofeedback loop et les œuvres d'art interactives : quel façonnement émotionnel du *soi* ? », *Savoir en Prisme*, No° 13, 2021a, p. 138.

⁹²⁸ KAWAMOTO, Hideo, *Op. Cit.*, p. 349.

⁹²⁹ *Ibid.*, p. 358.

⁹³⁰ *Ibidem*.

détermine la sphère des éléments constitutifs (*Sich*) de ce dernier. 2° Lorsqu'une série d'éléments constitutifs forme un champ clos dans lequel se déroule l'opération productive, le mouvement produit entre eux, et leurs propriétés matérielles, c'est par là qu'un réseau (système) devient une unité concrète pour se former un champ qui lui est propre et rendre topologique ce dernier. L'espace que surplombe ce champ clos qui se forme continuellement (*Selbst*) est l'espace topologique du système, autrement dit l'espace pour le système⁹³¹ ».

En principe, ce modèle de cognition incarnée repose sur le mode de la boucle Perception-Cognition (Décision)-Action que nous avons détaillé au chapitre 2. Dans le cas d'œuvres numériques, la boucle PDA est modulée pour produire de nouvelles formes d'interactivités qui engendrent la « fusion de l'art et de la vie⁹³²» en permettant à l'utilisateur d'avoir accès à « une vie artificielle⁹³³». Autrement dit, dans les expériences à quatre niveaux d'immersion et d'interaction, le corps sensori-moteur, cognitif (les schèmes d'action, par exemple) et émotionnel est transformé par ou plutôt « expansés par⁹³⁴» l'expérience d'un environnement virtuel artistique. Nathanaëlle Raboisson nomme cette transformation une « action corporelle créatrice » : « L'expérience esthétique ne se construit plus seulement dans la relation sujet/œuvre, elle devient cet état que nous nommons "action corporelle créatrice" où sujet (corps) et œuvre sont solidaires, interdépendants et empreints l'un l'autre⁹³⁵». L'œuvre d'art interactive est donc la reconnaissance et l'apprentissage, d'un « savoir-faire⁹³⁶» qui se trouve être le « geste interactif », qui considéré plutôt comme des « Action Comportementale Virtuelles » (ACV) dans les environnements numériques peuvent prendre la forme : « pseudo-naturelle », « symbolique » ou « irréaliste⁹³⁷» (voir chapitre 2).

« Dans le même temps que je souffle [Edmond Couchot parle ici de l'œuvre *Les Pissenlits*, 1990], je déstructure la hiérarchie organique de mon corps, je fais dériver l'une de mes fonctions biologiques automatiques et vitales non conscientes - la respiration, avec sa scansion rythmique régulière - vers une fonction expressive contrôlée qui fait émerger des mes actions-perceptions-actions des formes

⁹³¹ *Ibid.*, p. 353.

⁹³² COUCHOT, Edmond, « La boucle action - perception - action dans la réception esthétique interactive », *Proteus*, n°6, Décembre 2013, p.33.

⁹³³ *Ibidem*.

⁹³⁴ RABOISSON, Nathanaëlle, *Op. Cit.*, p.42.

⁹³⁵ *Ibid.*, p. 38.

⁹³⁶ *Ibid.*, p. 39.

⁹³⁷ FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, p. 329.

propres aux kinesthèses que les boucles PAP⁹³⁸ engendrent dans mes muscles respiratoires, mes os, mes poumons, mon diaphragme⁹³⁹».

L'action que l'individu effectue dans l'environnement virtuel modifie la perception et les connaissances que le participant a de lui-même, la manière avec laquelle il se déplace et effectue des gestes. Pour Judith Guez, cette interaction invite le participant à être « présent » dans l'œuvre⁹⁴⁰, et nous ancre dans une « relation qui se réactualise en temps réel, comme dans une bulle entre les entités virtuelles et nous-même⁹⁴¹». Toutefois, « si le temps réel est la condition nécessaire d'une interactivité induisant un effet de présence, il n'en est pas la condition suffisante⁹⁴²», par ces mots Edmond Couchot invite les concepteurs-artistes à prêter attention aux conditions de l'immersion et de l'interaction qui doivent « posséder l'épaisseur du monde réel⁹⁴³ ». Le monde réel s'organise aussi de manière dialogique avec l'individu et autrui à partir d'un dialogue émotionnel. Dans le cadre de notre thèse, nous avons donc prototypé des I² physiologiques irréalistes⁹⁴⁴, c'est-à-dire découplées du fonctionnement habituel du corps humain, telles que :

- La vitesse de l'avatar diminue ou augmente en fonction du niveau d'activation cardiaque de l'utilisateur. Des retours d'informations visuelles et auditives (*feedback*) - un flou de mouvement sur la fenêtre d'affichage du joueur (*HUD*) et un son de battement cardiaque - lui permettent d'estimer sa vitesse dans l'environnement virtuel.

⁹³⁸ Ici, Edmond Couchot parle de la boucle « Perception-Action ». Pour notre part, nous préférons le modèle plus approprié de boucle de Perception - Cognition (Décision) - Action (PDA).

⁹³⁹ COUCHOT, Edmond, *Op. Cit.*, Décembre 2013, p. 34.

⁹⁴⁰ GUEZ Judith, « De l'interaction à la présence : un art qui se vit », *Proteus*, n°6, Décembre 2013, p. 19.

⁹⁴¹ *Ibid.*, p. 22.

⁹⁴² COUCHOT, Edmond, « La relation intersubjective dans les arts immersifs présence et temporalités », *Corps*, n°13, 2015, p. 85.

⁹⁴³ *Ibidem*.

⁹⁴⁴ Avant de les intégrer dans des modèles d'induction et d'analyse permettant de déduire, à partir de ces informations physiologiques, des I² émotionnelles. Voir aussi sur le sujet DEDOLA, Léa, « Phénoménologie des temps science-fictionnels en réalité virtuelle : un nouvel accès au genre », *Quel TEMPS fait-il ?*, Prism, Cnrs, Journée d'étude transdisciplinaire, 22 Octobre 2020.

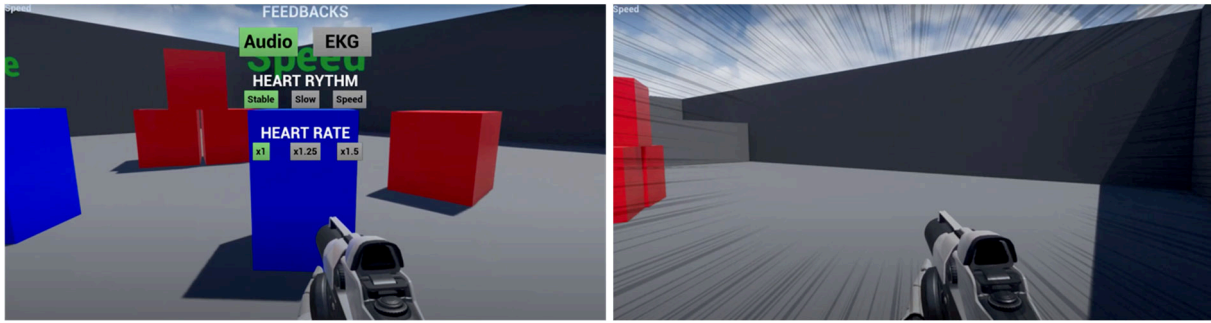


Figure 126 : La vitesse de l'avatar est modifiée en fonction des variations de fréquence cardiaque de l'utilisateur (dessin de l'auteure)

- La taille de l'avatar diminue ou augmente en fonction du niveau d'activation cardiaque de l'utilisateur.

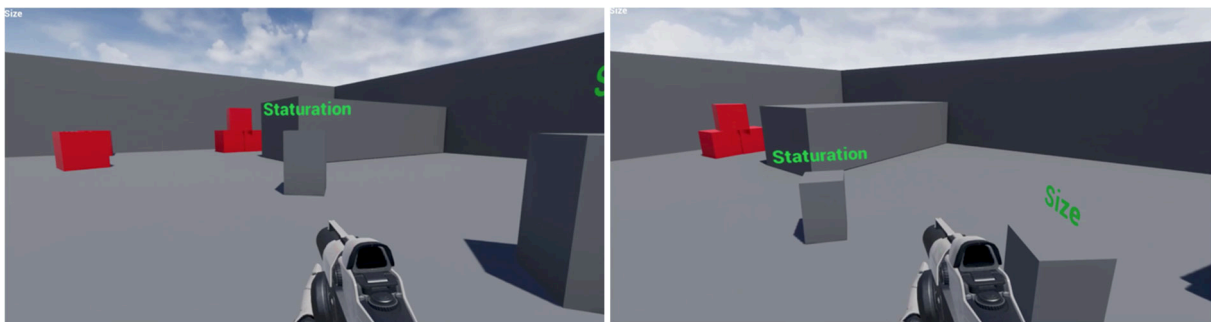


Figure 127 : Variation de la taille de l'avatar en fonction des niveaux d'activation de l'utilisateur (dessin de l'auteure)

- Le volume sonore de l'expérience diminue ou augmente en fonction du niveau d'activation cardiaque de l'utilisateur.

- La saturation - de noir et blanc à très coloré - change en fonction du niveau d'activation cardiaque de l'utilisateur.

- Le champ de vision (*field of view* ou *FOV*) se rétrécit ou augmente en fonction du niveau d'activation cardiaque de l'utilisateur.

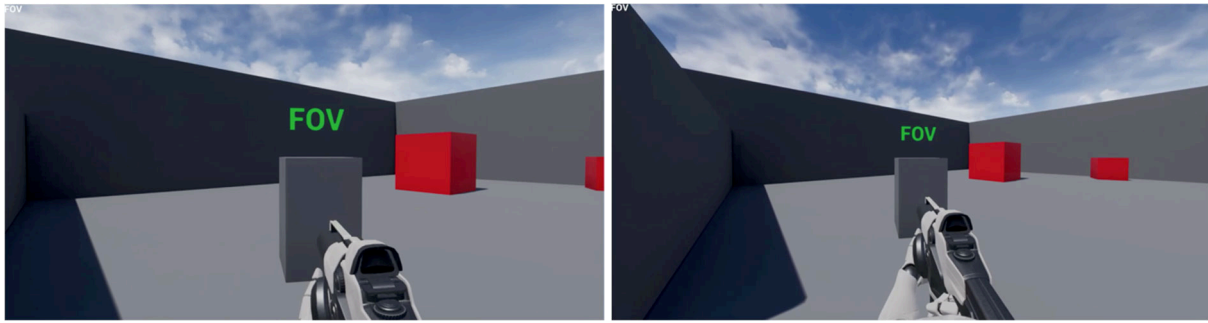


Figure 128 : Variation du champ de vision (FOV) en fonction des niveaux d'activation de l'utilisateur (dessin de l'auteur)

- Un « glitch » sur l'écran de l'utilisateur est plus ou moins prononcé en fonction de son activation cardiaque.



Figure 129 : Un *glitch* apparaît sur l'écran de manière plus ou moins prononcée en fonction de l'activation cardiaque de l'utilisateur (dessin de l'auteur)

- Tous ces paramètres peuvent être activés pour varier en synchronie avec l'activité cardiaque de l'utilisateur.



Figure 130 : Variation des paramètres de taille, de saturation, de volume sonore et de champ de vision (FOV) en fonction de l'activation cardiaque de l'utilisateur (dessin de l'auteure)

L'approche de Hideo Kawamoto ne porte pas particulièrement sur les œuvres usant de boucles de rétroaction émotionnelles, toutefois celles-ci se prêtent idéalement à la formule de l'autopoïèse. Grâce aux dispositifs de mesures physiologiques, comportementales et subjectives, ces expériences exploitent les signaux corporels du participant comme un moyen pour lui d'agir « émotionnellement dans » un Environnement Virtuel Proprioceptif (EV_Pro) ou « sur » une image (EV_Ext), construits artistiquement. En outre, les retours d'information de l'activité émotionnelle de l'utilisateur perçus à l'intérieur de l'œuvre, constituent un modèle autopoïétique permettant à l'un (l'utilisateur) et à l'autre (l'œuvre) de se co-déterminer.

Dans un cadre numérique, l'utilisation d'une boucle de rétroaction émotionnelle a pour effet de transformer le rapport du sujet à l'œuvre d'art : par quels moyens narratifs, esthétiques, fonctionnels, l'individu projette-t-il son activité émotionnelle dans l'œuvre ? Par l'utilisation des dispositifs de mesure (biocapteurs), les concepteurs-artistes sont aussi amenés à réfléchir à l'inverse : de quelle manière, l'œuvre se fait-elle ressentir dans le corps du participant ou du spectateur ?

3. Boucles de rétroaction médiées

3.1 – Définitions

Les boucles de rétroaction médiées mesurent et enregistrent les données corporelles de l'individu et les réutilisent afin de transformer l'environnement artistique en temps plus ou moins réel - cela dépend des choix des concepteurs-artistes - et en continu. L'utilisateur interagit avec cet environnement sur le mode des réponses physiologiques et comportementales, qu'il

peut aussi essayer de contrôler en régulant son activité corporelle. Quand les signaux physiologiques et comportementaux sont mesurés et utilisés afin de modifier l'environnement virtuel, cela a pour effet d'engendrer une forme d'interactivité particulière, qualifiée de « fluide et intuitive⁹⁴⁵ ». Nous pouvons émettre l'hypothèse que cette fluidité et cette intuition - nous préférons le terme « personnalisation » - existe aussi dans le cas d'usage d'une boucle de rétroaction émotionnelle médiée, qui se focalise sur l'activité émotionnelle du corps de l'utilisateur lorsqu'il est mis en relation avec un environnement artistique : le participant navigue alors dans un environnement à « son image ».

Les boucles de rétroaction médiées, transposent le corps de l'utilisateur dans l'œuvre de réalité virtuelle. Cette transposition peut donc être envisagée sous le mode émotionnelle : le corps émotionnel est en immersion et interaction immédiate avec l'œuvre, et celle-ci est capable d'induire ou de recevoir ces signaux émotionnels (modèles d'induction et d'analyse). La technique de la boucle de rétroaction médiée permet aussi d'étudier en temps réel la réception d'une œuvre par l'utilisateur sous la forme d'une « trace émotionnelle de l'expérience artistique », l'œuvre se situant d'abord à un niveau viscéral du corps (intéroceptif ou physiologique), ainsi qu'à un niveau comportemental. En résumé, dans le cadre artistique, les boucles de rétroaction émotionnelles médiées utilisent les signaux physiologiques et comportementaux issus des modèles d'induction et d'analyse, à des fins immersives et interactives pour améliorer le dialogue affectif entre l'utilisateur et l'œuvre.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 4, d'ordinaire la séquence émotionnelle dédiée aux artistes est linéaire : elle débute par des modèles d'induction des émotions, jusqu'à la phase de l'évaluation cognitive, pour parvenir aux réponses émotionnelles physiologiques, comportementales et subjectives. Dans le cas particulier de l'utilisation d'une boucle de rétroaction médiée, ce schéma n'est plus linéaire mais « bouclé ». Les modèles d'induction sont aussi élaborés à partir des réponses physiologiques, comportementales et émotionnelles de l'individu.

⁹⁴⁵ RENAUD Patrice, ALBERT Guillaume, CHARTIER Sylvain, BONIN Marie-Pierre, DECOURVILLE-NICOL Pascale, BOUCHARD Stéphane, PROULX Jean, « Mesures et rétroactions psychophysiologiques en immersion virtuelle : le cas des réponses oculomotrices et sexuelles », *Proceedings of the 18th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, Montréal : 18-21 Avril 2006, p. 178.

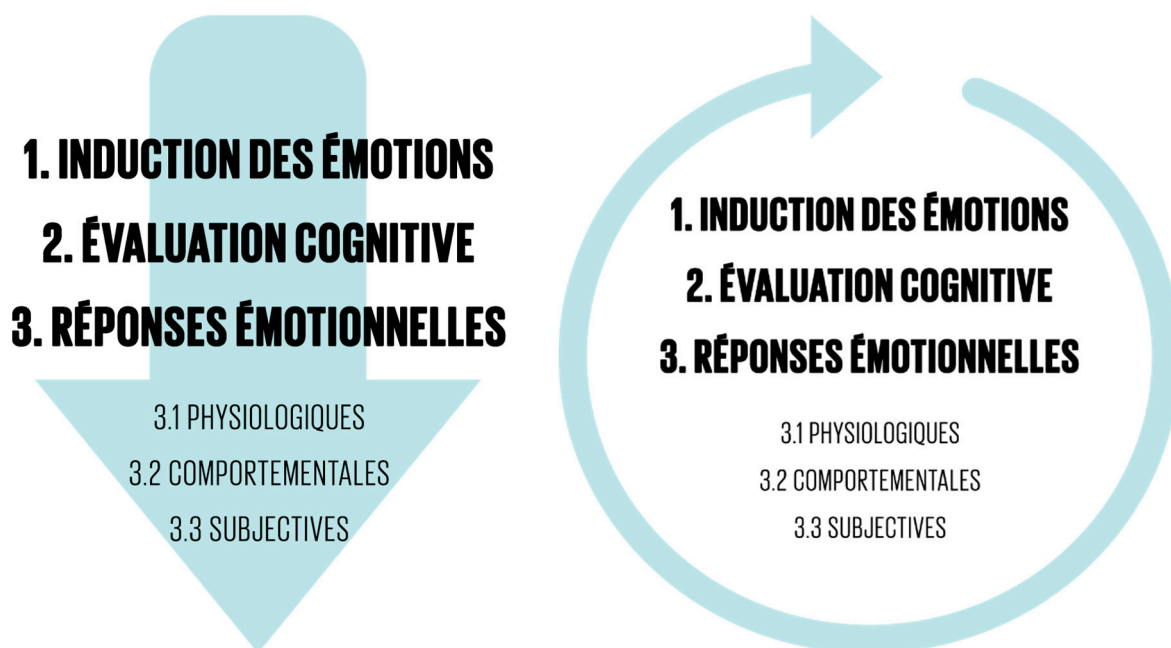


Figure 131 : à gauche, la séquence émotionnelle dédiée à la création I² pour les concepteurs-artistes à droite, développements de la séquence émotionnelle dans un contexte situationnel numérique usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteure)

La particularité de la boucle de rétroaction médiée est donc d'assimiler de manière inédite, en tout ou partie, la réponse émotionnelle de l'individu au phénomène d'induction des émotions. Les deux constituent une entité organique indivisible : les informations émotionnelles contenues dans les stimuli servant à l'induction émotionnelle, dépendent des variations produites par l'activité corporelle de l'utilisateur. En outre, l'évaluation cognitive des contenus de l'expérience opère donc sur des stimuli issus de l'activité intéroceptive (capteurs biologiques), proprioceptive (système de suivi de mouvement), et extéroceptive (en EV_Ext, par exemple), du participant⁹⁴⁶. Ces stimuli se confondent à la représentation artistique et sont parfois perceptibles sous la forme de retours d'information portant sur l'activité corporelle par l'utilisateur (*feedback*). Ils permettent ainsi à l'individu auto-discipliné sur le plan somatique⁹⁴⁷ de manœuvrer les contenus de l'expérience. Par conséquent, de tels dispositifs nous placent « comme acteur et observateur de notre propre fonctionnement vital⁹⁴⁸ ». Ainsi, l'utilisateur

⁹⁴⁶ Nous avons développé ces différentes mesures au chapitre 4.

⁹⁴⁷ La régulation « somatique » peut aussi prendre la forme d'expériences méditatives « d'attention concentrée » - sur un objet - et de « surveillance méditative », sur les processus internes de l'individu, LUTZ Antoine, SLAGTER Heleen A., DUNNE John, DAVIDSON Richard J., «Attention regulation and monitoring in meditation», *Trends in Cognitive Science*, vol. 12, 2008, p. 163.

⁹⁴⁸ DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021a, p. 141.

transite d'une première forme d'interactivité (simple) à une seconde forme « co-active⁹⁴⁹», qui est davantage « en phase⁹⁵⁰» avec lui.

En outre, les I² émotionnelles sont actuellement limitées technologiquement, car les dispositifs de mesures et d'analyse ne peuvent pas savoir précisément l'émotion qui est ressentie par l'utilisateur. Comme nous l'avons vu dans les précédents chapitres et comme nous l'avons aussi rappelé dans un article, « cette tâche est d'autant plus difficile, pour ne pas dire impossible, car les émotions ne sont pas des phénomènes arrêtés dans le temps mais à l'inverse, elles sont dynamiques⁹⁵¹ » (voir chapitres 1 et 5). Les émotions s'actualisent afin de répondre aux déplacements attentionnels de l'individu - ces derniers s'effectuent en fonction de l'importance des stimuli perçus - et elles répondent aussi à des contextes situationnels en évolution. Une première limite serait donc relative à notre incapacité à identifier une émotion unique (approche catégorielle), d'autant que des chercheurs évoquent la possibilité que certains stimuli génèreraient plutôt un « mélange d'émotions⁹⁵² » chez l'utilisateur (voir le chapitre 1). Une deuxième limite technologique est due à l'incapacité des systèmes de mesure et d'analyse de distinguer l'apparition d'un phénomène émotionnel et d'une activité physique : « les états émotionnels sont liés aux états physiologiques et comportementaux, mais les états physiologiques et comportementaux ne sont pas forcément liés à un éprouvé émotionnel⁹⁵³ ». Certaines réactions physiologiques ou comportementales - la fuite ou la course, les gestes réflexes, l'augmentation de la fréquence respiratoire ou du rythme cardiaque, par exemple - peuvent correspondre à une activité physique (voire, sportive) plutôt qu'à une (ré)action émotionnelle, ce qui complexifie à plus forte raison le travail discriminatif que devrait effectuer les systèmes de mesure et d'analyse.

⁹⁴⁹ KOCH Ed, GAW David, « Coactive aesthetics and control theory », *Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Intelligent Control*, vol. 1, 1990, p. 93-97.

⁹⁵⁰ Une interaction avec l'œuvre ou dans l'œuvre qui se rapproche davantage de celle que nous faisons d'un instrument, dans TANAKA Atsu, KNAPP Benjamin, « Multimodal interaction in music using the electromyogram and relative position sensing », *Proceedings of the 2002 conference on New Interfaces for Musical Expression*, Singapore, 2002, p. 2.

⁹⁵¹ DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021a, p. 139.

⁹⁵² COWEN Alan, SAULER Disa, TRACY Jessica, KELTNER Dacher, « Mapping the Passions : Towards a high-Dimensional Taxonomy of Emotional Experience and Expression », *Psychological Science in the Public Interest*, n° 20, 2019, p. 83.

⁹⁵³ DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021a, p. 140.

Si la boucle de rétroaction émotionnelle permet difficilement de mesurer l'activité émotionnelle en particulier - approche taxonomique ou catégorielle - elle peut toutefois solliciter en fonction qu'elle soit « indirecte » ou « directe⁹⁵⁴ » des pratiques d'autodiscipline corporelle, qui sont soit issues de la soma-esthétique, soit de la régulation émotionnelle, car elle implique un « processus qui permet à un individu d'apprendre comment changer son activité physiologique avec pour objectif d'améliorer sa santé et ses performances⁹⁵⁵ ». Quelle soit passive ou active, la boucle de rétroaction médiée oblige à la pratique introspective⁹⁵⁶ puisqu'elle se situe à l'interface (émotionnelle) entre l'utilisateur et l'œuvre.

3.2 – Taxonomie des types de mesures en fonction de la régulation émotionnelle humaine

Dans le cadre de la réception artistique (vidéoludique), une classification des types de capteurs a été élaborée pour évaluer l'expérience de jeu des utilisateurs. Les dispositifs de mesures en général, mais plus particulièrement l'électromyographie (EMG), la conductance cutanée (AED), l'électroencéphalographie (EEG) et les mesures cardiaques, offriraient ainsi « un moyen objectif, continu, en temps réel, non invasif, précis et sensible d'évaluer l'expérience de jeu⁹⁵⁷ ». D'autres études ont aussi été effectuées dans l'objectif de comprendre la relation entre les types de capteurs et les fonctionnalités de jeu mis en œuvre par les boucles de rétroaction médiées, ainsi que la réception des joueurs à ces types d'interactions (étude

⁹⁵⁴ Comme nous le précisons dans notre article, « L'individu est actif (il est conscient de la manière dont ses données physiologiques impactent l'expérience et il les manipule) ou passif (n'est pas conscient) face à son état physiologique. Nous pourrions dire aussi que ces données sont "explicites" ou "implicites" pour l'individu, "conscient" ou "inconscient" », DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021a, p. 140.

⁹⁵⁵ -. *Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback*.

⁹⁵⁶ BONGERS, Bert, « Physical interfaces in the electronic arts: interaction theory and interfacing techniques for real-time performance », dans M. M. Wanderley, M. Battier (dirs.), *Trends in Gestural Control of Music*, Paris, Ircam Centre Pompidou, 2000, p. 43.

⁹⁵⁷ KIVIKANGAS J. Matias, CHANEL Guillaume, COWLEY Ben, EKMAN Inger, SALMINEN Mikko, JÄRVELÄ Simo, RAVAJA Niklas, « A review of the use of psychophysiological methods in game research », *Journal of Gaming and Virtual Worlds*, vol. 3, 2011, p. 181.

subjective via des tests papiers-crayon et objective via différents types de capteurs⁹⁵⁸). Ces expériences approfondiraient de manière notable quatre points en particulier, « l'immersion », « la tension », « l'affect positif » et « l'affect négatif⁹⁵⁹ ». La boucle d'I² émotionnelles permet notamment de créer des expériences adaptatives en termes de difficulté par exemple, « basée sur l'état affectif du joueur plutôt que sur la performance⁹⁶⁰ ».

Selon nous, dans le cadre de la création artistique un indicateur prévaut sur tous les autres car celui-ci permet d'orienter et de contraindre les expériences I² émotionnelles pour les usagers : il s'agit du modèle de capteur. Les dispositifs de mesure nous renseignent chacun sur différentes activités du corps humain - respiratoire, cardiaque, neuronale, etc. - par conséquent, notre approche suppose que les capteurs ne favorisent pas tous le même processus de co-création. Autrement dit, en fonction du capteur choisi, le participant n'aura pas le même contrôle des dimensions esthétiques, narratives et fonctionnelles de l'œuvre d'art. Ce contrôle dépend des capacités de l'individu à conscientiser et à manipuler mieux que d'autres, certaines fonctions physiologiques, comportementales ou émotionnelles, ainsi que des types de structures produites par les « variations dans le temps [...] des potentiels électriques [d'une activité physiologique]⁹⁶¹ ». Par conséquent, les concepteurs-artistes doivent effectuer en priorité le choix de leur capteur en fonction des systèmes du corps humain (voir le chapitre 5) et de la maîtrise que l'utilisateur peut avoir sur ces différents types d'activité physiologique.

Une étude fondamentale dans le domaine de l'art interactif a été effectuée en ce sens. Elle élabore une taxonomie des capteurs⁹⁶² utilisés en fonction (1) du type de contrôle, direct-explicite ou indirect-implicite, que possède l'humain sur les fonctions physiologiques, sa

⁹⁵⁸ NOGUEIRA Pedro A., TORRES Vasco, RODRIGUES Rui, OLIVEIRA Eeugénio, NACKE Lennart E., « Vanishing scares: biofeedback modulation of affective player experiences in a procedural horror game », *Journal on Multimodal User Interfaces*, vol. 10, 2016, p. 38.

⁹⁵⁹ *Ibid.*, p. 32.

⁹⁶⁰ KIVIKANGAS J. Matias et alii, *Op. Cit.*, p. 189.

⁹⁶¹ ALY Luis, PENHA Rui, BERNARDES Gilberto, « Biosensing in interactive Art : A User-Centered Taxonomy », dans N. Lee (dir.), *Encycloedia of Computer Graphics and Games*, Springer International Publishing AG, 2018, p. 4.

⁹⁶² Les capteurs ont été sélectionnés en fonction « de leur application commune dans les arts interactifs, de leur disponibilité, de leur faible cout, de leur miniaturisation et de leur intégration rapide avec des applications logicielles », *Ibidem*.

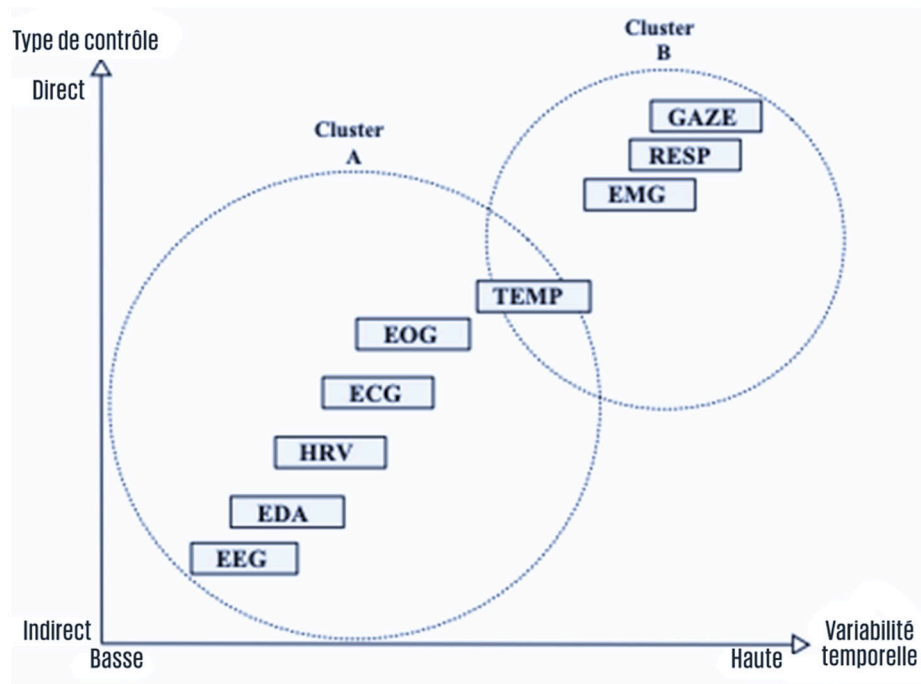
capacité à instrumentaliser un type de capteur et (2) des variations de temps de la réponse, « le taux de changement perceptible dans le temps des potentiels électriques capturés⁹⁶³ », de faible à élever. Par exemple, un capteur respiratoire possède une variabilité plutôt élevée, alors qu'un capteur de conductance cutanée (AED) ou cardiaque (ECG), possède une variabilité plutôt faible des potentiels électriques générés. Par ailleurs, de ce tableau émerge une information capitale pour les concepteurs-artistes qui est représentée par un agglomérat de capteurs positionnés en diagonale : « plus les réponses obtenues [...] sont rapides, plus les utilisateurs ont un contrôle direct sur leurs mesures et leur évolution⁹⁶⁴ ». Suivant ce raisonnement, des dispositifs pourraient transformer les versants explicites de l'œuvre, quand d'autres seraient bénéfiques aux versants esthétiques et fonctionnels en « arrière-plan » ou « implicite » (musique, couleurs, etc.). Selon les auteurs, les capteurs du cluster A contrôlent surtout les « aspects implicites » ou « à adaptation lente ou d'arrière-plan d'un jeu » et les capteurs du cluster B contrôlent « les interactions explicites » ou « actions de premier plan⁹⁶⁵ ». La température se retrouve dans cette figure à l'intersection entre les clusters A et B car elle est mesurée par des « capteurs dont les réponses évoluent lentement et qui peuvent être modifiées par un changement soudain de l'environnement qu'ils mesurent [...] le capteur TEMP a généralement une réponse lente mais l'utilisateur peut induire une réponse plus immédiate en soufflant de l'air dans celui-ci⁹⁶⁶ ».

⁹⁶³ *Ibidem.*

⁹⁶⁴ *Ibid.*, p. 5.

⁹⁶⁵ *Ibid.*, p. 5-6.

⁹⁶⁶ *Ibidem.*



Légende : EEG = électroencéphalogramme ; EDA = Électrodermal ; HRV = Variations du rythme cardiaque ; ECG = électrocardiogramme ; EOG = electro-oculographie ; TEMP = Température ; EMG = électromyographie ; RESP = respiration ; GAZE = oculométrie

Figure 132 : Mesures physiologiques réparties selon deux axes : la variation temporelle (horizontal) et la type de contrôle (vertical) selon Luis Aly et alii

Pour correspondre idéalement à notre recherche sur les I² émotionnelles, l'étude de Luis Aly et alii⁹⁶⁷ pourrait être augmentée d'une approche directement liée aux émotions, en comprenant par exemple, les changements provoqués par la régulation émotionnelle dans le modèle multi-composantiel de R. Scherer, que nous avons expliqués au début de ce chapitre. Elle devrait aussi incorporer les différentes approches taxonomiques et dimensionnelles développées dans le chapitre 4, pour permettre de déterminer quels types de capteurs fonctionnent le mieux en fonction des modèles dimensionnels. Par exemple, il est possible de distinguer la valence, agréable et désagréable, d'une expérience grâce à un électroencéphalogramme comme dans l'expérience de *Freud la dernière hypnose* de Marie-Laure Cazin (2019, vue au chapitre 1). *A priori*, la perception de la valence est moins nette lorsqu'elle est effectuée à partir d'un dispositif de conductance cutanée, via lequel nous allons toutefois pouvoir facilement déterminer des niveaux de stress. Dans le chapitre dédié à la conclusion et aux perspectives futures de notre étude, nous développons des pistes de recherche et hypothèses sur le sujet.

⁹⁶⁷ ALY Luis, PENHA Rui, BERNARDES Gilberto, *Op. Cit.*

4. Conclusion

Parmi les informations importantes à retenir, il faut que le concepteur-artiste se rappelle que :

- La régulation émotionnelle est soit automatique, soit contrôlée et impacte à différents niveaux le modèle componentiel des émotions : la sélection de la situation, la modification de la situation, le déploiement de l'attention, des changements dans les processus cognitifs et la modulation des réponses. Elle s'inscrit aussi comme principe de vicariance au sein de la boucle PDA.

- L'approche soma-esthétique développée par Richard Shusterman constitue un cadre théorique et critique pour notre recherche. Elle se subdivise en trois branches principales, la soma-esthétique analytique, la soma-esthétique pragmatique (performative, représentationnelle et expérientielle), la soma-esthétique pratique.

- Les principes de l'autopoïèse de Hideo Kawamoto expliquent les modèles I² émotionnelles de manière organique et non linéaire, nous permettant ainsi d'expliquer ce qui se situe au principe même de l'expérience fonctionnant avec une boucle de rétroaction émotionnelle médiée, d'autant plus lorsque l'expérience introduit une dimension proprioceptive (immersion corporelle).

- La boucle de rétroaction physiologique médiée concerne stricto sensu l'utilisation des données physiologiques comme agent transformateur d'une expérience. Nous la nommons boucle de rétroaction émotionnelle médiée quand l'expérience incorpore des notions et des processus issus du fonctionnement, de la mesure et de l'analyse des émotions.

- La séquence émotionnelle telle que nous l'avons modifiée pour correspondre aux enjeux créatifs des concepteurs-artistes est linéaire, allant de l'induction des émotions, à l'évaluation de la situation et aux réponses émotionnelles (chapitre 3). Cependant dans le cas

d'usage d'une boucle de rétroaction émotionnelle médiée, le phénomène d'induction des émotions est directement, en tout ou partie, lié à la réponse émotionnelle.

- L'interfaçage des émotions (feedback des signaux biologiques) peut être implicite ou explicite. Sous sa forme explicite, il peut être instrumentalisé par les participants si les concepteurs-artistes le désire.

- Un choix majeur en matière d'interfaçage avec boucle de rétroaction physiologique ou émotionnelle médiée repose sur le type de capteur. Ce choix doit s'effectuer au regard du type de degré de contrôle, plus ou moins important, que le participant peut avoir sur et dans l'expérience. Si les concepteurs-artistes choisissent d'utiliser une boucle de rétroaction émotionnelle médiée, le choix de capteur doit aussi s'effectuer en fonction des modèles (dimensionnels, taxonomiques, etc.) compatibles.

- PARTIE III -

La création artistique avec immersion et interaction émotionnelles

Les œuvres passives ou actives en EV_Ext ou en EV_Pro, délimitent à leur manière un espace de création et de réception artistique qui dépend de nos organes sensoriels et du traitement de l'information émotionnelle jusqu'à, dans certains cas, la prise de conscience (la perception, voir le chapitre 4 sur la séquence émotionnelle). Par organes sensoriels nous entendons, la vision, l'ouïe, le toucher, l'odorat, le goût⁹⁶⁸ (« organes sensoriels spécifiques⁹⁶⁹ » ou extéroceptifs) ainsi que nos organes proprioceptifs « qui permettent la localisation spatiale, l'équilibre, les mouvements et les déplacements⁹⁷⁰ ». En effet, de nos sens émergent des stimuli sensoriels (des photorécepteurs de la rétine, par exemple), qui sillonnent ensuite par les voies nerveuses (nerfs optiques) jusqu'aux centres nerveux (moelle épinière, cervelet) qui traitent l'information. Lors de la prise de conscience, autrement dit lorsqu'une sensation⁹⁷¹, un stimuli sensoriel, va faire l'objet d'une perception consciente, « de nombreuses régions du cerveau [...] se mettent à décharger en synchronie, ce qui indique que le petit stimulus est devenu un grand état de conscience⁹⁷² ». Cet état, visible grâce au progrès technique de l'imagerie cérébrale⁹⁷³,

⁹⁶⁸ Aujourd'hui, les organes sensoriels consacrés à la création numérique sont surtout la vue, l'ouïe et le toucher, car le goût et l'odorat sont des sens chimiques difficilement interfaçable par ordinateur.

⁹⁶⁹ FUCHS Philippe, MOREAU Guillaume, *Le traité de la réalité virtuelle*, Paris, Presses des Mines, 2006, p. 39.

⁹⁷⁰ *Ibid.*, p. 1. Le système visuel est en ce sens à la fois un organe extéroceptif et proprioceptif.

⁹⁷¹ Toutes les sensations ne font pas objet d'une prise de conscience. La conscience est sélective et chaque information passe par un « goulot d'étranglement », une seule information à la fois peut accéder à la conscience. DEHAENE, Stanislas, *Op. Cit.*, p. 59.

⁹⁷² *Ibid.*, p. 188.

⁹⁷³ Dès 1900, nous pouvons grâce à l'IRMf (Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle), observer l'ensemble de l'activité du cerveau. Puis en 1930, l'électroencéphalographie nous permet d'effectuer un « enregistrement digital de l'ensemble de l'activité électrique du cerveau », *Ibid.*, p. 166. Dans les années 1960, la magnétoencéphalographie, permet d'enregistrer « de minuscules ondes magnétiques qu'émettent le mouvement des ions dans le cortex », *Ibidem*. Enfin, on place chez certains patients épileptiques des électrodes dans le cerveau

est concrétisé par « l'embrassement global⁹⁷⁴ » du réseau neuronal, qui définit ce que le psychologue et neuroscientifique Stanislas Dehaene nomme une « signature de la conscience⁹⁷⁵ ». Comme nous l'avons démontré précédemment, pour parvenir à une I² émotionnelle, les grammaires de cinéma, de jeu vidéo et de la réalité virtuelle, doivent donc en priorité se familiariser à ces règles qui conditionnent l'expérience sensorielle et émotionnelle humaine.

Aussi, l'émotion s'accompagne souvent d'une marque physiologique, comportementale ou subjective qui la dévoile à autrui et qui est donc mesurable. L'émotion est « une expérience subjective singulière *hic et nunc*, toujours en liaison avec l'environnement⁹⁷⁶ », autrement dit elle est une réaction de grande intensité liée à l'évaluation d'une situation particulière. Par conséquent, il nous appartient de questionner la manière grâce à laquelle, avec la nouvelle technologie de réalité virtuelle, nous pouvons créer des émotions, c'est-à-dire concevoir des environnements, des contextes situationnels, capables d'engendrer des réactions affectives de grande intensité. À plus humble échelle, il s'agira au moins d'envisager de quelle manière un concepteur-artiste peut maîtriser le « flow émotionnel⁹⁷⁷ » - un état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du participant dans une expérience - de son expérience artistique, car l'émotion n'est-elle pas un élément constitutif de l'œuvre d'art ?

Les trois derniers chapitres de cette thèse sont consacrés à l'étude d'exemples artistiques conçus sur les différents modes d'I² émotionnelles. Parce que notre cadre de recherche est

qui permettent des « enregistrements intracrâniens », *Ibid.*, p. 188, c'est à dire visualiser l'activité cérébrale à l'échelle d'un seul neurone.

⁹⁷⁴ *Ibid.*, p. 184.

⁹⁷⁵ *Ibid.*, p. 195 : « Il en résulte un réseau cérébral global formé de multiples régions synchrones, dont les différentes facettes expliquent les quatre signatures de la conscience : une activité distribuée, particulièrement dans les aires pariétales et préfrontales, une onde P3, une amplification de l'activité dans la bande gamma, et une synchronisation massive à longue distance ».

⁹⁷⁶ CLAUDON Philippe, WEBER Margot, « L'Émotion. Contribution à l'étude psychodynamique du développement de la pensée de l'enfant sans langage en interaction », *Devenir*, vol. 21, 2009, p. 61-99.

⁹⁷⁷ Le « flow émotionnel » est un concept traduisant un état corporel particulier du spectateur ou du participant et qui nous est inspiré de la notion de « flow » de CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. New York: Harper- Collins, 1996.

artistique, il favorise déjà l'émergence de modèle d'induction émotionnelle. Nous émettons donc l'hypothèse qu'une partie, au moins, de la donnée physiologique prélevée sur le participant appartient au champ des émotions. Toutefois, cette dimension émotionnelle peut être augmentée, dans le cas où, nous ajoutons au sein même de l'expérience artistique des modèles dédiés au dialogue usager(s)-œuvre, c'est-à-dire dédiés à la mesure et l'analyse des émotions du participant. Plusieurs cas d'étude sont donc envisagés ici et constituent des niveaux différents des I² émotionnelles :

1. Sans capteurs, avec un discours émotionnel (modèle d'induction) : le cadre artistique ne présente pas d'utilisation de capteurs physiologiques ou comportementaux, mais engage une réflexion sur les I² émotionnelles. Nous développons cette partie dans les chapitres 7 et 8 qui s'intéressent au phénomène d'induction des émotions. Les chapitres 8 et 9 portent sur cette question en l'appréhendant à travers deux conformations différentes, en EV_Ext et EV_Pro.

2. Avec capteurs, sans discours émotionnel : Le cadre artistique présente l'utilisation de capteurs physiologiques ou comportementaux mais n'est pas associé à une réflexion sur les émotions et n'est pas non plus associé à des modèles d'analyse des émotions (boucle de rétroaction physiologique médiée ou boucle de rétroaction comportementale médiée). Cependant, puisqu'il s'agit d'un cadre artistique, nous supposons que l'émotion est présente *a minima* dans le rapport humain-œuvre.

3. Avec capteur, avec un discours émotionnel (modèle d'induction), sans modèle d'analyse des émotions : Le cadre artistique présente l'utilisation de capteurs physiologiques ou comportementaux et d'une réflexion générale sur les émotions au sein de l'expérience (modèle d'induction). Toutefois, il ne présente pas de modèles d'analyse émotionnelles. Généralement, ces expériences tentent d'influencer le versant émotionnel du participant à travers l'approche inductive des émotions, c'est-à-dire un travail autour du contexte situationnel qui est présenté au participant.

4. Avec capteur, avec un discours émotionnel (modèle d'induction) et avec modèle d'analyse des émotions : Le cadre artistique présente l'utilisation de capteurs physiologiques ou comportementaux, associés à des systèmes d'analyse des émotions. Il s'agit là du modèle I² émotionnel le plus complet (boucle de rétroaction émotionnelle médiée).

Œuvres avec boucles de rétroaction médiées

Introduction

Dans le cadre de ce chapitre, deux approches sont à l'étude afin de mettre à jour la relation usager-œuvre lorsque celles-ci utilisent une boucle de rétroaction médiée : une approche centrée sur les facteurs technologiques et médiatiques, qui expliquera les particularités sensorielles et créatives des œuvres produites en ER, EV_Ext et EV_Pro et une approche centrée sur les facteurs sociaux - individuels, intersubjectifs et collectifs - reprenant nos recherches préalables (chapitre 3). Avant d'entamer cette étude, il est important de rappeler aux concepteurs-artistes que les I² émotionnelles dépendent aussi des autres niveaux d'immersion et d'interaction, fonctionnels, cognitifs et sensori-moteurs. Elles varient notamment en fonction des schèmes utilisés, qu'ils soient naturels - avec le schème importé du « skieur » par exemple, dans l'expérience de réalité virtuelle avec visiocasque *Fancy Skiing VR*, Ha-Sh VR Studio, 2016 ou artificiels (un déplacement par téléportation), ainsi que des sens qui sont stimulés (ou non), et du caractère direct-explicite ou indirect-implicite des retours d'information de ces I² émotionnelles.



Figure 133 : Schème importé du « skieur » dans *Fancy Skiing VR*, Ha-Sh VR Studio, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque, le joueur se déplace en plantant ses bâtons de ski dans le sol

1. Facteurs technologiques et médiatiques du façonnement émotionnel

Dans un premier temps de ce chapitre, nous classons les œuvres artistiques en fonction de ces différents degrés d'I² émotionnelles. En nous intéressant d'abord aux différentes conformations humain-œuvres, nous vous les présentons dans l'ordre suivant :

- Les œuvres plaçant le spectateur ou le participant dans un environnement réel (ER).

- Les œuvres plaçant le spectateur ou le participant dans un Environnement Virtuel perçu à distance (EV_Ext).

- Les œuvres plaçant le spectateur ou le participant dans un Environnement Virtuel avec immersion corporelle (EV_Pro).

1.1 – Les boucles de rétroaction médiées en ER

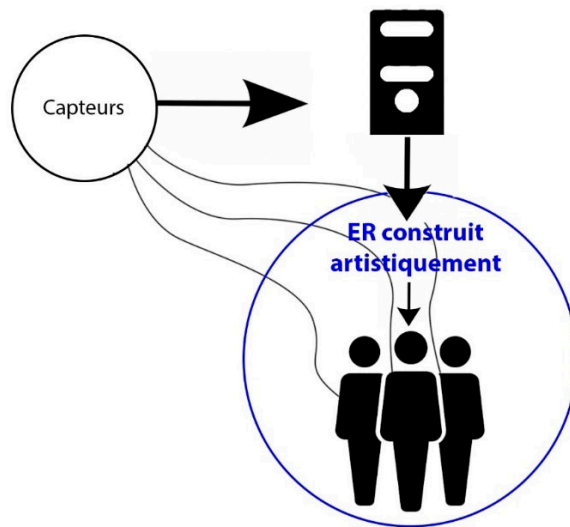


Figure 134 : Schéma représentant un ou des sujet(s) interfacé(s) par des capteurs de données physiologiques ou comportementales dans un environnement réel construit artistiquement et usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteure)

Lorsqu'un individu ou des individus sont présents dans un environnement réel construit artistiquement avec une boucle de rétroaction médiée, les capteurs physiologiques ou comportementaux mesurent et retranscrivent les données du corps du participant à un système intermédiaire (un ordinateur, une carte Arduino, etc.). Ce système intermédiaire se chargera de transformer les signaux biologiques ou comportementaux en fonction des choix technologiques et artistiques effectués en amont, durant la phase de création. Dans cette configuration précise, un signal biologique ou comportemental se manifestera dans l'environnement d'après une logique « plastique⁹⁷⁸ » à travers des stimuli surtout extéroceptifs (visuel, auditif, tactile, etc.). Ce type de conformation est retrouvé dans le cadre d'installations appartenant au mouvement de la *brainwave music*, telles que *Music for Solo Performer*⁹⁷⁹ (Alvin Lucier, 1965, performance avec EEG), *Ecology of the Skin*⁹⁸⁰ (David Rosenboom, 1970, performance avec EEG) *Portable*

⁹⁷⁸ Les concepteurs-artistes répondant à une logique « plastique » opèrent en manipulant physiquement l'œuvre (art visuel, sculpture, gravure, etc.). Ils remodelent l'environnement et les objets réels - ici matériaux ou sons - à des fins artistiques.

⁹⁷⁹ Une des premières œuvres utilisant les ondes cérébrales pour les transformer en temps réel (en « live ») en œuvre musicale.

⁹⁸⁰ Des mesures EEG (ondes alpha) sont effectuées sur un auditoire composé de dix interprètes. Un détecteur d'onde alpha calcule la quantité de temps durant lequel le participant génère des ondes alpha : plus ce temps est maintenu « plus le participant contrôle les modules de sonores ». BLUM, Thom, « Reviewed work : Biofeedback

Gold and Philosopher's stone II (David Rosenboom, J. B. Floyd⁹⁸¹, 1974, performance avec EEG) et *On Being Invisible*⁹⁸² (David Rosenboom, 1976-1977, performance avec EEG). Avec ces dispositifs de sonification, nous nous retrouvons dans un cas assez classique d'interfaçage physiologique qui correspond à la deuxième acception que nous avons formulée en introduction de cette partie (avec capteurs mais sans discours émotionnel) : les individus sont simplement interfacés par une boucle de rétroaction physiologique médiée qui amplifie les ondes cérébrales en musique. Ces œuvres sont considérées par nous selon plusieurs systèmes de référencement : elles utilisent des boucles de rétroaction physiologiques médiées (des signaux cérébraux, pour être très précis), dans une configuration plastique (installations, démonstrations ou performances) en environnement réel, en conformation individuelle (*Music for Solo Performer*, par exemple) ou collective (*Ecology of the Skin*) et interactive, avec des retours d'information (*feedback*) explicites : les signaux cérébraux sont transformés en musique électronique à travers des patrons reconnaissables qui peuvent permettre au participant de maîtriser le flux sonore.



Figure 135 : *Ecology of the skin*, David Rosenboom, 1970, musique neuro-interactive, performance participative (photo de Peter Moore)

and the Arts : Results of Early Experiments by David Rosenboom », *Computer Music Journal*, vol. 13, 1989, p. 86.

⁹⁸¹ David Rosenboom et J. B. Floyd ont fabriqué un dispositif de boucle de rétroaction médié portable pour la démonstration du *Portable Gold and Philosopher's stone*.

⁹⁸² Les ondes cérébrales d'un soliste sont transformées en musique électronique par un dispositif musical interactif.

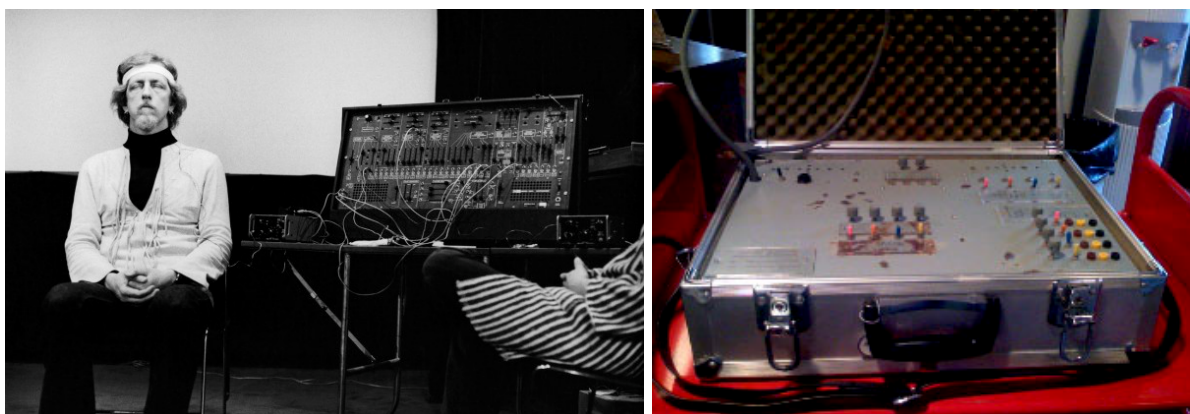


Figure 136 : à gauche, un EEG capture les signaux d'activation cérébrale de un ou deux interprètes et les transforme spontanément en musique électronique, dans *Gold and Philosopher's stone*, David Rosenboom, J. B. Floyd, 1974, installation présentée à Paris en 1975, à droite, le dispositif *Portable Gold and Philosopher's Stones II* (photo de Damian Wagner)

Des années plus tard, les œuvres de sonification de Craig Fahner *hrtdrm* (2009), *Mind Pool*⁹⁸³ de Kiel Long, (2011) et de Lisa Park *Eunoia II* (2014), *Heartmonic* (*heart+harmonic*, Lisa Park, 2016⁹⁸⁴), utilisent de la même manière des ECG ou des EEG afin de traduire l'activité cardiaque ou cérébrale d'un ou plusieurs interprètes, à l'intérieur d'un espace sonore et visuel. Par exemple, dans *hrtdrm* (Craig Fahner, 2009, installation « avec capteur ECG, sans discours émotionnels »), les battements cardiaques de l'individu sont transformés en battements de batterie. En outre, dans *Mind Pool* (Kiel Long, 2011, installation « avec capteur EEG, sans discours émotionnels »), un liquide stagnant dans une bassine est « réveillé » en temps réel par la présence d'ondes acoustiques matérialisant les ondes cérébrales des participants et leur permettant ainsi d'être observateurs et acteurs de leur relation corps et esprit. Les œuvres de Lisa Park se distinguent du format « avec capteur et sans discours émotionnel », puisqu'elles « tentent d'afficher les émotions humaines invisibles et des changements physiologiques dans des représentations auditives⁹⁸⁵ ». À cet effet, l'installation *Eunoia II* (2014, installation avec EEG) utilise quarante-huit enceintes conçues « en paraboles » afin de contenir un bassin d'eau. Un capteur EEG (Emotiv EPOC) utilise des « valeurs émotionnelles [...] (frustration, méditation, ennui, engagement et excitation) » du participant afin de « moduler la vitesse, le

⁹⁸³ La série *The Static Organ* de Kiel Long (2011) est constituée de plusieurs installations conçues au croisement des sciences et de l'art et utilisant notamment des dispositifs de mesures physiologiques.

⁹⁸⁴ Voir toutes les œuvres de l'artiste dans le lexique d'œuvres principales et complémentaires, en annexe.

⁹⁸⁵ PARK, Lisa, *Eunoia II*, *thelisapark*, pas de date de publication, consulté le 23 Mars 2021, [<https://www.thelisapark.com/work/eunoia2>].

panoramique et le volume d'un son enregistré⁹⁸⁶». En résulte, un mouvement vibratoire de l'eau qui a plus ou moins d'importance en fonction de l'intensité (activation) des ondes cérébrales. Par conséquent, les œuvres de Lisa Park nous amènent à un format complet de l'I² émotionnelles, « avec capteur et modèles d'analyse des émotions », puisque l'artiste exploite les modèles dimensionnels (activation) afin de traiter et générer via les boucles de rétroaction émotionnelles médiées, les contenus de son expérience.

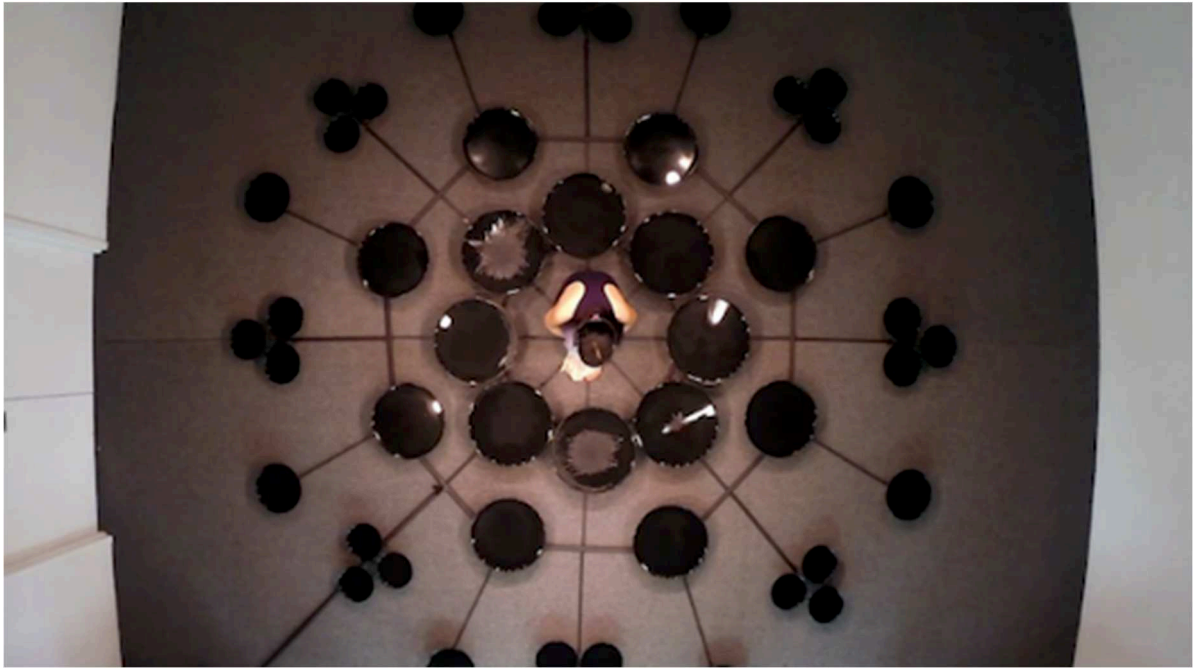


Figure 137 : *Eunoia II*, Lisa Park, 2014, installation avec EEG

L'œuvre *Dislocation VII : Suspension of Attention* de Grégory Chatonsky (2012), utilise un électroencéphalogramme pour capturer l'activité cérébrale du participant. Lorsqu'il se concentre sur une porte en fer, en mimant l'acte télékinésique, celle-ci se déplace le long d'un rail. Si le participant ne se concentre plus sur la porte, celle-ci retourne progressivement vers son point de départ : il doit donc « suspendre son attention » jusqu'au terme de l'expérience afin d'en découvrir la résolution. Cette expérience utilise des capteurs biométriques, mais n'incorpore pas à proprement parler des modèles d'I² émotionnelles (pas de discours sur les émotions, pas de modèles d'induction ou d'analyse).

⁹⁸⁶ *Ibidem*.



Figure 138 : *Dislocation VII : Suspension of Attention*, Grégory Chatonsky, 2012, installation avec EEG

Sur le mode comportemental, l'installation en forme de tunnel de 24 mètres *Moodwall* (Gasper Klinkhamer, Mathias Oostrik, Remco Wilcke, 2009, installation avec capteurs de mouvements), est composée de 2500 lampes LED, contrôlées par un système de caméras. Grâce aux capteurs de mouvements, le passage du visiteur à l'intérieur du tunnel modifie les formes et les couleurs qu'il contient, ce qui a pour effet de créer une réaction émotionnelle ayant notamment pour vocation de « rendre les gens heureux et moins en insécurité⁹⁸⁷ ». Cette œuvre nous place donc dans un troisième cas de figure, « avec capteur, avec discours émotionnel, sans modèles d'analyse des émotions » puisqu'aucun système taxonomique ou dimensionnel (ou les deux) n'a été mis en place pour déduire précisément les émotions des participants : *a priori*, celles-ci sont difficilement identifiables à partir de simples déplacements filmés. Ainsi, l'œuvre demeure au stade d'une I² émotionnelle de troisième ordre, utilisant dans ce cas des boucles de rétroaction comportementales médiées.

⁹⁸⁷ SYKES Rachael, « Moodwall by Urban Alliance », *Dezeen*, pas de date de publication, consulté le 23 Mars 2021, [<https://www.dezeen.com/2009/03/05/moodwall-by-urban-alliance/>]



Figure 139 : *Moodwall*, Gasper Klinkhamer, Mathias Oostrik, Remco Wilcke, 2009, installation avec capteur de mouvements

Dans le cas de *Mood Swings* de Leticia Bialoskorski (2009, installation avec accéléromètre), les participants sont invités à déplacer des orbes de lumière contenant des accéléromètres. Les gestes ou « mouvement affectif⁹⁸⁸» du participant sur l’orbe génèrent des couleurs que l’artiste associe à des émotions (approche taxonomique).

⁹⁸⁸ BIALOSKORSKI Leticia S., WESTERING Joyce H. D. M., VAN DEN BROEK Egon L., « Mood Swings: An affective interactive art system », Conference: Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, Third International Conference, INTETAIN 2009, Amsterdam, 22-24 Juin 2009, p. 183.



Figure 140 : *Mood Swings*, Leticia Bialoskorski, Joyce Westering, Egon Van Den Broek, 2009, installation avec capteur de mouvements

Mood Swings s'appuie sur les recherches du chorégraphe et danseur Laban, décrivant le mouvement affectif à travers son modèle « effort et forme » constitué de cinq caractéristiques : le poids, le temps, le flux, l'espace et la trajectoire⁹⁸⁹. Une recherche de Jong-Hoon Lee, Jin-Yung Park et Tek-Jin Nam, fait correspondre cette étude avec le modèle circomplexe de James Russell dans l'objectif de faire émerger trois nouvelles dimensions du mouvement affectif, autrement nommé « cadre de la relation émotion-mouvement⁹⁹⁰ » : la vitesse, la fluidité et l'ouverture. Dans cette recherche, la vitesse correspond au rythme et à la pulsation (*beat*). La fluidité correspond à la séquence et à un rythme irrégulier. L'ouverture correspond à la direction et au volume de manière combinés⁹⁹¹. Quand ces trois nouveaux facteurs de mouvements sont apposés au modèle circomplexe de James Russell, cela a pour effet produire un schéma dimensionnel de la relation « émotion-mouvement » :

⁹⁸⁹ *Ibidem*.

⁹⁹⁰ LEE Jong-Hong, PARK Jin-Yung, NAM Tek-Jin, « Emotional Interaction through Physical Movement », dans Jacko, J. (dir.), *Human-Computer Interaction*, vol. 4552, 2007, p. 404.

⁹⁹¹ *Ibidem*.

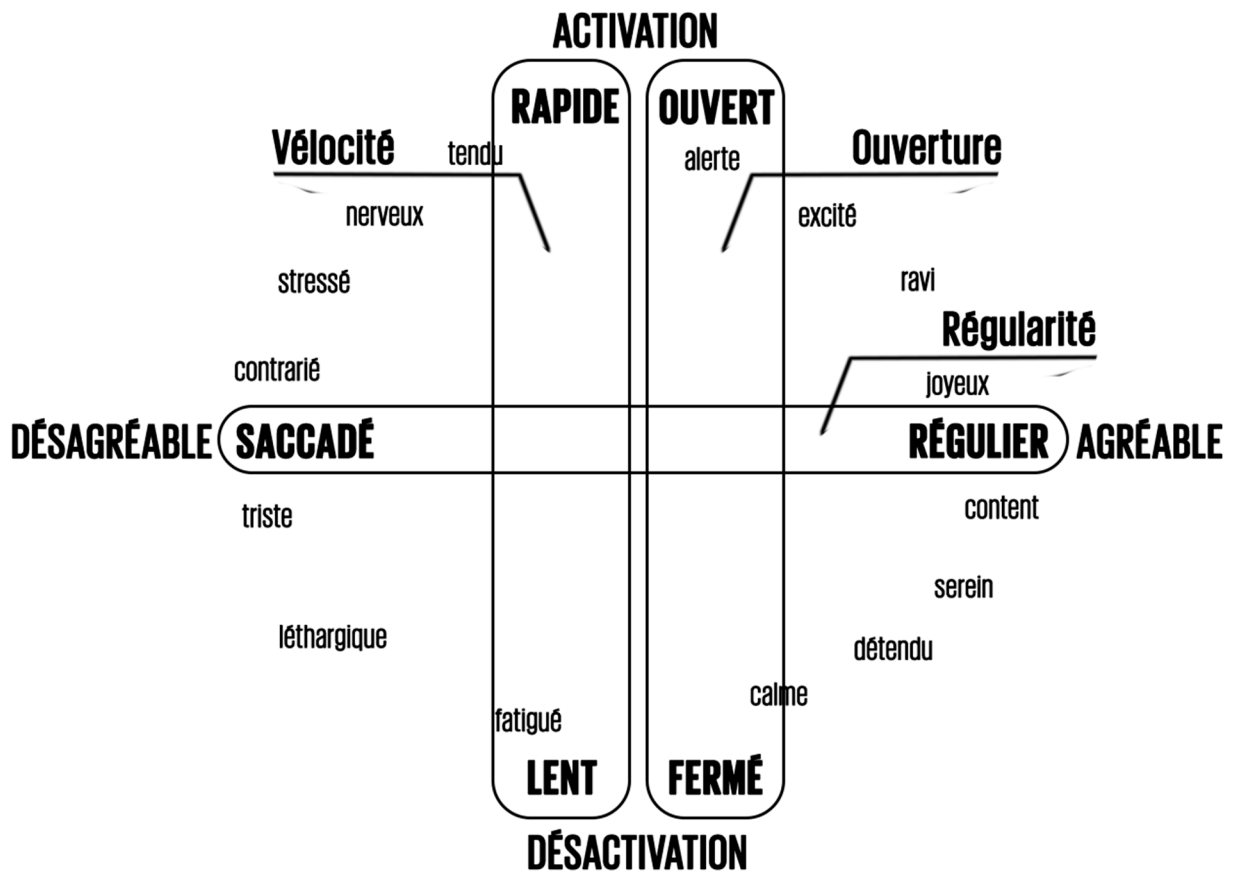


Figure 141 : Schéma représentant la relation « émotion-mouvement » associée au modèle circomplexe de Russell, selon Jong-Hong Lee et alii

Les paramètres de vélocité et de fluidité de ce nouveau modèle dimensionnel sont ensuite intégrés dans *Mood Swings*. Les niveaux d'excitation sont exprimés par des mouvements plus ou moins rapides et la valence positive-négative, s'exprime par régularité-irrégularité des mouvements (fluidité). L'émotion des participants est déduite à travers ces deux facteurs lors du déplacement de l'orbe, sous la forme de couleurs disposées sur le modèle circomplexe de James Russell : si le mouvement est rapide et régulier, la couleur dans l'orbe sera orange, si le mouvement est lent et saccadé la couleur dans l'orbe sera bleue ou violette, etc.

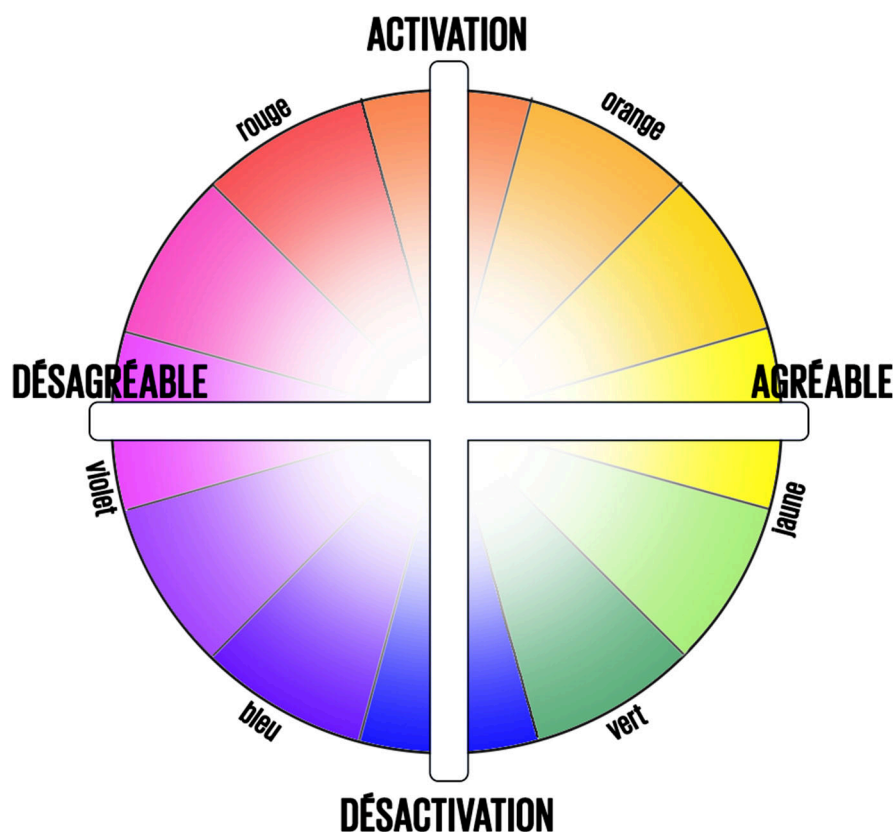


Figure 142 : Schéma représentant la relation « émotion-mouvement » sur le modèle circulaire de Russell et associée à une gamme colorimétrique selon Leticia Bialoskorski et alii

Dans le cas de *Mood Swings*, nous retrouvons un format d' I^2 émotionnelles de quatrième degré (le plus complet), puisque l'œuvre présente des capteurs (accéléromètres), des modèles d'analyse émotionnelle (modèles dimensionnels d'activation et de valence), ainsi qu'un discours artistique sur le mode émotionnel. Cette œuvre est considérée par nous selon plusieurs systèmes de référencement : elle utilise des boucles de rétroaction comportementales médiées, dans une configuration plastique (installation) en environnement réel, en conformation individuelle et interactive, avec des retours d'information (*feedback*) explicites : les signaux comportementaux (« mouvements affectifs ») sont transformés en couleurs à travers des patrons reconnaissables qui peuvent permettre au participant de maîtriser le flux visuel. En outre, dans *Soul Flipper* du collectif Himmelblau (1969, installation avec capteur de mouvements faciaux), les expressions faciales sont mesurées grâce à un dispositif connecté portable - une bulle équipée d'un capteur de suivi de mouvement facial - et transformées en couleur selon leur valence : une expression positive est reproduite et ainsi intensifiée à travers des « couleurs vives et joyeuses⁹⁹²», tandis que les expressions négatives sont représentées à

⁹⁹² -, « Soul Flipper », *coop-himmelblau*, publié en 2021, consulté le 3 Février 2022, [<https://coop-himmelblau.at/first-ten-years/>]

travers la couleur bleue.



Figure 143 : *Soul Flipper*, Coop Himmelb(l)au, 1969, installation et suivi de mouvement facial (photo de Erwin Reichmann)

1.2 - Les boucles de rétroaction médiées en environnement virtuel extéroceptif

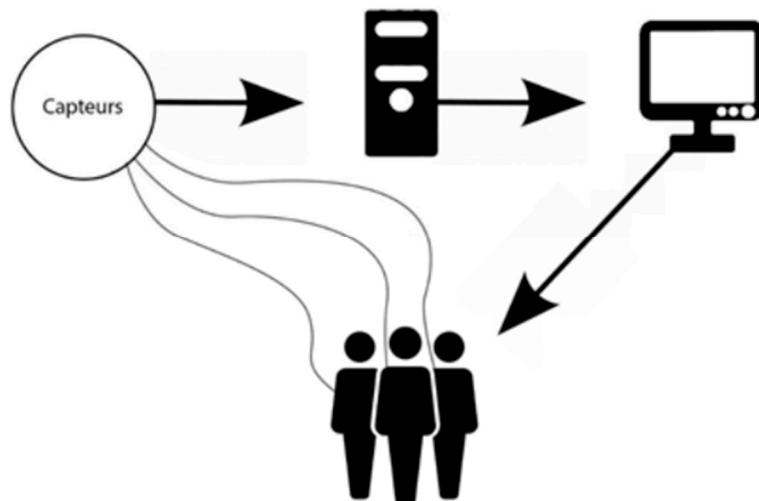


Figure 144 : Schéma représentant un ou des sujet(s) interfacé(s) par des capteurs de données physiologiques ou comportementales dans un Environnement Virtuel perçu visuellement à distance (EV_Ext), construit artistiquement et usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteure)

Lorsqu'un ou plusieurs individus interagissent avec un environnement virtuel visuellement perçu à distance, les données physiologiques ou comportementales se manifestent via des stimuli extéroceptifs (surtout visuels, auditifs et parfois tactiles), puisque l'individu n'est pas immergé corporellement dans une expérience (immersion proprioceptive). Dans ces circonstances, l'individu interagit donc *sur* l'image plutôt que *dans* l'environnement, comme le proposent les dispositifs de réalité virtuelle : les conformations avec I² émotionnelles en EV_Ext sont essentiellement retrouvées dans le cadre d'œuvres vidéo, cinématographiques ou vidéoludiques. À la différence de l'environnement réel, l'environnement virtuel à distance est strictement accessible par des canaux sensoriels extéroceptifs et il s'élabore selon les principes numériques qui offrent la possibilité au participant (via son avatar ou sans avatar) d'effectuer des actions (voler, tirer des boules de feu, etc.) qui échappent à la conformation usager-environnement réel. En particulier dans le cadre d'une œuvre vidéoludique (interactive), celles-ci ont pour vocation de garantir l'état de *flow* du joueur⁹⁹³, les fonctionnalités des I² émotionnelles doivent répondre à deux types de catégories, (1) direct-explicite-symbiotique⁹⁹⁴, auquel cas les interfaces émotionnelles peuvent être instrumentées par le joueur et (2) indirect-

⁹⁹³ L'état de *flow* désigne un état optimal de concentration, de motivation et *in fine* de plaisir du joueur dans une œuvre vidéoludique, CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Beyond boredom and anxiety : the experience of play in work and games*, San-Francisco-Londres, Jossey-Bass Publishers, 1975, p. 49. Voir les chapitres 8 et 9 qui traitent de ce sujet.

⁹⁹⁴ NOGUEIRA Pedro A. et alii, *Op. Cit.*, p. 32-33.

implicite-équilibrée⁹⁹⁵, auquel cas les signaux biologiques transformeront plutôt les dimensions en arrière-plan du jeu (la difficulté, par exemple). Pour réaliser une expérience sur le mode des I² émotionnelles, les concepteurs-artistes de jeux vidéo doivent aussi poursuivre trois grands axes de création :

- Les concepteurs-artistes doivent produire une réflexion technique autour de la « reconnaissance d'une large gamme d'émotions en temps réel⁹⁹⁶».
- Ils doivent réaliser des « mécaniques [ou fonctionnalités] qui répondent à des états affectifs⁹⁹⁷».
- Parce que le joueur doit être maintenu dans un état de *flow*, les concepteurs-artistes ont aussi comme charge de concevoir des « modèles affectifs dynamiques⁹⁹⁸». À titre d'exemple, le modèle « aide-moi », « défie-moi », « émeus-moi » (modèle *ACE*⁹⁹⁹) modifie les fonctionnalités des jeux affectifs en fonction de trois paramètres de mesures : « aide-moi » permet d'évaluer la frustration d'un joueur, « défie-moi » mesure l'engagement du joueur (ce paramètre change par exemple la difficulté dans l'étude de Pramila Rani et *alii*¹⁰⁰⁰) et « émeus-moi » analyse l'état émotionnel du joueur et modifie le contenu du jeu en fonction de l'émotion qui est ressentie.

⁹⁹⁵ *Ibidem*.

⁹⁹⁶ *Ibid.*, p. 33.

⁹⁹⁷ *Ibidem*.

⁹⁹⁸ *Ibidem*.

⁹⁹⁹ « Assist-me », « Challenge-me », « emote-me » ou modèle *ACE*, dans GILLEADE Kiel Mark, DIX Alan, ALLANSON Jen, « Affective videogames and modes of affective gaming: Assist me, challenge me, emote me », *Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Games Research Association: Changing Views: Worlds in Play*, vol. 3, 2005.

¹⁰⁰⁰ RANI Pramila, SARKAR N., LIU Changchun, « Maintaining optimal challenge in computer games through real-time physiological feedback », *Proceedings of the 11th international conference on human computer interaction*, 2005, p. 22-27.



Figure 145 : *Montage Cinema Revived by The Emo-Synth Concert Audio-visuel*, Valery Vermeulen, video interactive, performance avec EEG, 2011

Lors de la projection de *Montage Cinema Revived by the Emo-Synth Concert Audio-visuel* de Valery Vermeulen (2011, film avec EEG), un dispositif bénéficiant aussi d'aides logicielles émotionnelles, le « Emo-Synth », modifie les valeurs esthétiques répertoriées dans une banque de clips vidéo ou sonores, pour « diriger l'utilisateur dans certains états émotionnels prédéfinis¹⁰⁰¹ ». Le « Emo-Synth » est composé d'un outil, le « EEG Trainer », associé à un logiciel, le « biotrace mesure » (Mind Media B.V), capable de mesurer et d'analyser des réponses galvaniques de la peau (conductance cutanée), de l'activité cardiaque (électrocardiogramme), des nerfs et des muscles (électromyogramme) et du cerveau (électroencéphalogramme). Avant le lancement de l'expérience, les mesures émotionnelles effectuées sur les spectateurs sont calibrées en fonction de la dimension d'excitation (activation) et un logiciel analyse la réaction émotionnelle des participants en fonction des stimuli auditifs : « Pendant la phase d'apprentissage, EMO-Synth apprend à amener le sujet dans quatre états d'excitation différents : état d'excitation faible, état d'excitation moyenne faible, état d'excitation moyenne élevée et état d'excitation élevée¹⁰⁰² ».

¹⁰⁰¹ VERMEULEN, Valery, « The EMOSynth: An Emotion-Driven music generator », *eContact!*, Pas de date de publication, consulté le 11 Janvier 2021, [https://econtact.ca/14_2/vermeulen_emosynth.html]

¹⁰⁰² *Ibidem*.

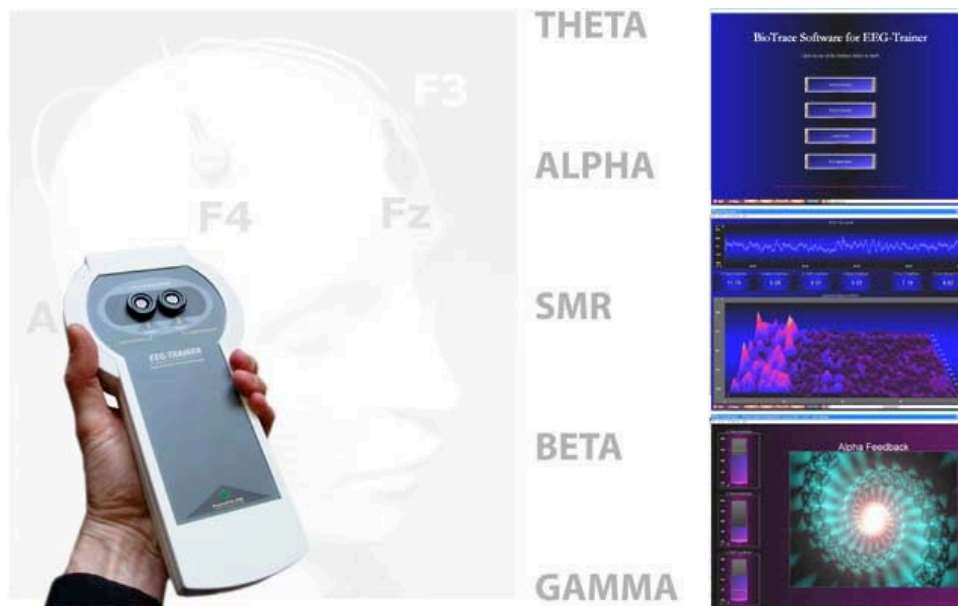


Figure 146 : Dispositif EEG Trainer et logiciel « biotrace mesure » de Mind Media B.V (dessin pris sur le site de Valery Vermeulen)

Aussi, le Emo-Synth est constitué de banques de données audiovisuelles « personnalisables » afin d'en permettre l'accès aux concepteurs-artistes : « chaque clip vidéo est annoté en fonction de son niveau ou de sa qualité d'excitation¹⁰⁰³ ». Pendant la séance de « ciné-concert », l'activité émotionnelle du spectateur est mesurée et retranscrite en temps réel grâce au dispositif Emo-Synth. *Montage Cinema Revived by the Emo-Synth Concert Audio-visuel* modifie ainsi la notion de montage en composant les films en fonction des niveaux d'activation mesurés sur le spectateur. Ainsi, cette œuvre de quatrième degré d'I² émotionnelles, reflète de manière synchronique l'activité émotionnelle du public et réécrit de manière unique la façon de faire et de voir le cinéma.

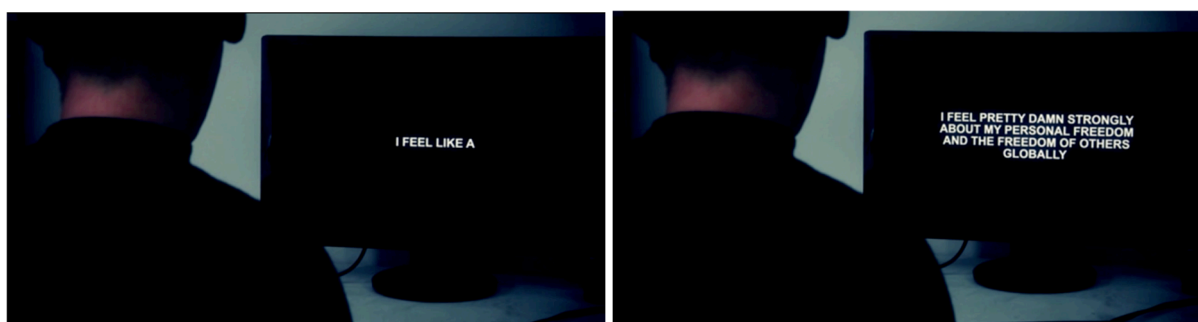


Figure 147 : *Emotional State*, Grégory Chatonsky, 2011, installation, performance avec EEG

¹⁰⁰³ *Ibidem.*

Plus « en phase » avec la création sur le mode I² émotionnelles que *Dislocation VII : Suspension of Attention* qui présentait une I² physiologiques, *Emotional State* de Grégory Chatonsky (2011, installation, performance avec EEG) habille le participant d'un casque neurologique capable de déduire des états affectifs (excitation-calme) et des états de conscience (engagement-désintérêt et état de méditation) constituant ainsi une œuvre de quatrième degré d'I² émotionnelles, « avec capteurs, avec un modèle d'induction et un modèle d'analyse des émotions » (ici sous la forme dimensionnelle). En réponse aux états du corps, l'ordinateur recherche sur internet de sentiments correspondants et les affiche au participant. Relevant au passage le rôle inductif de la boucle de rétroaction médiée, Grégory Chatonsky s'interroge lui-même sur l'impact émotionnel d'une telle production autopoïétique : « ces sentiments sont-ils le produit de sa pensée ou influencent-ils sa pensée ?¹⁰⁰⁴ ».



Figure 148 : à gauche, *The Journey to Wild and Divine : The Passage*, *The Journey of Wild and Divine*, jeu video, avec ECG, conductance cutanée, 2005 ; à droite, *Space Connection*, Muñoz John Edison et *alii*, jeu video avec EEG, 2016

Enfin, l'association interdisciplinaire d'un ingénieur dans le domaine du médical, Kurt Smith, et d'un artiste graphiste, Corwin Bell, a permis de réaliser *The Journey to Wild and Divine : The Passage*¹⁰⁰⁵ (*the Journey to Wild and Divine*, 2005, jeu vidéo avec ECG et capteur électrodermal), une œuvre vidéoludique de quatrième degré d'I² émotionnelles utilisant une boucle de rétroaction émotionnelle médiée. L'expérience se sert de capteurs de

¹⁰⁰⁴ CHATONSKY, Grégory, « La triple immersion : réalité virtuelle, monde ambiant et cerveau », *Actes du colloque de l'Obs/in (observatoire des pratiques de création de l'image numérique) : image & immersion*, n° 2, Arles, 17 au 25 Octobre 2012, p. 49.

¹⁰⁰⁵ *The Journey to Wild and Divine*, existe en trois opus, *The Passage* (2005), *Wisdom Quest* (2005), *Healing Rhythms* (2006) et se concentre en particulier sur des activités méditatives.

pléthysmographie cardiaque et de la conductance cutanée pour proposer différentes activités méditatives inspirée de la pratique du yoga, dans l'objectif de réduire les niveaux de stress du participant. Ces activités méditatives sont réalisées via des mini-jeux dans lesquels l'utilisateur doit réguler son activité physiologique pour, par exemple, tirer une flèche au centre d'une cible ou faire léviter un ballon. Les capteurs ECG et de conductance cutanée sont associés à des modèles d'analyse émotionnelle en temps réel pilotés par le logiciel « Light Stone » qui permettent d'évaluer « l'anxiété et le stress, la relaxation et la méditation, la tension, les changements soudains d'humeur et la variabilité respiratoire¹⁰⁰⁶». Erik Champion et Andrew Dekker ont testé le dispositif Wild Divine dans le cadre d'expérience vidéoludique grand public telle que *Half-Life 2* (action, *fps*), en modifiant certains niveaux pour les rendre compatible avec les biocapteurs. Dans le cadre de cette expérience, en fonction de l'activité émotionnelle du participant, c'est-à-dire qu'il soit « calme ou excité » (activation émotionnelle), des changements apparaissent dans les dimensions fonctionnelles (effet de *temps mort*¹⁰⁰⁷) et esthétiques de l'expérience : « un participant calme peut voir à travers les murs ou même devenir invisible pour les ennemis¹⁰⁰⁸». Un travail autour de l'incarnation du personnage a aussi été réalisé car quand les niveaux du rythme cardiaque et de la conductance cutanée sont trois fois supérieurs à la moyenne : « l'écran devient rouge vif, le champ de vision de l'avatar passe à 130 degrés et la vitesse de l'avatar augmente considérablement pour simuler un “ berserker ”¹⁰⁰⁹».

¹⁰⁰⁶ CHAMPION Erik M., DEKKER Andrew, « Indirect Biofed Architecture. Strategies to best utilise biofeedback tools and interaction metaphors within digital architectural environments », dans C. M. Herr, N. Gu, S. Roudavski, M. A. Schanbel (dirs.), *Circuit Bending, Breaking and Mending: Proceedings of the 16th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, Hong-Kong, 2011, p. 243.

¹⁰⁰⁷ L'effet « Bullet Time » utilisé dans *The Matrix* de Lana et Lilly Wachowski (1999) est inauguré en réalité par un français, Emmanuel Carlier dans *Temps Mort autour de Caro & Jeunet*, en 1995. Cet effet est inspiré de la chronophotographie de Jules Marey, des photographies de Eadward Muybridge (plusieurs appareils photographiques saisissent le mouvement d'un animal) et des photosculptures de François Willème : « Le point de vue multiple et circulaire a en effet cette particularité d'engendrer un mouvement virtuel autour du sujet central, [...] Le visionnement successif de vues prises simultanément à 360 degrés dans la rotonde de François Willème constituerait ainsi une sorte de travelling circulaire virtuel devant de quelque cent trente ans l'effet dit « temps mort » ou *bullet time* popularisé par le film *The Matrix* ». CHIK, Caroline, « La photographie sérielle et séquentielle. Origines et ambiguïtés », *Cinemas. Revue d'études cinématographiques*, vol. 24, n° 2-3, printemps 2014, p. 209.

¹⁰⁰⁸ *Ibid.*, p. 244.

¹⁰⁰⁹ *Ibidem*.

D'autres modifications fonctionnelles sont permises par une I² émotionnelle de quatrième ordre, « avec capteur, avec modèles d'induction et d'analyse émotionnelle », dans *Space Connection* (Muñoz John Edison, Gonçalves Afonso, Chisik Yoram, I Badia Sergi Bermudez, 2016, jeu vidéo avec EEG), un EEG et un dispositif calculant la fréquence respiratoire sont utilisés pour produire une interaction « télékinésique » et pour « manipuler le temps en fonction des changements entre attention et relaxation¹⁰¹⁰ ». Pour John Edison Muñoz, les variations entre les deux polarités, concentration et relâchement, favoriserait la régulation émotionnelle des adolescents, d'autant que les boucles de rétroaction émotionnelles médiées sont combinées à une expérience vidéoludique promouvant l'empathie :

« Dans *Space Connection*, les joueurs doivent collaborer afin d'atteindre des objectifs communs en assumant la responsabilité d'activer les pouvoirs de leur partenaire. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que l'empathie vient par le besoin de comprendre les capacités des autres. Pour faciliter la collaboration, nous avons créé un système avec deux opérateurs physiologiques utilisant les signaux du cerveau et les taux de respiration [...] L'idée d'activer les pouvoirs de chaque utilisateur en utilisant les capacités d'autorégulation de son partenaire, vise à renforcer l'empathie et la collaboration des joueurs [...] *Space connection* demande aux joueurs de résoudre ensemble des énigmes grâce à l'utilisation collaborative de compétences physiologiques. Les comportements collaboratifs sont récompensés en relevant des défis dans chaque étape du jeu¹⁰¹¹».

1.3 – Les boucles de rétroaction médiées en environnement virtuel avec immersion proprioceptive

¹⁰¹⁰ MUÑOZ John, GONÇALVES Afonso, VIEIRA T, CRÓ D, CHISIK Yoram, BERMÚDEZ i Badia Sergi, « Space Connection - A Multiplayer Collaborative Biofeedback Game To Promote Empathy In Teenagers: A Feasibility Study », *International Conference on Physiological Computing Systems*, vol. 2, 2016, p. 88.

¹⁰¹¹ *Ibid.*, p. 90.

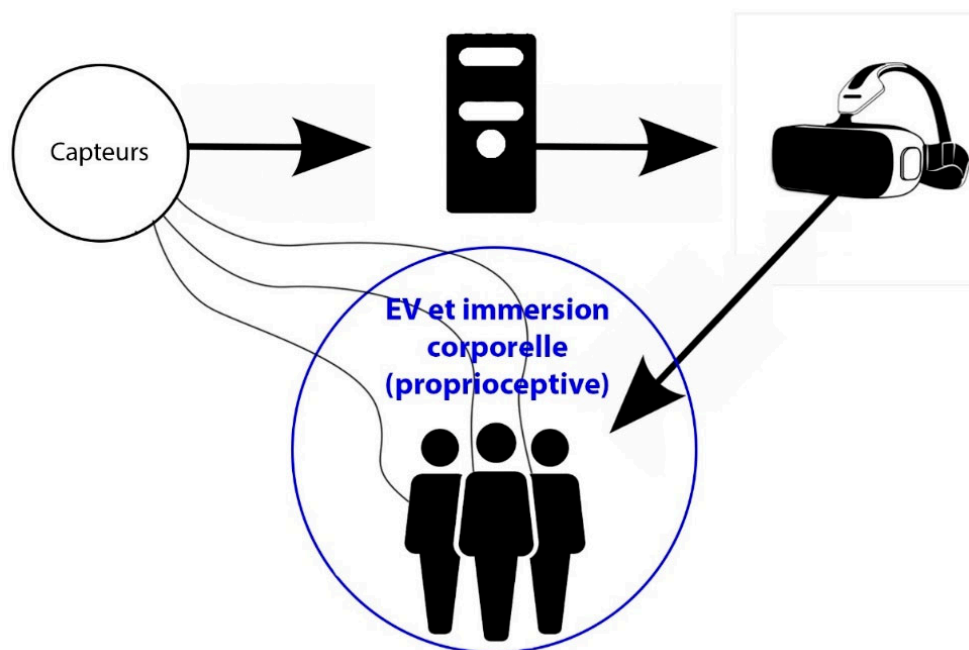


Figure 149 : Schéma représentant un ou des sujet(s) interfacé(s) par des capteurs de données de données physiologiques ou comportementales dans un environnement virtuel avec immersion proprioceptive (EV_Pro), construit artistiquement et usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteur)

Au début du 21^e siècle, les ordinateurs et les dispositifs de mesures se démocratisent. Ils deviennent accessibles financièrement et apparaissent sous une forme ambulatoire grâce à l'émergence des « objets connectés portables », qui permettent de mesurer les données physiologiques des sujets au cours d'une activité (dits *wearables* ou « habitroniques¹⁰¹² »). Si la construction autopoïétique des créations artistiques usant de boucle de rétroaction médiée change peu, nous observons toutefois que l'usage de ces procédés est désormais destiné aux « nouveaux médias » numériques de réalité virtuelle et de réalité augmentée¹⁰¹³.

Lorsqu'un ou plusieurs individus sont immergés corporellement dans une œuvre virtuelle (EV_Pro), grâce à un visiocasque de réalité virtuelle par exemple, ou un CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*), la conformation entre l'utilisateur et l'expérience opère selon la théorie à quatre niveaux d'immersion et d'interaction¹⁰¹⁴ (4I², voir le chapitre 2). Les données

¹⁰¹² HOUZANGBE, Samory, *Impact sur l'expérience utilisateur en environnement virtuel immersif de l'utilisation d'objets connectés portés pour la rétroaction physiologique*, Thèse, ENSAM, 2019, p. V.

¹⁰¹³ ARtSENSE, 2013 (*Augmented Reality Supported adaptive and personalized Experience in a museum based on processing real-time Sensor Events*).

¹⁰¹⁴ FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, p. 368.

physiologiques et émotionnelles sont donc utilisées pour produire des stimuli extéroceptifs et proprioceptifs (tels que des déplacements), d'après une logique numérique. Dans *Osmose* de Char Davies (1995, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et ceinture respiratoire), œuvre pionnière en la matière des boucles de rétroaction physiologique, l'individu revêt une ceinture respiratoire qui lui permet de se mouvoir dans l'environnement virtuel. Ses déplacements imitent ceux de la plongée sous-marine, c'est-à-dire que l'individu descend dans l'environnement lorsqu'il vide l'oxygène de ses poumons (expiration), et remonte virtuellement quand il inspire. *Osmose* présente un deuxième degré d'I² émotionnelles, « avec capteur, sans discours émotionnels » et demeure ainsi à un stade de l'I² physiologique : « Avec *Osmose*, j'utilise la respiration d'une manière très spécifique, non seulement aux fins de la navigation, mais également pour aider les gens à reprendre contact avec leur corps ¹⁰¹⁵ ». Cette œuvre est considérée par nous selon plusieurs systèmes de référencement : elle utilise des boucles de rétroaction physiologiques médiées, en environnement virtuel avec immersion proprioceptive, en conformation individuelle et interactive, avec des retours d'information (*feedback*) explicites. En effet, les signaux physiologiques sont transformés en déplacements à travers des patrons reconnaissables qui permettent au participant d'en maîtriser l'activité (expiration-descente, inspiration-remontée). Toutefois, l'artiste souligne aussi le caractère fluide et intuitif de ce nouveau type de déplacement avec le vœu que l'expérience puisse « susciter chez eux [les participants] l'abandon du besoin de contrôle¹⁰¹⁶ ».

¹⁰¹⁵ Char Davies citée dans CRAVER, Carole Lee, « Char Davies' OSMOSE », *SGL Animator*, vol. 1, n° 2, 1995, p. 15-18, p. 17.

¹⁰¹⁶ *Ibidem*.

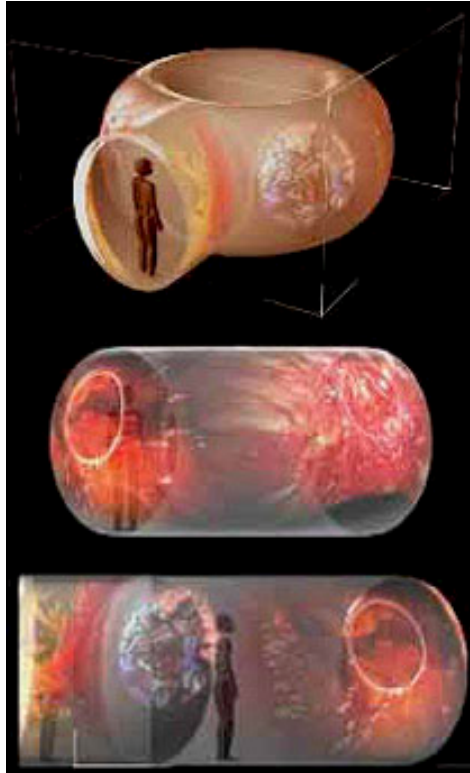


Figure 150 : *Corps foetal-corps mental*, AniKa Mignotte, 1999, membrane immersive et interactive multi-capteurs

Corps foetal-corps mental de AniKa Mignotte (2004, expérience de réalité virtuelle avec CAVE et multi-capteurs) plonge l'utilisateur dans une membrane organique gonflable (ou membrane immersive) jouant plusieurs créations visuelles et sonores¹⁰¹⁷ pour produire des stimuli émotionnels dédiés. Le discours artistique de *Corps foetal-corps mental* s'inspire par ailleurs, d'une citation du livre de Antonio Damasio, *L'erreur de descartes*¹⁰¹⁸ :

« Je me représente la perception des émotions à la manière de l'observation, depuis une fenêtre, d'un paysage continuellement changeant, dans lequel figurent des objets en mouvement, plus ou moins lumineux et plus ou moins bruyants. Ce paysage est, en fait, le corps : il présente une structure,

¹⁰¹⁷ Cette œuvre a été réalisée au Centre International de Création Vidéo (CICV) dédié à Pierre Schaeffer, pionnier de la musique acousmatique et électroacoustique. Créé en 1990, ce centre de recherche et création s'intéressait aux « technologies de l'image », toutefois il a fermé en 2004. RIVOIRE, Annick, « Art digital : le CICV effacé du disque dur », *Libération*, publié le 22 Juillet 2004, consulté le 8 Mai 2022, [https://www.liberation.fr/culture/2004/07/22/art-digital-le-cicv-efface-du-disque-dur_487061/]

¹⁰¹⁸ MIGNOTTE, AniKa, « Corps foetal-corps mental (le corps amoureux) la poche humaine », *Corpsmental-labo*, dossier de présentation de l'œuvre, Décembre 2021, consulté le 8 Mai 2022, [http://www.corpsmental-labo.com/foetal_mental.htm]

constituée par la distribution dans l'espace de ces objets (ce sont les organes internes : cœur, poumons, intestins, muscles) ; et il est caractérisé par un « état » : c'est la luminosité et les bruits que ces objets émettent, signaux qui traduisent leur état fonctionnel à chaque moment¹⁰¹⁹».

L'œuvre utilise des dispositifs mesurant la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, la tension artérielle, la conductance cutanée et l'état thermovasculaire du participant. Grâce à un « scanner émotionnel¹⁰²⁰ » fonctionnant à partir de la dimension d'activation, l'œuvre traite en continu les différentes composantes physiologiques. Aussi, lorsque le participant touche la « peau » de cette membrane, une voix-off et des sons se déclenchent et des images apparaissent sur la paroi. Ces nouveaux stimuli servent à la réactivité émotionnelle du participant : si le participant est « stressé », les nouveaux stimuli serviront à le « calmer » et s'il est trop « apathique », ils serviront à « l'exciter¹⁰²¹ ». Ici, nous retrouvons à nouveau un format d'I² émotionnelles de quatrième degré, puisque l'œuvre présente des modèles d'induction émotionnels (création de mondes en particulier pour produire des stimuli émotionnels dédiés), des capteurs (multi-composantes ou multi-agents), des modèles d'analyse émotionnelles (système multi-agents, réseau de neurones¹⁰²², modèle dimensionnel d'activation), ainsi qu'un discours artistique sur le mode émotionnel. Cette œuvre est considérée par nous selon plusieurs systèmes de référencement : elle utilise des boucles de rétroaction physiologiques médiées, en environnement virtuel avec immersion corporelle, en conformation individuelle et interactive, avec des retours d'information (*feedback*) implicites : les signaux physiologiques sont transformés en images et sons à travers des patrons méconnaissables qui ne peuvent pas permettre au participant d'en maîtriser les flux. L'œuvre est donc dite « à l'image » du participant ou en « synchronie » avec lui : elle est le « miroir » de son activité émotionnelle.

¹⁰¹⁹ Damasio, Antonio, *Op. Cit.*, p. 11.

¹⁰²⁰ -, « Espace Landowski : Labo Corps_Mental de aniKa mignotte », *parisart*, 2004, Communiqué de presse, [https://www.paris-art.com/espace-landowski-labo-corps_mental-de-anika-mignotte/]

¹⁰²¹ MIGNOTTE, AniKa, *Op. Cit.*

¹⁰²² Système qui permet à un ordinateur d'apprendre une tâche à partir d'exemples.

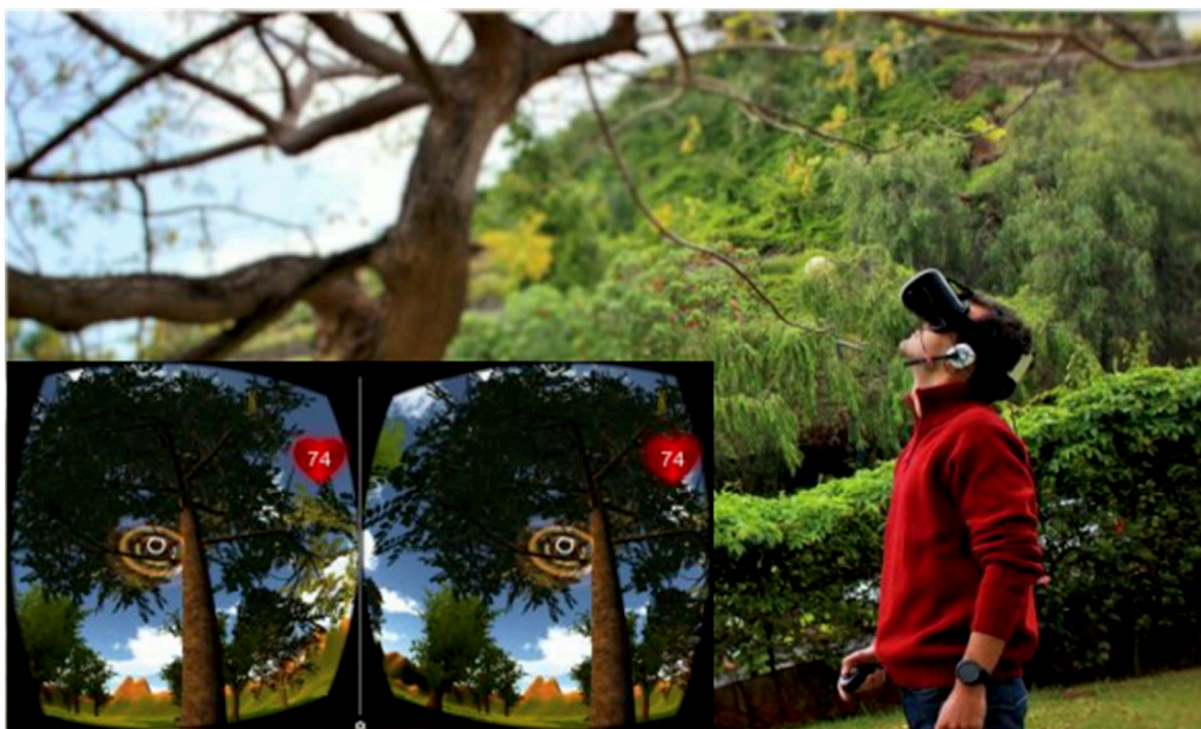


Figure 151 : *EmoCat Rescue*, Muñoz et alii, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et EEG et EMG

EmoCat Rescue (John Edison Muñoz, Harry Vasanth, Teresa Paulino, Karolina Barras, 2016) est un jeu de réalité virtuelle qui utilise un EEG à bas coût et un EMG sous forme de brassard connecté par Bluetooth à un téléphone intelligent (*smartphone*). Un logiciel en licence *opensource*, PhysioVR, permet l'acquisition, la diffusion (*streaming*) et l'enregistrement de plusieurs paramètres physiologiques (fréquence cardiaque, EEG, EMG) afin de transformer des environnements de réalité virtuelle réalisés pour des interfaces de téléphone mobile¹⁰²³. L'expérience *EmoCat Rescue* utilise une boucle de rétroaction physiologique médiée, puisqu'elle « encourage les joueurs à moduler les niveaux de rythme cardiaque (*heart beat*)¹⁰²⁴ » afin de « retrouver un chat perdu dans une forêt¹⁰²⁵ ». Une première phase, d'une durée d'une minute, est dédiée à l'étalonnage du signal : elle consiste à collecter la fréquence cardiaque des

¹⁰²³ MUÑOZ John Edison, PAULINO Teresa, VASANTH Harry, BARAS Karolina, « PhysioVR : A Novel Mobile Virtual Reality Framework for Physiological Computing », *e-Health Networking, Applications and Services, 2016 IEEE 18th International Conference*, Munich, 2016, p. 1.

¹⁰²⁴ *Ibidem*.

¹⁰²⁵ *Ibid.*, p. 4.

joueurs et de la moyenner¹⁰²⁶ afin d'établir « un seuil pour déclencher des évènements¹⁰²⁷ ». Quand cette fréquence de base dépasse le seuil des -5%, les miaulements du chaton se font entendre et le participant peut donc partir à sa recherche. Par la régulation de son rythme cardiaque, le participant provoque donc les miaulements du chaton qui lui permettent d'avancer dans l'expérience. Lors de la seconde phase, le participant doit faire attention à la provenance et l'intensité du son dans l'objectif de retrouver le chaton. Cette phase n'implique pas explicitement de boucle de rétroaction physiologique médiée, mais les données ECG sont enregistrées en arrière-plan pour réaliser une étude *a posteriori* de l'expérience (*game user experience*). Ici John Edison Muñoz et *alii* s'intéressent plutôt aux variations ayant lieu dans la durée de l'activité physiologique du participant, c'est-à-dire à la trace physiologique, voire émotionnelle de son expérience immersive et interactive (esthétique, narrative et fonctionnelle) : « les données physiologiques recueillies au cours de l'expérience pourraient servir à la compréhension des émotions et des comportements des utilisateurs pendant cette session interactive particulière¹⁰²⁸ ». *EmoCat Rescue* présente donc une I² émotionnelle de deuxième degré, avec capteur, mais sans (pour l'instant) de discours émotionnel.

¹⁰²⁶ Dans notre expérience *Quand le cœur se serre*, nous procédons aussi de la sorte pour obtenir une « fréquence de base » : moyenne des fréquences cardiaques de l'individu pendant que celui-ci se trouve dans un premier environnement virtuel : le « menu ». Durant cette première phase, le participant peut observer ses battements cardiaques sur une télévision virtuelle, lire les crédits de l'expérience ainsi que les partenaires financiers et pédagogiques : ainsi il perdure dans ce « sas » durant quarante-cinq secondes environ, permettant à une intelligence artificielle de moyenner les signaux perçus par le capteur ECG. Ensuite, le participant doit lancer l'expérience en fixant son regard sur un écrouteau, « Look to launch », faisant évoluer une barre de chargement. Cet environnement virtuel, le « menu », a été conçu sans stimuli émotionnels, afin d'obtenir une fréquence de base qui puisse correspondre à l'état d'arrière-plan du corps du participant (un état neutre).

¹⁰²⁷ *Ibidem*.

¹⁰²⁸ *Ibid.*, p. 2.



Figure 152 : *Mind Drops*, Kiel Long, 2011, installation vidéo

Autrement, *Mind Drops*¹⁰²⁹ de Kiel Long (2011, installation avec EEG), est une retransmission en sons et images sur trois écrans entourant le spectateur, de l'activité cérébrale de l'artiste pendant qu'il effectuait - cette expérience n'est pas effectuée en temps réel - des actions telles que dormir, manger, ou méditer¹⁰³⁰. Ici, l'œuvre de deuxième degré d'I² émotionnelle, « avec capteur, sans discours émotionnel », offre au spectateur une trace des transformations intéroceptives qui opèrent chez l'artiste sous une forme originale, extéroceptive et esthétisée.

1.4 – Taxonomie des types de conformation usager(s)-œuvres

¹⁰²⁹ Cette œuvre appartient aussi à la série *The Static Organ* (2011).

¹⁰³⁰ LONG, Kiel, « Mind Drops », *kielslong*, publié le 5 Novembre 2010, consulté le 23 Juin 2021, [<https://kielslong.wordpress.com/the-static-organ/minddrops/>]

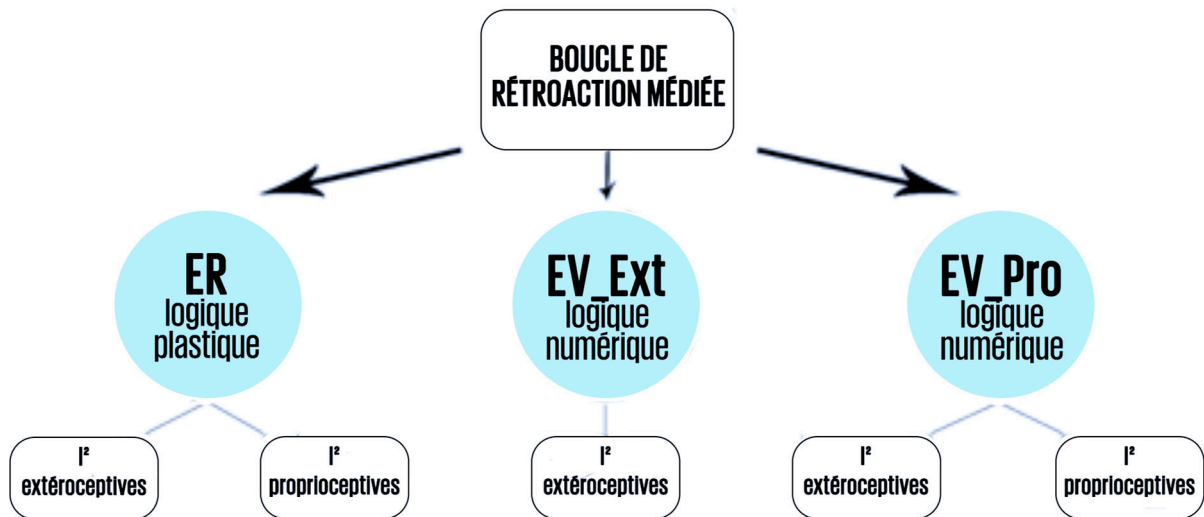


Figure 153 : Facteurs technologiques et médiatiques du façonnement de soi dans le cadre des œuvres I² émotionnelles (dessin de l'auteure)

Chacune des trois conformations que nous avons étudiées, impacte les modèles d'énaction - modèles par lesquels l'utilisateur et l'œuvre sont co-déterminés - permettant à l'I² émotionnelles d'opérer. La première conformation situe le corps de l'utilisateur dans un contexte situationnel réel, construit artistiquement d'après une logique plastique : le cas présent, l'utilisateur manipule physiquement les éléments qui constituent l'œuvre. Cette première conformation fait usage des boucles de rétroaction médiées, physiologiques, comportementales voire émotionnelles, et participe donc à enrichir notre réflexion et notre corpus d'œuvres avec I² émotionnelles. La seconde conformation présente des modalités d'I² émotionnelles dans des environnements virtuels perçus visuellement à distance par l'utilisateur et construits artistiquement d'après un langage et des critères numériques. Enfin, notre troisième conformation avec I² émotionnelles situe l'utilisateur dans un contexte situationnel virtuel avec immersion corporelle. Cette conformation est aussi construite d'après un langage et des critères numériques, toutefois ces derniers génèrent aussi des stimuli proprioceptifs.

Ces différents types de conformations humain-œuvres étant posés, nous pouvons désormais aborder le sujet des œuvres usant d'une boucle de rétroaction médiée dite «émotionnelle» en nous intéressant davantage aux facteurs sociaux. Ceux-ci supposent la présence passive ou active d'un, de deux, ou plusieurs individus au cours de l'expérience. En effet, dans ces configurations plurielles, l'utilisateur incorpore aussi l'expérience d'autrui sur le plan physiologique, comportemental ou émotionnel, ce qui a pour effet de transformer le

modèle autopoïétique individuel, ou de « soi à soi¹⁰³¹ », que nous avons traité jusqu'à présent. Quels sont les enjeux artistiques de la boucle de rétroaction médiée dans le cas d'une configuration à deux ou collective ? Quel impact cette nouvelle conformation a-t-elle sur l'activité émotionnelle et le façonnement autopoïétique de l'individu ?

2. Facteurs sociaux du façonnement émotionnel

À travers une première approche, technologique, de la création sur le mode I² émotionnel, nous avons déterminé les types de conformations, ER, EV_Ext ou EV_Pro, qui correspondent à la relation entre le participant et le média : désormais, il convient de déterminer les facteurs sociaux qui conditionnent cette typologie d'œuvres.

Au cours d'une expérience, les dispositifs de mesures peuvent évaluer l'activité émotionnelle d'un seul participant, de deux participants (relation intersubjective), ou de plusieurs participants, c'est-à-dire de manière collective. Dans ces contextes artistiques réels ou virtuels particuliers, c'est aussi sur cet autre paramètre émotionnel que se déploie à notre avis la notion d'autopoïèse. Le façonnement émotionnel du *soi* par l'usage de l'art interactif se réalise différemment qu'il soit individuel, à deux ou en groupe. Une autre approche de la création avec I² émotionnelles consiste donc à prendre en compte ces différentes configurations sociales, que nous avons déjà pu observer au chapitre 3, afin de questionner le statut co-créatif et autopoïétique de l'œuvre d'art.

2.1 – L'expérience autopoïétique individuelle

2.1.1 – Immersion et interaction émotionnelles de soi-à-soi

Dans une première conjoncture de « soi-à-soi », la construction de l'expérience artistique rend perceptible les données physiologiques, comportementales ou émotionnelles de l'utilisateur. Celles-ci sont d'ordinaires « invisibles, inaudibles et intangibles¹⁰³² » voire complètement inexistantes sous une forme artistique. Dans ces circonstances, l'expérience

¹⁰³¹ LUX Ewa, ADAM Marc, DORNER Verena, HELMING Sina, KNIERIM Michael, WEINHARDT Christof, « Live biofeedback as a user interface design element: A review of the literature », *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 43, 2018, p. 260.

¹⁰³² DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021a, p. 150.

phénoménologique de l'utilisateur dans l'environnement ou sur l'image, se construit finalement de manière à se retourner sur elle-même : l'individu au sein de ce type d'œuvre, vit simultanément une expérience artistique et le retour d'information sur ce qu'il éprouve de cette expérience, par exemple, sur le plaisir ou déplaisir (valence) esthétique, qu'il est en train de connaître. Ainsi, l'utilisateur et l'environnement artistique se co-déterminent mutuellement, formant de la sorte une « Relation Affective Incorporée » qui parvient à « décrire le constant apprentissage affectif face à notre environnement¹⁰³³».



Figure 154 : *Perversely Interactive System*, Lynn Hugues, Simon Laroche, 2004, image interactive avec capteur électrodermal

Dans l'œuvre de quatrième degré d'I² émotionnelles, *Perversely Interactive System* de Lynn Hugues et Simon Laroche (2004), le participant peut interagir avec une femme virtuelle par le biais d'une interface tactile effectuant des mesures électrodermales afin de déduire son niveau de stress. Lorsque la résistance électrique de sa peau diminue - cela signifie que son état de stress s'est amélioré - la femme de synthèse d'abord présentée de dos se retourne et tente de

¹⁰³³ VILLON, Olivier, « Relation Affective Incorporée », *ovillon*, publié en Mars 2005, consulté le 8 Septembre 2021, [<http://ovillon.free.fr/>]. Le concept de « relation affective incorporée » est retrouvé originellement dans VILLON, Olivier, *Conscious dynamic of affective state and embodied relationship to music*, mémoire de Master, Université de Bordeaux 2, 2002.

rejoindre l'individu interfacé émotionnellement. Appréhendable seulement à distance, cette femme est dissociée visuellement du participant même si celui-ci maîtrise son parcours par la régulation de ses affects en interne : le participant fait « corps » avec elle dans une « Relation Affective Incorporée [...] générée depuis l'humain vers le monde sensible, et incorporée (*embodied*)¹⁰³⁴». Cette tournure narrative nous amène de fait à une relation paradoxale, unifiante malgré la distance, qui supposerait que le participant se retrouve en présence d'un *alter ego*, tout en se confrontant à la version personnifiée de ses propres états émotionnels. Intégrée dans un système « autonome¹⁰³⁵», la boucle de rétroaction émotionnelle médiée permet à l'expérience d'adopter une épaisseur artistique se détachant progressivement des fonctionnalités « pseudo-réalistes » - la présentation d'une femme virtuelle avançant et reculant - afin de cibler un vécu « extraordinaire », propre à la métamorphose et à la revalorisation des données émotionnelles du participant. Par conséquent, dans le cadre d'une boucle de rétroaction médiée de « soi-à-soi », le corps de l'individu se confond avec l'expérience artistique et inversement : il n'est plus question d'interactivité mais de co-activité et potentiellement « d'harmonie », voire de « symbiose » (aboutissement de l'exercice soma-esthétique), si l'individu parvient, par « dépassement de soi », c'est-à-dire par apprentissage soma-esthétique (autodiscipline somatique, régulation émotionnelle), à maîtriser son activité émotionnelle.



Figure 155 : *Deep*, Marieke Van Rooij, Adam Lobel, Owen Harris, Niki Smit, Isabela Granic, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et ceinture respiratoire

Deep de Marieke Van Rooij, Adam Lobel, Owen Harris, Niki Smit, Isabela Granic, (2016), est un *serious game* de quatrième degré d'I² émotionnelle en réalité virtuelle qui souhaite combattre les troubles de l'anxiété chez les populations jeunes (enfants). À ce titre, le

¹⁰³⁴ VILLON, Olivier, *Op. Cit.*, 2005.

¹⁰³⁵ COUCHOT, Edmond, *Op. Cit.*, 2015, p. 86.

participant explore un fond marin équipé d'une ceinture respiratoire et maîtrise les contenus de l'expérience grâce à trois fonctionnalités de jeu principales (*core feature*) :

1. La boucle de rétroaction émotionnelle médiée est intégrée de manière explicite dans le jeu (*Heads-up display* ou HUD) sous la forme d'un cercle se dilatant et se contractant, permettant à l'individu de suivre son activité respiratoire et donc potentiellement d'agir sur elle. Ce HUD est situé au centre du cadre primordial, au niveau du point de focalisation à 0° de la scène (voir la figure 132 ci-dessus et le *storyboard* dédié à la réalité virtuelle en chapitre 8 pour plus d'explication sur la scénographie de l'environnement à 360°).

2. À 50% de la capacité pulmonaire, une force de gravité est appliquée sur l'avatar de l'individu lui permettant de s'enfoncer plus profondément dans l'abysse (déplacement vers le bas).

3. Le joueur se dirige dans la direction du casque vers laquelle il expire et la puissance de son expiration a aussi un impact sur la force de son déplacement : « Quand le joueur inspire, une force vers le haut est appliquée, et lorsque le joueur expire, une force supplémentaire vers l'avant est appliquée¹⁰³⁶ ».

Ces trois techniques respiratoires sont associées aux fonctionnalités de l'expérience afin de réguler l'activité physiologique des populations ciblées, les enfants présentant des traits anxieux et qui sont caractérisées par « une hyperexcitation en réponse aux facteurs de stress ». Dans ce sens, la régulation émotionnelle a pour effet de « réguler ou d'atténuer les niveaux d'excitation » par la maîtrise des influx respiratoires qui permettent notamment aux participants de se relaxer : « la respiration diaphragmatique est une technique reconnue pour aider les gens à soulager le stress et la tension¹⁰³⁷ ».

2.1.2 – Pratiques de méditation, de relaxation et art thérapie

¹⁰³⁶ VAN ROOIJ Marieke, LOBEL Adam, HARRIS Owen, SMIT Niki, GRANIC Isabela, « DEEP: A Biofeedback Virtual Reality Game for Children At-risk for Anxiety », *CHI 2016*, San Jose, 2016, p. 1991.

¹⁰³⁷ *Ibid.*, p. 1990.

Ces derniers courants et collectifs ont été notamment influencés par l'émergence des dispositifs de mesures biologiques (EEG, ECG, EMG, etc.) et l'usage des boucles de rétroaction médiées (*biofeedback*). Quant aux croisements entre la physiologie et l'art (plastique), ceux-ci ont fait émerger des créations artistiques s'inspirant de la philosophie soma-esthétique de Richard Shusterman. Les concepteurs-artistes produisent des œuvres qui forcent la posture (Centre Pompidou, 2012-2013, *Frac Forever*) ou qui, s'inspirant de la culture yogique, favorisent la méditation, la relaxation et la concentration (Lee Ufan, *Habiter le temps*, Centre Pompidou-Metz).

En effet, après examen de notre corpus d'œuvres, un mode d'I² émotionnelle se détache dans les expériences de réalité virtuelle : celui-ci est dédié aux pratiques numériques de relaxation et de méditation qui sont par ailleurs, largement inspirées des pratiques yogiques¹⁰³⁸. D'après ce que nous avons développé ci-avant, le yoga peut être compris comme appartenant au champ disciplinaire de la soma-esthétique. Ses techniques de relaxation et de méditation sont liées à une pratique qui utilise « la régulation émotionnelle et attentionnelle¹⁰³⁹ » afin que l'individu parvienne à un équilibre émotionnel participant à son bien-être. Dans le cas présent, l'acte de méditation opère selon deux facteurs « l'attention concentrée » - sur un objet, sur un individu, etc. - et « la surveillance méditative¹⁰⁴⁰ » des processus internes du corps humains. Depuis 2010, une troisième catégorie de « dépassement de soi automatique [*the automatic self-*

¹⁰³⁸ Le yoga consiste en des procédés psychophysiologiques et des techniques psychosomatiques qui tentent, quand elles sont maîtrisées, de provoquer « un embrasement », « une brulure intérieure créatrice » chez l'individu, FEUGA Pierre, MICHAEL Tara, *Le Yoga*, Paris, Presses Universitaires de France, 2018, p. 13. De tels procédés nécessitent un apprentissage certain et sont par conséquent enseignés par différentes écoles et courants (le Patanjali ; le yoga Sivaïque du Sud et du Nord ; l'école Kula, un autre yoga Sivaïque ; le Kundalini-yoga ; le Hatha -Yoga ; etc). Pour parvenir à « l'éveil » ou à « l'embrasement », le yogin doit parfaire plusieurs paliers (*l'aṣṭāṅga-yoga*). Le premier consiste à adopter une posture : elle est nommée « āsana », *Ibid.*, p. 52. Quand cette posture est apprise et maîtrisée, elle est dite « oubliée » et le pratiquant accède à une nouvelle étape « la prānāyāma ». Entre expiration et inspiration, le souffle « se suspend », *Ibid.*, p. 54. Il se suspend dans un premier cas de figure après une expiration, nous l'appelons alors « prānāyāma externe ». Et dans une autre configuration, il se suspend après une inspiration, c'est la « prānāyāma interne ». Parfois le yogin pratique cette suspension de manière totalement aléatoire et soudaine, nous la nommons alors « prānāyāma de l'arrêt subit », *Ibidem*.

¹⁰³⁹ LUTZ Antoine et *alii*, *Op. Cit.*, p. 163

¹⁰⁴⁰ *Ibidem*.

transcending]¹⁰⁴¹» participerait aussi à la pratique méditative. À l'inverse de la focalisation et de la surveillance méditative, elle met en place des stratégies qui visent à faire « le vide » des processus mentaux à l'œuvre chez l'individu dans le but de réduire son activité cognitive, rendant ainsi la pratique méditative quasiment automatique. Chacune de ces catégories dispose d'un relevé électroencéphalographique qui lui correspond. L'attention concentrée se situerait sur une bande EEG beta de 20-30Hz et une bande EEG gamma de 30-50Hz, la surveillance méditative sur une bande EEG thêta de 4-8Hz et le dépassement de soi automatique se situerait sur une bande EEG alpha de 8-10Hz¹⁰⁴². La méditation opère souvent sur de longues durées et via des exercices fréquents (quotidiens) qui empêcheraient théoriquement le bienfondé de son utilisation dans des expériences ponctuelles en temps réel, et diminueraient aussi l'impact de certaines études se faisant en amont, sans processus « d'habituation » à ce type de pratique. Toutefois, il existe actuellement des recherches qui portent sur des exercices de méditation à courte durée, qui s'intéressent notamment à leurs effets sur l'humeur¹⁰⁴³. Des expériences d'*aṣṭāṅga-yoga*, de méditation ou de relaxation en réalité virtuelle proposent déjà ce modèle de boucle de rétroaction médiée.

¹⁰⁴¹ TRAVIS Frederick, SHEAR Jonathan, « Focused attention, open monitoring and automatic self-transcending: Categories to organize meditations from Vedic, Buddhist and Chinese traditions », *Consciousness and Cognition*, vol. 19, 2010, p. 1110-1118.

¹⁰⁴² *Ibid.*, p. 1113.

¹⁰⁴³ ZEIDAN Fadel, JOHNSON Susan K., GORDON Nakia S., GOOLKASIAN Paula, « Effects of brief and sham mindfulness meditation on mood and cardiovascular variables », *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, vol. 16, 2010, p. 867-873.

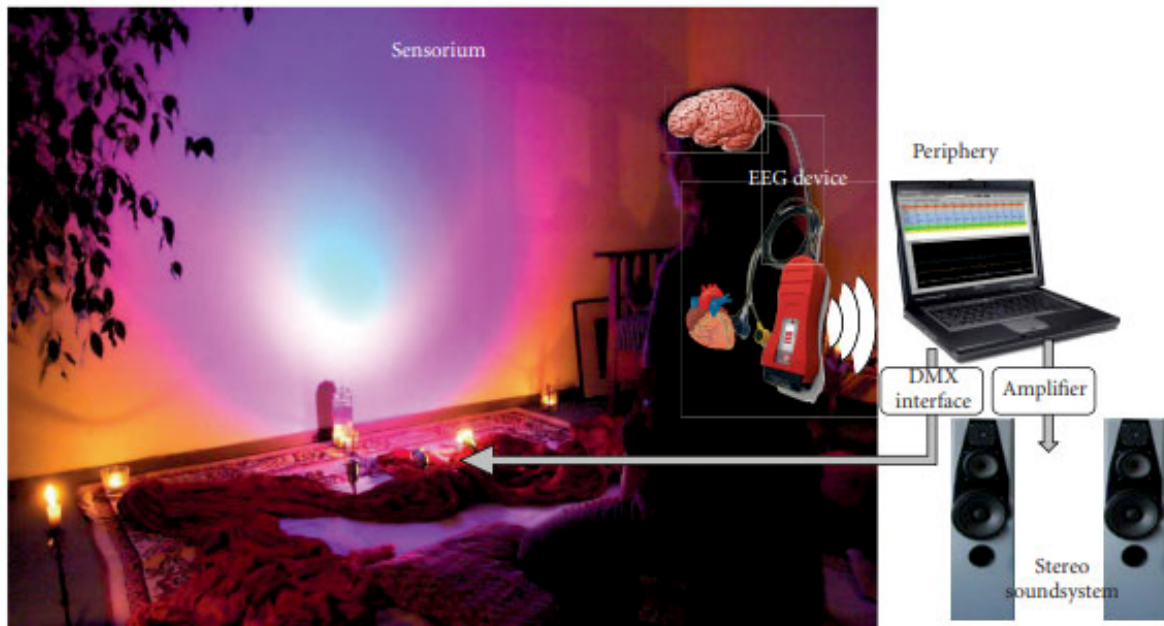


Figure 156 : *Sensorium*, Thilo Hinterberger, 2011, installation audiovisuelle immersive avec EEG et ECG

C'est le cas, par exemple, du *Sensorium* de Thilo Hinterberger (2011) alliant les boucles de rétroactions physiologiques (EEG et ECG) à une installation audiovisuelle immersive. Au cours de cette expérience de deuxième degré d'I² émotionnelles - avec capteur mais sans discours émotionnel - les données physiologiques sont transformées et projetées simultanément via des paramètres esthétiques, « sous forme de paysages sonores [sonification] et de « paysages de lumière¹⁰⁴⁴ ». Le *Sensorium* permettrait notamment d'augmenter les performances méditatives et introspectives de l'individu, ainsi que son bien-être : « 20 participants ont été exposés à leurs signaux cérébraux et cardiaques en cours alors qu'ils étaient assis à l'intérieur du *Sensorium* [...] Presque tous ont signalé une augmentation de la satisfaction, de la relaxation, du bonheur et de l'harmonie intérieure. Ils ont également signalé un élargissement de leur conscience corporelle¹⁰⁴⁵».

¹⁰⁴⁴ HINTERBERGER, Thilo, « The Sensorium : A Multimodal Neurofeedback Environment », *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2011, p. 1.

¹⁰⁴⁵ *Ibidem*.



Figure 157 : *RelaWorld*, Ilkka Kosunen et *alii*, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et EEG
 À gauche, exercice de surveillance méditative (*body scan practice*)
 À droite, exercice d'attention concentrée sur un objet

Le *RelaWorld* de Ilkka Kosunen et *alii*, permet aussi d'augmenter les performances méditatives de l'individu en alliant les boucles de rétroaction physiologiques médiées (EEG) à un EV_Pro (visiocasque de réalité virtuelle)¹⁰⁴⁶. À ce titre, l'expérience de deuxième degré d'I² émotionnelles propose des exercices méditatifs - de surveillance méditative sur une partie du corps et d'attention concentrée, par exemple - aux participants. Entre autres, la conformation en EV_Pro permet aux participants de réaliser des actions irréalistes - impossibles dans la pratique traditionnelle du yoga - telles que « léviter dans le monde virtuel¹⁰⁴⁷ ». Ces actions ne sont possibles qu'en EV_Pro, puisqu'elles résultent d'un découplage des fonctions corporelles qui impactent notamment la sensibilité proprioceptive du participant : en lui permettant de léviter, les signaux neuronaux influencent les déplacements de l'individu. Aussi, l'expérimentation présentée par Ilkka Kosunen et *alii* sur quarante-trois individus démontre que l'expérience de yoga en réalité virtuelle avec boucle de rétroaction physiologique médiée « provoque une relaxation plus profonde » ainsi qu'une « sensation de présence et un niveau de méditation plus profond¹⁰⁴⁸ » par rapport aux expériences méditatives sans visiocasques ou sans boucles de rétroaction physiologiques médiées.

D'autres expériences et études de ce type émergent grâce à l'usage des boucles de rétroaction médiée, telles que le *Virtual Sophrologist* de Gu Guoxin (2018, réalité virtuelle avec

¹⁰⁴⁶ KOSUNEN Ilkka, SALMINEN Mikko, JÄRVELÄ Simo, RUONALA Antti, RAVAJA Niklas, JACUCCI Giulio, « *RelaWorld* : Neuroadaptive and Immersive Virtual Reality Meditation System », *Proceedings of the 21st International Conference on Intelligent User Interfaces*, 2016, p. 208-217.

¹⁰⁴⁷ *Ibid.*, p. 208.

¹⁰⁴⁸ *Ibidem*.

visiocasque), qui les utilise afin de parvenir à une pratique rapide et efficace de la relaxation¹⁰⁴⁹. D'autres encore tentent de diminuer l'état de stress du participant par l'usage du MBSR (*mindfulness-based stress reduction*¹⁰⁵⁰) ou de concevoir une salle d'entraînement à la méditation et de relaxation utilisant des signaux biologiques de conductance cutanée¹⁰⁵¹, ou encore d'élaborer une marche méditative dédiées aux patients atteints de douleurs chroniques qui utilise des signaux physiologiques avec pour objectif de changer le « climat » de l'environnement virtuel¹⁰⁵². Enfin, l'expérience *Stressjam*, (expérience en réalité virtuelle avec visiocasque de Jamzone, 2019 ; capteur ECG et respiratoire Zephyrband) utilise une boucle de rétroaction émotionnelle médiée en se focalisant sur la régulation du stress.



Figure 158 : *Stressjam*, Jamzone, 2019, expérience de réalité virtuelle avec un retour d'information évaluant le niveau de stress du joueur (suivre la flèche rouge)

¹⁰⁴⁹ GUOXIN, Gu, « *Virtual Sophrologist* : Un système de formation de relaxation par neurofeedback en réalité virtuelle », Mémoire, Université de Montréal, 2018.

¹⁰⁵⁰ BRUGGEMAN, Kevin, « Creating Biofeedback-Based Virtual Reality Application to Enhance Coherence of Mindfulness Practice », *These*, The Ohio State University, 2019.

¹⁰⁵¹ SHAW Chris, GROMALA Diane, SONG Meehae, « The meditation chamber: Towards self-modulation », *Metaplasticity in Virtual Worlds: Aesthetics and Semantics Concepts*, 2010, p. 121-133.

¹⁰⁵² GROMALA Diane, TONG Xin, CHOO Amber, KARAMNEJAD Mehdi, SHAW Chris, « The virtual meditative walk: Virtual reality therapy for chronic pain management », *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2015, p. 521-524.

Par l'usage des boucles de rétroaction médiées, ces nouvelles expériences s'élaborent au croisement de l'esthétique et du médical, permettant dans certains cas à un « art thérapie¹⁰⁵³ » de se réaliser. Elles se distinguent des œuvres cinématographiques présentées ci-avant, telles que le *Montage Cinema Revived by the Emo-Synth Concert Audio-visuel* de Valery Vermeulen (2011), où la narration est plus importante, car elles mettent d'abord au premier plan la sensorialité des dispositifs (esthétiques) et des individus (ressentis internes) en favorisant davantage la tranquillité, le relâchement, le bien-être et le calme¹⁰⁵⁴. Ainsi, elles favorisent des expériences unifiantes sur le plan autopoïétique, malgré les divergences de nature qui existent entre les environnements, plastiques, technologiques et les individus.

2.2 – Immersion et interaction émotionnelles intersubjectives

Les conformations autopoïétiques et à travers elles, le façonnement émotionnel du soi, se complexifient lorsque les environnements artistiques incorporent les signaux biologiques de deux personnes (relation intersubjective). Ewa Lux *et alii* supposent que ces types d'échanges peuvent s'effectuer « de soi-à-autrui » auquel cas « les données physiologiques de l'utilisateur sont transmises à un autre utilisateur » ou « d'autrui-à-soi », auquel cas « l'utilisateur perçoit les informations physiologiques d'un autre utilisateur¹⁰⁵⁵ ». Hao Chen évoque ces types de configurations sous le nom « d'environnements sociaux » - et par effet, de « présence sociale » ou de « co-présence¹⁰⁵⁶ », sentiment d'être présent avec autrui dans un environnement virtuel - en se penchant plus en détail sur les « environnements collaboratifs¹⁰⁵⁷ » en réalité virtuelle. Les environnements virtuels de Hao Chen ont été élaborés afin de représenter « différents types

¹⁰⁵³ L'art thérapie est « un accompagnement de personnes en difficulté (psychologique, physique, sociale ou existentielle) à travers leurs productions artistiques : œuvres plastiques, sonores, théâtrales, littéraires, corporelles et dansées », KLEIN, Jean-Pierre, « L'art-thérapie », *Cahier de Gestalt-Thérapie*, n°20, 2007, p. 62.

¹⁰⁵⁴ Toutefois, nous retrouvons cette recherche de sensorialité entre l'œuvre et le spectateur au cinéma, à travers des pratiques et approches « néo-sensualistes » telles l'image haptique Deleuzienne, voir pour plus de détail DEDOLA, Léa, *Nouveaux dispositifs immersifs : vers une cinématographie néo-sensualiste*, mémoire de Master 2, Université Lumière Lyon II, 2016, ou DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 18-20 Mai 2021.

¹⁰⁵⁵ LUX Ewa *et alii*, *Op. Cit.*, p. 260.

¹⁰⁵⁶ CHEN, Hao, *Op. Cit.*, p. 76. Cette « co-présence » est mesurée par le Questionnaire de Présence Sociale (*Social Presence Questionnaire*) de HARMS Chad, BIOCCA Frank, « Internal consistency and reliability of the networked mind measure of social presence », *Proceedings of the Seventh Annual International Workshop : Presence*, Valence, 2004.

¹⁰⁵⁷ CHEN, Hao, *Op. Cit.*, p. 68.

d'interactions » entre les deux participants¹⁰⁵⁸. À notre avis, les expériences artistiques utilisant des interfaces pour deux personnes se servant de boucles de rétroaction médiées, retranscrivent des phénomènes émotionnels plus complexes, qui se rapprochent de nos fonctionnements sociaux ordinaires (sympathie, empathie, surtout, voir le chapitre 3). Après étude de notre corpus d'œuvre, nous avons pu distinguer trois grands axes d'I² émotionnelles : les I² émotionnelles-empathiques, les I² émotionnelles-fusionnelles et les I² émotionnelles-dialogiques, ce dernier versant se subdivisant en trois sous-sections, les I² émotionnelles-coopératives, les I² émotionnelles-compétitives et les I² émotionnelles-conversationnelles.

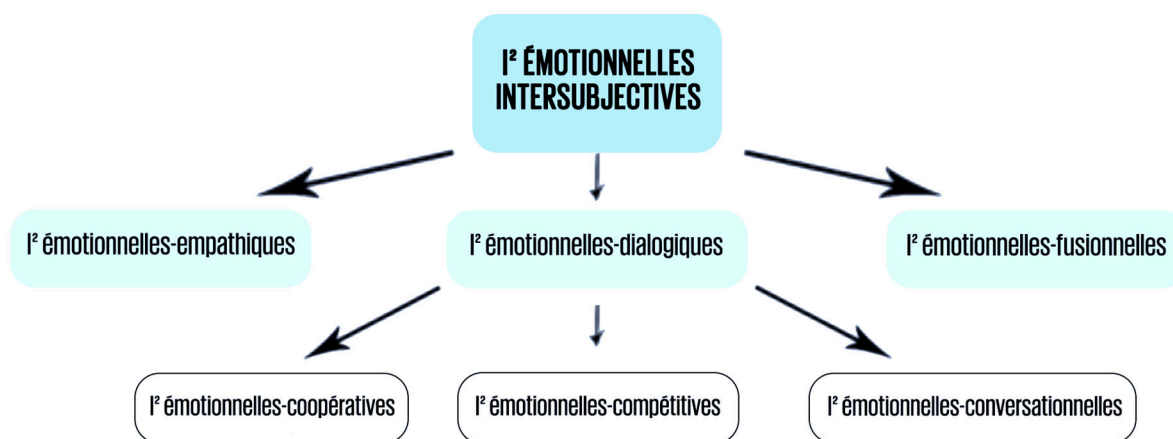


Figure 159 : I² émotionnelles-intersubjectives (dessin de l'auteure)

2.2.1 – Immersion et interaction émotionnelles-empathiques

Dans un premier cas de figure, que nous nommons « expérience I² émotionnelles-empathique », l'expérience artistique s'appuie sur la permutation des éprouvés physiologiques, comportementaux ou émotionnels, *in situ* ou à distance, d'un participant avec un autre participant, afin que l'un et l'autre puissent « changer de point de sentir » : l'utilisateur est immergé dans une expérience qui se modifie en temps réel en fonction de l'activité corporelle d'autrui, et inversement, l'expérience artistique d'autrui est impactée par les variations issues de

¹⁰⁵⁸ Les environnements virtuels de Hao Chen ont été élaborés afin de représenter « différents types d'interaction » entre les participants. Ainsi, ils dépeignent une relation entre collègues (via une expérience de type *escape game*), une relation élève-professeur - un participant donne les directives pendant que l'autre s'exécute - et enfin une relation de témoins, sans interactions : les « collaborateurs ont été automatiquement déplacés dans un environnement composé d'un mélange de scènes déclenchant un mélange de sentiments émotionnels tels que la peur, la joie, la tristesse, le dégoût, et de situations neutres », *Ibid.*, p. 70.

l'activité corporelle de l'utilisateur. Indirectement, c'est l'activité corporelle de l'un et de l'autre qui s'influence donc. Le phénomène I² émotionnelles-empathique ainsi médiatisé, est d'autant plus réalisable en réalité virtuelle puisque le dispositif du visiocasque permet aussi d'échanger visuellement de place avec autrui¹⁰⁵⁹. Via ce dispositif de télé-présence, les participants se regardent finalement agir à travers les yeux d'autrui, dans une perspective hétérocentrée (voir chapitre 3). Nous pourrions envisager que de telles expériences I² émotionnelles-empathiques pourraient exister en réalité virtuelle d'après les facteurs artistiques préalablement cités, mais aucune œuvre de ce type n'a pu être constatée par nous à ce jour. Toutefois, au stade de la recherche expérimentale, Hao Chen a étudié l'impact des différentes modalités sensorielles sur l'effet de présence sociale dans un environnement de réalité virtuelle dit « émotionnel » durant l'échange de données cardiaques entre deux individus : les deux participants touchent (manettes HTC Vive) et entendent (écouteurs Logitech) les battements du cœur d'autrui¹⁰⁶⁰ (capteurs physiologiques Zephyr). Ainsi, les mesures cardiaques d'un premier participant modifient les valeurs esthétiques de l'environnement dans lequel est immergé un second participant, et inversement, ainsi chaque participant modifie indirectement sa propre expérience. Selon l'étude de Hao Chen les retours d'information sur la fréquence cardiaque ont « permis aux participants de ressentir davantage la présence du collaborateur et de sentir qu'ils comprenaient mieux l'état émotionnel de leur collaborateur », celui-ci a également permis aux participants « de se sentir plus dominants lors de l'exécution de la tâche¹⁰⁶¹ ».

¹⁰⁵⁹ Les expériences *GenderSwap*, *Library of ourselves*, *La noia de les lagrimes vermelles* (vidéo 360°) du BeAnotherLab (*the machine to be another*) permettent d'échanger les informations extéroceptives et proprioceptives d'un visiocasque à l'autre grâce au dispositif de télé-présence.

¹⁰⁶⁰ *Ibid.*, p. 69.

¹⁰⁶¹ *Ibid.*, p. 75.

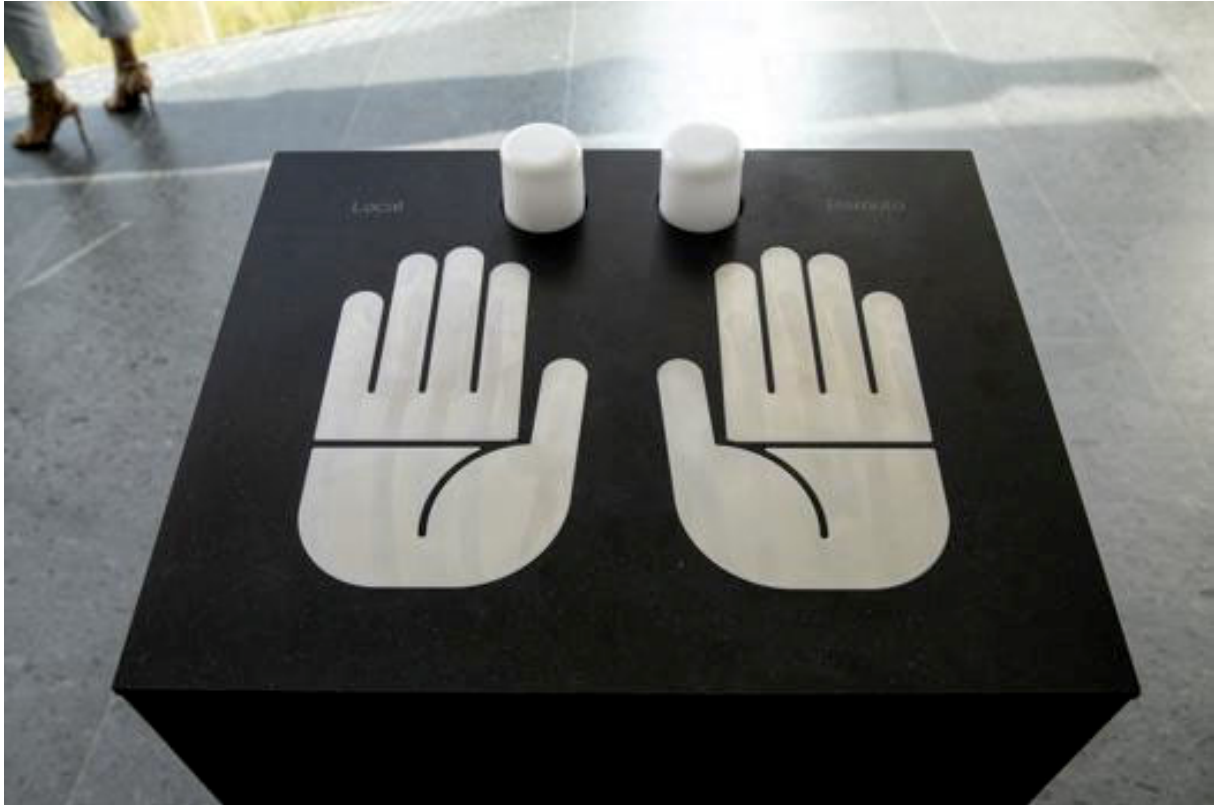


Figure 160 : *Remote Pulse*, Rafael Lozano-Hemmer, 2019, installation interactive avec ECG

Aussi, dans *Remote Pulse* de Rafael Lozano-Hemmer (2019, installation de deuxième degré d'I² émotionnelles avec ECG), les pulsations cardiaques de deux individus sont interconnectées par internet : lorsqu'un participant place ses mains sur une stèle prévue à cet effet, l'autre participant ressent son pouls grâce à « des plaques qui vibrent en synchronisation avec la personne distante¹⁰⁶²» et inversement. Un seul sens est stimulé, le touché, toutefois chaque participant peut changer de « point de sentir » en appréhendant la pulsation de l'autre. Cette œuvre, présentée dans le cadre d'une installation transfrontalière américano-mexicaine, « Border Tuner », faisant se rejoindre Ciudad Juárez à El Paso, tente donc de dépasser les différences interculturelles en faisant se connecter les fonctions biologiques de deux personnes étrangères.

2.2.2 – *Immersion et interaction émotionnelles-dialogiques*

¹⁰⁶² - , « Remote Pulse », *Lozano-hemmer*, publié entre 2019 et 2021, consulté le 28 Juin 2021, [https://www.lozano-hemmer.com/remote_pulse.php].

Avec les I² émotionnelles-dialogiques, les signaux corporels des deux participants se répondent dans un espace commun tout en restant isolés et discernables. Les participants évaluent leur propre activité corporelle ainsi que celle d'autrui et peuvent de cette manière tenter de les faire communiquer *in situ* ou à distance. Le retour d'information sur l'activité corporelle de chacun des participants leur permet d'instrumentaliser les contenus de l'expérience : de la sorte, ils sont soit mis en compétition, en discussion ou en coopération. Par exemple, *Brainball*¹⁰⁶³ de Sara Ilsted Hjelm et Carolina Browall (2000, installation avec EEG) est une expérience avec électroencéphalogramme dans laquelle des participants font avancer une balle¹⁰⁶⁴ sur le terrain adverse afin de marquer des buts (I² émotionnelles-compétitive). Tandis que *Hive Minds* de Sean Montgomery (2017, performance avec EEG) est une expérience conversationnelle (« a brainwave conversation »), reproduisant l'activité cérébrale des participants à travers des pulsations de lumière et de sons devant une audience (I² émotionnelle-conversationnelle).



Figure 161 : *Hive Minds*, Sean Montgomery, 2017, performance avec EEG

¹⁰⁶³ HJELM Sara Ilstedt, BROWALL Carolina, « Brainball-using brain activity for cool competition », *Proceedings of NordiCHI*, Stockholm, 2000, p. 9

¹⁰⁶⁴ L'avancée de la balle varie en fonction des états de relaxation et de concentration (ondes beta et alpha).

L'artiste et neuroscientifique Sean Montgomery confectionne aussi des objets et des vêtements de mode connectés, se servant de boucles de rétroaction médiées pour augmenter les moyens de communication entre les individus et la conscientisation de leurs propres états physiologiques, voire émotionnels en fonction des contextes situationnels (I² émotionnelles-conversationnelles). Par exemple, le tee-shirt *Heart-felt Apparel* mesure la fréquence cardiaque de l'individu qui le porte et reproduit son pouls sur l'avant du tee-shirt¹⁰⁶⁵. Le bracelet *Truth Wristband* mesure quant à lui la conductance cutanée à l'intérieur de la main de l'individu qui le porte afin de détecter ses niveaux d'activation - de bleu à rouge s'il détecte une excitation - qui permettent par effet, de déduire s'il est en train de mentir¹⁰⁶⁶.

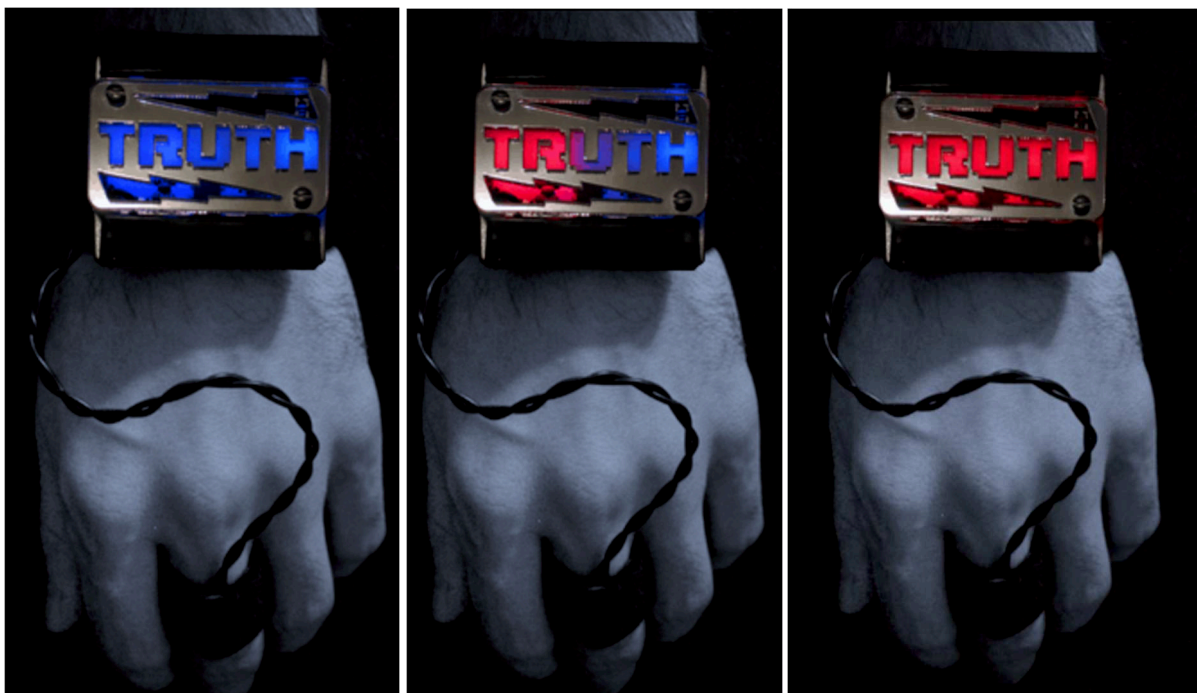


Figure 162 : *Truth Wristband*, Sean Montgomery, pas de date (photo de Sean Montgomery), capteur électrodermal

La casquette *Thinking Cap*, est constituée d'électroencéphalogrammes qui mesurent l'activité cérébrale et modifient la lumière dans le scalp de l'individu qui le porte. L'attention concentrée provoquerait l'évolution des oscillations beta et gamma - le « lobe frontal » à l'avant

¹⁰⁶⁵ -, « Heart-felt Apparel », *produceconsumerobot*, pas de date de publication, consulté le 13 Septembre 2020, magasin en ligne Sean Montgomery [<https://produceconsumerobot.com/heartfeltapparel/>]

¹⁰⁶⁶ -, « Truth Wristband », *produceconsumerobot*, pas de date de publication, consulté le 13 Septembre 2020, magasin en ligne Sean Montgomery [<https://produceconsumerobot.com/truth/>]

du chapeau devient rouge -, les états méditatifs produisent des oscillations alpha qui transforment cette fois-ci l'arrière du chapeau en rouge¹⁰⁶⁷.



Figure 163 : *Heart-felt Apparel* (ECG), et *Thinking Cap* (EEG), Sean Montgomery, pas de date (photo de Sean Montgomery)

Avec d'autres matériaux, l'œuvre de deuxième degré d'I² émotionnelles *Pulse Tank* de Rafael Lozano-Hemmer (2008, installation avec ECG) exploite les variations cardiaques des participants afin de les transformer en vagues : un petit marteau disposé à l'intérieur d'un réservoir d'ondulation, reproduit les pulsations à la surface de l'eau.

¹⁰⁶⁷ -, « Thinking Cap », *produceconsumerobot*, pas de date de publication, consulté le 13 Septembre 2020, magasin en ligne Sean Montgomery [<https://produceconsumerobot.com/thinkingcap/>]



Figure 164 : *Pulse Tank*, Rafael Lozano-Hemmer, 2007, installation avec ECG, (photo de Mariana Yañez)

L'Œuvre de Suzanne Dikker est particulièrement représentative de ce que nous avons nommé les I² émotionnelles-coopératives. Par exemple, dans *NeuroTango* (Suzanne Dikker, 2014, performance dansée avec EEG), deux individus dansent un tango pendant qu'un électroencéphalogramme capture leur activité cérébrale. À travers cette expérience, l'artiste-chercheuse en neurosciences tente de comprendre si les ondes cérébrales se synchronisent au cours de la danse à l'instar des mouvements des deux participants. La synchronisation ou la dissonance des ondes cérébrales est retransmise grâce à des images dynamiques qui entourent les deux participants. Lorsque les ondes cérébrales se synchronisent, les infographies représentant chaque individu - deux têtes jaunes (voir *fig.* 165) - se superposent et un score situé au-dessus de ces deux images augmente. Lorsque les ondes cérébrales sont dissonantes, les infographies s'écartent l'une de l'autre et le score, permettant de dire si la coopération des deux danseurs était réellement effective, cesse d'augmenter : il se fige¹⁰⁶⁸.

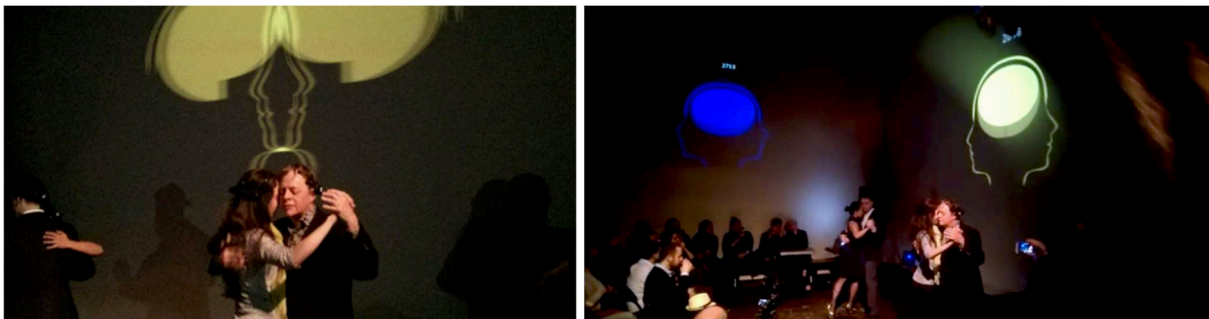


Figure 165 : *NeuroTango*, Suzanne Dikker, 2014, performance avec EEG

¹⁰⁶⁸ -, « neurotango », *suzannedikker*, pas de date de publication, consulté le 30 Septembre 2021, [<http://www.suzannedikker.net/art-science-education#neuroTango>]

En outre, dans *Mesuring the magic of mutual gaze* (Suzanne Dikker, Marina Abramovic, Matthias Oostrik, Jason Zevin, 2011-2014, performance EEG dans un CAVE), deux individus sont installés l'un en face de l'autre afin qu'ils se regardent. Pendant trente minutes, un électroencéphalogramme mesure leur activité cérébrale. Quand celle-ci se synchronise, un signal lumineux - deux flux lumineux se rejoignant - apparaît. Dans *Compatibility Racer* (Suzanne Dikker, Lauren Silbert, Jennifer Silbert, Matthias Oostrik, Oliver Hess, Amanda Parkes, installation EEG, 2012-2013), le degré de synchronisation de l'activité cérébrale de deux participants influence la vitesse de course d'une voiture sur laquelle ils sont positionnés : plus l'activité cérébrale est synchronisée, plus la voiture avance vite.



Figure 166 : à gauche *Mesuring the magic of mutual gaze*, Suzanne Dikker et alii, 2011-2014, performance EEG
À droite, *Compatibility Racer*, Suzanne Dikker et alii, 2012-2013, installation EEG

2.2.3 – Immersion et interaction émotionnelles-fusionnelles

Enfin, dans un troisième cas de figure les données corporelles des deux participants se confondent dans une expression artistique singulière, que nous qualifions de fusionnelle. À titre d'exemple, l'agence autrichienne Coop Himmelb(l)au créée par Wolf D. Prix, Helmut Swiznsky et Michaël Hölzer a mis au point en 1969 une installation, *Heart-Space AstroBallon*, retranscrivant la fréquence cardiaque d'un seul participant en sons et lumières (lumières pulsées). Comme nous l'avons vu dans le chapitre 5, les années 1960-1970 sont marquées par l'apparition des technologies médicales dans le cadre de la création artistique, ce qui a notamment permis d'éveiller les participants aux pratiques introspectives. En outre, cette installation individuelle utilisait une boucle de rétroaction physiologique médiée donnant à

percevoir aux spectateurs dans la salle et au participant lui-même son activité interne (rythme cardiaque), laquelle, une fois transformée en éléments esthétiques, lui permettait d'instrumentaliser les contenus de l'expérience.



Figure 167 : *Heart-Space AstroBallon*, Coop Himmelb(l)au, 1969, installation immersive avec ECG

En 2008, pour la 11e biennale d'architecture de Venise cette installation est revisitée et intègre désormais deux participants dans une structure s'apparentant à un « cerveau ». Ne reflétant en 1969 que l'activité interne d'un seul individu, *Feedback Space - Astro Balloon 1969 Revisited* propose désormais une forme autopoïétique plus complexe à l'intérieur de laquelle deux participants déposent leur main sur une interface mesurant leur pouls. L'installation dévoile ensuite en temps réel sur des écrans positionnés dans le ballon, le retour d'information de leurs deux activités cardiaques synchronisées sous une forme audiovisuelle.

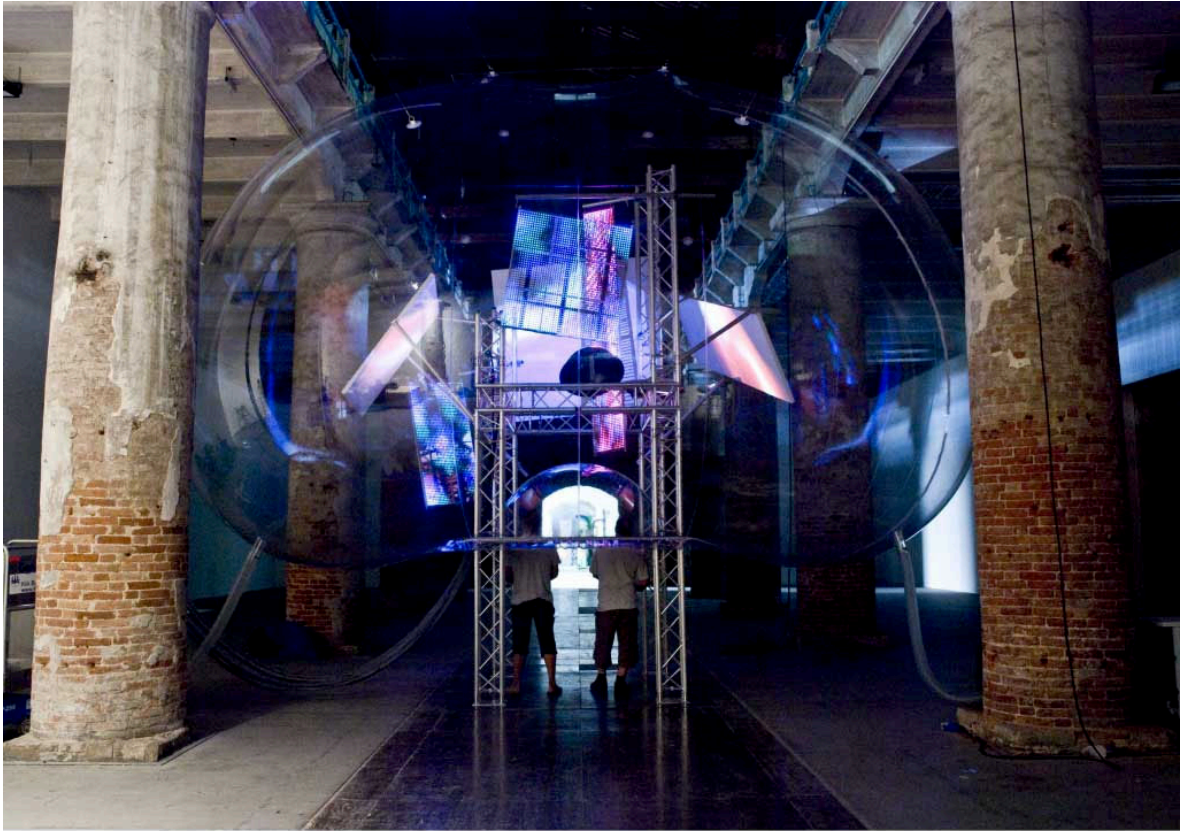


Figure 168 : *Feedback Space - AstroBalloon 1969 revisited*, coop himmel(l)au (Installation ECG, 2008-2009)

De manière analogue, *The Mutual Wave Machine* (Suzanne Dikker, Peter Burr, Diederik Schoorl, installation de réalité virtuelle avec CAVE et EEG, 2013) immerge deux participants dans une capsule immersive. L'œuvre consiste pour ces deux participants à « être sur la même onde » cérébrale afin de générer « des schémas audiovisuels plus cohérents et reconnaissables ». Lorsque l'activité cérébrale des deux participants est au contraire dissonante, l'expérience audiovisuelle « s'éloigne vers un sombre chaos [...] un léger bourdonnement dans les oreilles et des parasites dans les rétines ». Dès lors, les expériences fusionnelles fonctionnent sur un spectre variant entre l'union et la dissonance. La symbiose entre les participants est souvent symbolisée par des éléments devenant progressivement homogènes et à l'inverse lorsque l'activité corporelle se différencie d'un participant à l'autre, les contenus de l'expérience font état de cette discontinuité.

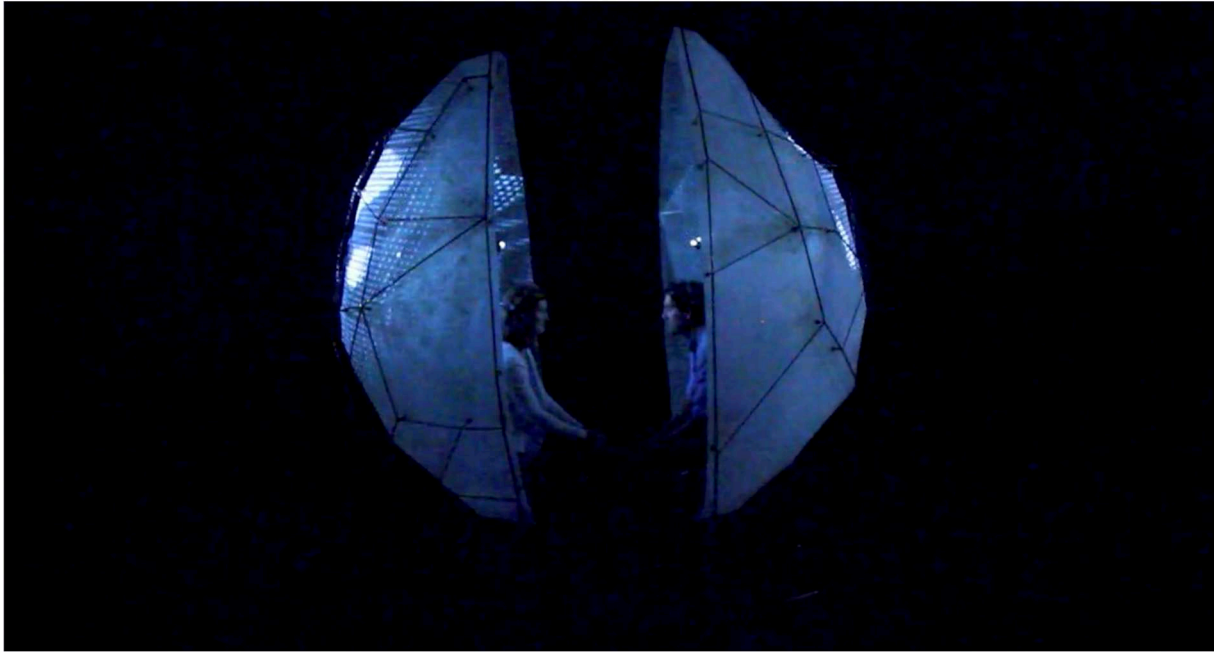


Figure 169 : *The Mutual Wave Machine*, Suzanne Dikker et alii, 2013, installation de réalité virtuelle avec CAVE et EEG

2.3 – Immersion et interaction émotionnelles collectives

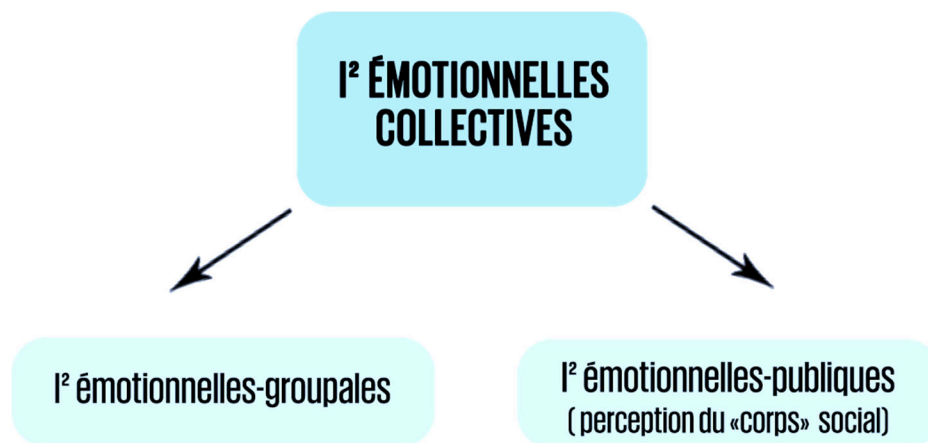


Figure 170 : Immersion et interaction émotionnelles-collectives (dessin de l’auteure)

Mesurée et exploitée artistiquement grâce à la boucle de rétroaction médiée, l’expérience physiologique, comportementale ou émotionnelle à deux fait office de métaphore au rapport intersubjectif qui est à l’œuvre entre les individus. Dans des configurations I² émotionnelles-groupales, les signaux du corps de plusieurs individus sont aussi utilisés afin de produire des expériences fusionnelles, dissonantes (voire, compétitives) et coopératives. Dans

le cas d'une expérience multi-participants et fusionnelle, les signaux sont soit synchronisés avant d'être exploités artistiquement, soit ils sont tous exploités artistiquement de manière similaire : par exemple, dans *Grove* de Shilo Shiv Suleman (2016), souffler dans le pistil d'une fleur diffuse de la lumière sur l'arbre. Dans le cas d'une expérience multi-participants dissonante, un signal corporel prend le dessus sur les autres signaux et ainsi se démarque du reste du groupe. Dans le cas d'une expérience multi-participants coopérative, les signaux corporels bénéficient d'une exploitation artistique individuelle, toutefois ils forment une osmose globale : dans un orchestre par exemple, chaque individu joue d'un instrument de musique afin de composer une mélodie singulière.

2.3.1 – *Immersion et interaction émotionnelles-groupales*

Les I² émotionnelles-groupales sont des expériences artistiques multi-participants à petite échelle (une ou deux dizaines de participants, maximum), ayant souvent lieu dans un espace clos, ne communiquant pas avec l'extérieur et se préservant ainsi d'un contact, passif ou actif, avec des personnes non-averties qu'une œuvre est en train de se produire. À l'instar de ce que nous avons observé au chapitre 3 sur les émotions de groupe, les I² émotionnelles-groupales répondent aux approches descendante - « survenant au niveau du groupe, puis ressenti par les membres¹⁰⁶⁹ » - et ascendante, comme « la combinaison des émotions de chaque membre¹⁰⁷⁰ » phénomène qui opère dans le cadre artistique selon différentes méthodes : par la « fusion », par « la coopération » ou la mise en « compétition » des signaux corporels. Au chapitre 3, nous avons aussi observé que l'émotion de groupe était caractérisée par une émotion individuelle, mais « ressenties en tant que membre du groupe¹⁰⁷¹ », ce qui est le cas dans certaines configurations artistiques en vase clos : des événements, choisis par l'artiste durant la phase de création de l'expérience, touchent le groupe-participants (facteur identitaire) en lui-même. Nous avons aussi dit que l'émotion de groupe émergeait à partir de cinq principes préalables¹⁰⁷²,

¹⁰⁶⁹ BARSADE Sigal, GIBSON Donald, *Op. Cit.*, p. 81.

¹⁰⁷⁰ *Ibidem.*

¹⁰⁷¹ DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc, *Op. Cit.*, p. 3.

¹⁰⁷² Elle doit provoquer un sentiment d'appartenance identitaire, susciter des interactions entre les membres, partager des valeurs et règles communes, correspondre à la manière dont les membres s'identifient dans le groupe et partager des comportements émotionnels spécifiques.

que nous retrouvons dans le cadre artistique. En effet, dans les œuvres I² émotionnelles-groupales, il semble que le créateur veille à créer de telles conditions :

- (1) L'appartenance identitaire correspond au passage à l'acte de plusieurs individualités dans une œuvre ayant pour vocation d'être cohésive. Ainsi, un participant s'identifie aux autres participants parce qu'ils participent à la même expérience. (2) Toutefois, il conserve aussi une connaissance de la place qu'il occupe au sein du groupe et s'identifie en tant que tel.
- (3) Des interactions entre les membres du groupe, sont élaborées en amont par le concepteur-artiste. (4) Les valeurs et règles communes que les participants partagent sont aussi infusées dans l'expérience en fonction des choix du concepteur-artiste.
- (5) Enfin, les expériences I² émotionnelles-groupales ont pour premier objectif de faire partager des comportements émotionnels spécifiques aux participants.

Par exemple, dans l'expérience coopérative *Heartmonic* de Lisa Park (2016, performance avec ECG), l'activité cardiaque prélevée sur huit participants est assignée à un instrument de musique - un violoncelle, un piano, un violon, un marimba, des percussions, une flûte, une clarinette et un basson - ainsi chaque participant sait la place qu'il occupe au sein de ce groupe (1 et 2). Lisa Park, ici également cheffe d'orchestre, provoque différentes situations émotionnelles et sportives - des rencontres, des mouvements de danse, des chatouilles, etc. - et fait ainsi varier en temps réel la fréquence cardiaque des participants, laquelle est assignée au tempo et à la dynamique de chaque instrument (3 et 4). Les participants jouant chacun de concert (approche ascendante), les mélodies produisent finalement une composition symphonique à l'image des phénomènes émotionnels se produisant dans le groupe (5). Cette composition symphonique génère dans le même temps des stimuli émotionnels qui sont ressentis par les participants (approche descendante).



Figure 171 : *Heartmonic*, Lisa Park, 2016, performance avec ECG

Aussi, dans l'expérience-coopérative *Wave UFO* de Mariko Mori (2003, installation avec EEG), trois participants sont munis d'électrodes capturant leurs ondes cérébrales afin de les reproduire en deux cellules colorées matérialisant les lobes du cerveau de chacun d'entre eux (1 et 2), à l'intérieur d'une installation en forme de goutte d'eau. Bien que séparés physiquement - les participants sont positionnés de dos et regardent vers le haut - chacun observe son avatar (les cellules) interagir avec les autres (3), selon des paramètres choisis et élaborés en amont par Mariko Mori. En effet, les cellules changent de couleurs et de formes en fonction des ondes cérébrales qui sont mesurées : « les ondes alpha sont bleues et indiquent une relaxation éveillée. Les ondes bêta sont roses et indiquent la vigilance ou l'agitation. Les ondes thêta sont jaunes et indiquent un état onirique¹⁰⁷³ ». Ainsi, en fonction de l'activité cérébrale des participants les cellules se rejoignent ou se distinguent entre elles démontrant plus ou moins la cohérence de pensée des participants (4). L'expérience émotionnelle fusionne à l'image dans la production d'un « rêve » audiovisuel reproduisant les interactions indirectes (médiatisées) ayant lieu entre les trois individus (5).

¹⁰⁷³ DAHL, Jake, « Wave UFO », *digiart21*, publié le 23 Mai 2016, consulté le 1 Septembre 2021, [<http://www.digiart21.org/art/wave-ufo>]

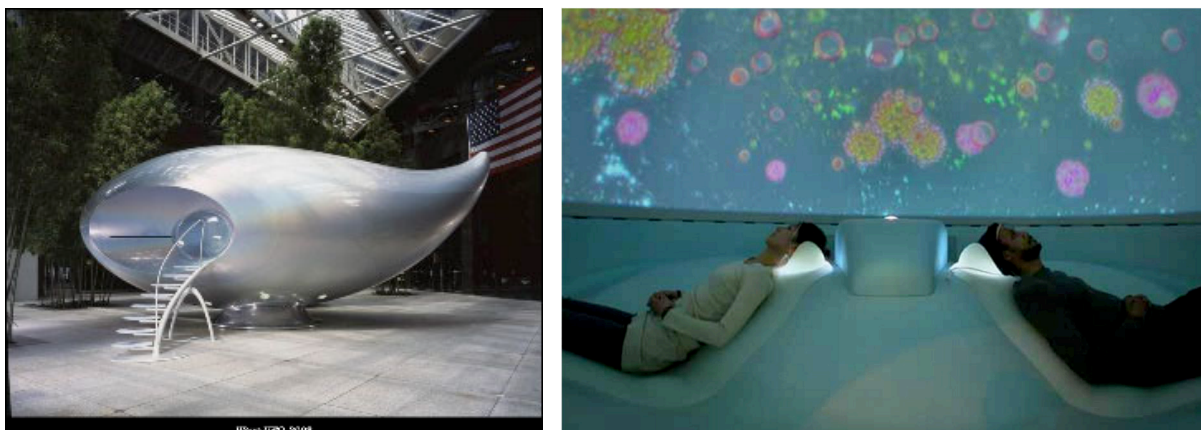


Figure 172 : Wave UFO, Mariko Mori, 2003, installation avec EEG

2.3.2 – « Corps » social

Dans les configurations I² émotionnelles-publiques, la médiatisation des données corporelles individuelles compose un paysage sensoriel se superposant aux paysages ordinaires, produisant ainsi un regard homogénéisé et omniscient sur une étendue du « corps » social. Les œuvres I² émotionnelles-publiques accomplissent d'autant plus ce processus d'harmonisation et de généralisation des affects, qu'au cours de certaines expériences, par contagion émotionnelle, les participants construiraient un « lien physiologique » (*a physiological linkage*¹⁰⁷⁴) entre eux. Elles s'instituent donc dans leur forme comme un projet anthropologique qui « étudie les caractères anatomiques et biologiques de l'espèce humaine » et « l'homme en société¹⁰⁷⁵ ». Par conséquent, l'expérience I² émotionnelles usant de la boucle de rétroaction médiée tendrait vers ce que nous pourrions nommer une « soma-esthétique du corps social », en permettant à chaque individu d'expérimenter un état de la société à son stade le plus fondamental, celui du corps et de son fonctionnement vital, viscéral, végétatif.

Comme pour les I² émotionnelles-groupales, les I² émotionnelles-publiques sont exploitées afin de produire des expériences fusionnelles ou coopératives. À ce titre, *Grove* de

¹⁰⁷⁴ « Le lien physiologique fait référence à la mesure dans laquelle les signaux physiologiques de deux personnes ou plus sont associés, comme une augmentation mutuelle de la fréquence cardiaque au cours d'une expérience partagée », JÄRVELÄ Simo, KÄTSYRI Jari, RAVAJA Niklas, CHANEL Guillaume, GENTTONEN Pentti, « Intragroup emotions: Physiological linkage and social presence », *Frontiers in Psychology*, vol. 7, Article 105, 2016, p. 2.

¹⁰⁷⁵ -, « anthropologie », *LeRobert*, publié en 2022, consulté le 01 Septembre 2022, [<https://dictionnaire.lerobert.com/definition/anthropologie>].

Shilo Shiv Suleman (2016, installation avec capteur de respiration, expérience fusionnelle) est une forêt interactive contrôlée par la respiration des participants. Grâce à un capteur de proximité, des fleurs, positionnées sur les arbres, s'ouvrent lorsqu'elles sentent la présence d'un individu afin que celui-ci puisse souffler à l'intérieur d'un tube (le pistil). Le souffle des participants provoque des transformations de lumière (LED) sur les fleurs ainsi que sur le tronc et les branches de l'arbre : « Tandis que vous inspirez profondément pour vous imprégner du parfum de la fleur, vous videz l'arbre de lumière. Et lorsque vous expirez, vous remplissez l'arbre de la lumière de votre souffle, nous rappelant notre relation symbiotique avec le monde naturel¹⁰⁷⁶ ». Par le biais de cette installation publique et pourtant intimiste, *Grove* souhaite aussi reproduire un phénomène de synchronisation physiologique entre les individus¹⁰⁷⁷: « Après avoir reçu les commentaires de l'arbre, les participants commenceront également consciemment à respirer ensemble, rendant le bosquet plus lumineux et illuminé¹⁰⁷⁸ ».



Figure 173 : *Grove*, Shilo Shiv Suleman, Burning Man 2016, installation collective avec capteur de respiration

Durant le festival de la Nuit Blanche de Toronto, *My Virtual Dream* de Natasha Kovacevic Petra Ritter, William Tays, Sylvain Moreno, Anthony Randal McIntosh (2013, installation géodésique avec EEG), est une œuvre audiovisuelle de deuxième degré d'intensité émotionnelles projetée sur la surface d'un dôme géodésique de dix-huit mètres. À l'intérieur de cet environnement immersif de grande envergure, l'expérience mesure avec le casque EEG Muse sans fil deux états cérébraux « la relaxation » et la « concentration », afin d'animer des

¹⁰⁷⁶ SULEMAN, Shilo Shiv, « Grove », *shiloshivsuleman*, publié en 2016, consulté le 2 Octobre 2021, [<http://shiloshivsuleman.in/pleasure/grove/>]

¹⁰⁷⁷ Certaines études, qui portent notamment sur une ontogénèse de l'empathie dans la relation mère-bébé, montrent effectivement que dans certaines occasions, intimes, la gestuelle et les rythmes physiologiques « s'accordent » (accordage affectif), HOCHMAN, Jacques. *Op. Cit.* p. 139.

¹⁰⁷⁸ *Ibidem.*

paysages sonores et imagés. Les mesures sont effectuées sur vingt personnes à la fois, toutefois, l'expérience durant toute la nuit, les données neuronales de cinq-cent-vingt-trois participants ont été finalement recueillies¹⁰⁷⁹. Durant la première phase, d'entraînement, les vingt personnes participent à un jeu devant une audience composée d'une cinquantaine de personnes, consistant à osciller entre une phase de relaxation (onde alpha) et de concentration (onde beta) avec leur propre activité cérébrale. Les participants parviennent ensuite à une deuxième phase, « l'expérience de rêve¹⁰⁸⁰ », consistant à produire en temps réel un paysage audiovisuel à partir des enregistrements électroencéphalographiques générés par le collectif. L'usage de bibliothèques numériques permet de produire quatre « rêves » audiovisuels différents, lesquels sont projetés à la surface du dôme à 360°.



Figure 174 : *My Virtual Dream*, Kovacevic Natasha, Ritter Petra, Tays William, Moreno Sylvain, McIntosh Anthony Randal, 2013, installation géodésique et EEG

Les œuvres collectives de Rafael Lozano-Hemmer imagent bien ce que nous entendons par I² émotionnelles-publiques, bien qu'elles se limitent pour la plupart à des boucles de

¹⁰⁷⁹ KOVACEVIC Natasha, RITTER Petra, TAYS William, MORENO Sylvain, MCINTOSH Anthony Randal, « “My Virtual Dream”: Collective Neurofeedback in an Immersive Art Environment », *Plos One*, vol. 10, Article 7, Juillet 2015, p. 2.

¹⁰⁸⁰ *Ibidem*.

rétroaction physiologiques ou comportementales médiées (I^2 émotionnelles de deuxième degré). Par exemple, dans *Pulse Room* (2006, installation avec ECG) un électrocardiogramme détecte les variations de fréquence cardiaque des participants, lesquelles sont représentées par les premières rangées d'ampoules. À chaque fois qu'un nouveau rythme est enregistré, les pulsations précédemment enregistrées se décalent d'une rangée vers l'avant de la salle, composée au total de trois cent ampoules disposées au plafond dans un grand hangar. Par conséquent, à l'inverse des œuvres I^2 émotionnelles-groupales, les œuvres émotionnelles-publiques se désintéressent complètement du facteur identitaire. Dans *Pulse Room*, l'individu regardant à l'intérieur de la salle ne sait pas à qui appartiennent les rythmes cardiaques qui s'affichent. Toutefois, les participants n'ont pas non plus tout à fait disparu, puisque subsiste après eux une trace physiologique-lumineuse attestant immuablement de leur passage.



Figure 175 : *Pulse Room*, Rafael Lozano-Hemmer, 2006, installation avec ECG (photo de Mariana Yañez)

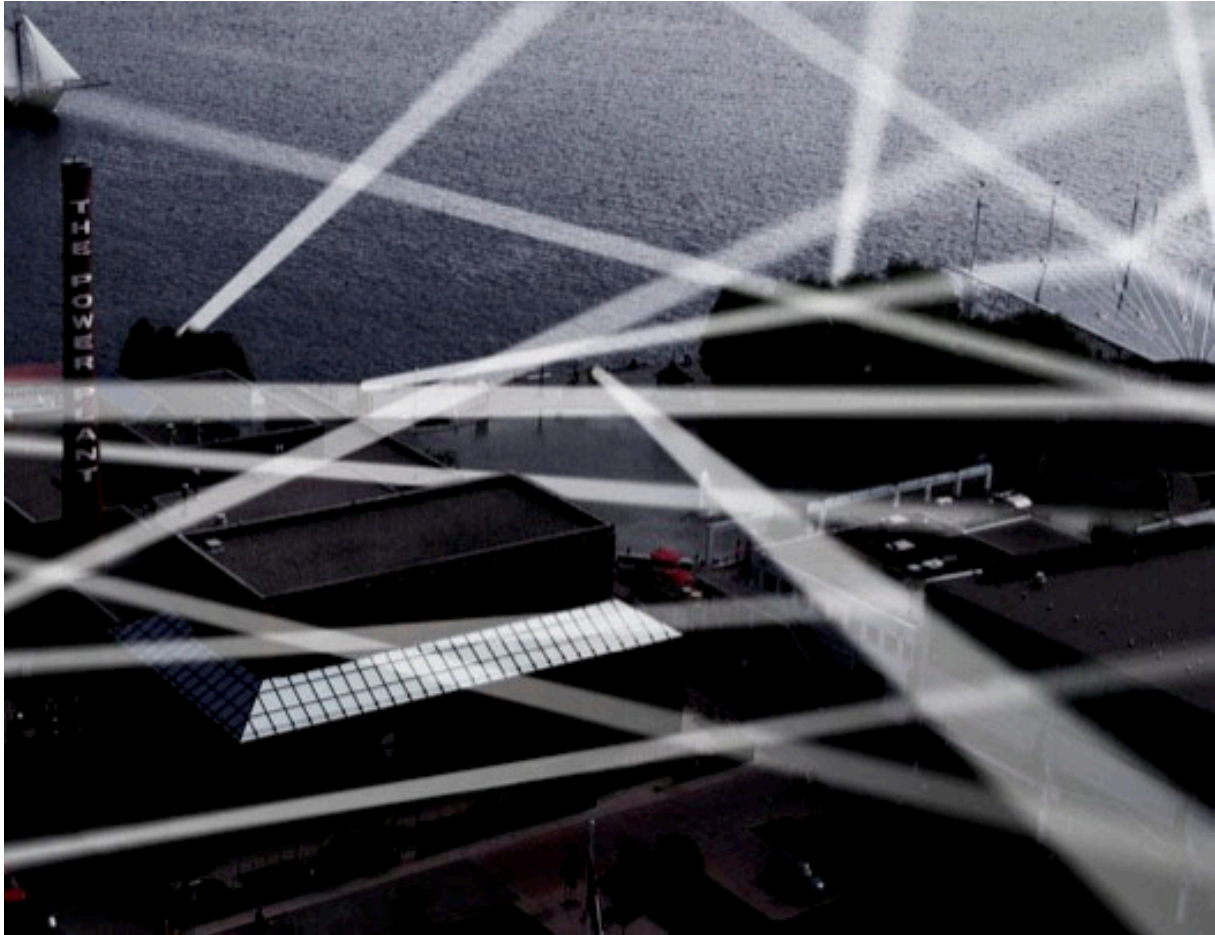


Figure 176 : *Pulse Front*, Rafael Lozano-Hemmer, 2007, installation avec ECG (photo de Antimodular Research)

Dans *Pulse Front* (Rafael Lozano-Hemmer, 2007, installation avec ECG), un dispositif d'I² émotionnelles-publiques, cette fois-ci réalisé en extérieur dans la ville de Toronto, est composé de dix faisceaux lumineux associés à des capteurs cardiaques. L'œuvre est constituée de structures métalliques capables de mesurer la fréquence cardiaque des passants, lorsque ces derniers entrent en contact avec elles. Dès lors qu'aucune personne n'interagit avec les structures, « la matrice lumineuse affiche les enregistrements du rythme cardiaque des 10 participants précédents¹⁰⁸¹ ». Le pouls des passants est ensuite exploité pour modifier la direction des faisceaux et l'intensité de la pulsation lumineuse : « L'effet résultant était une visualisation des signes vitaux, sans doute notre biométrie la plus symbolique, à une échelle immense et dans un cadre urbain¹⁰⁸² ». Plus tard, l'artiste reproduira une expérience similaire avec l'œuvre *Pulse Park* (2008, parc du Madison Square à New York) et *Pulse Corniche* (2015,

¹⁰⁸¹ - , « Pulse Front », *Lozano-hemmer*, publié entre 2007 et 2021, consulté le 28 Juin 2021, [https://www.lozano-hemmer.com/pulse_front.php].

¹⁰⁸² *Ibidem*.

corniche d'Abu Dhabi, installation avec ECG), qui exploitent également le pouls des passants afin de les transformer en faisceaux lumineux et de projeter ces signes physiologiques dans le ciel urbain. L'activité cardiaque des participants influence ici l'intensité et les mouvements de la lumière¹⁰⁸³. En revanche, dans *Open Air* (2012, promenade de Benjamin Franklin à Philadelphie, installation avec capteur de voix), les faisceaux lumineux réagissent à la fréquence et l'amplitude de messages vocaux - composés de « coups de gueule, poèmes, chansons, vociférations, dédicaces, propositions¹⁰⁸⁴ » - envoyés grâce à une application gratuite par les participants « Voices of Philly¹⁰⁸⁵ ».



Figure 177 : *Pulse Corniche*, Rafael Lozano-Hemmer, 2015, installation avec ECG
(photo de Antimodular Research)

¹⁰⁸³ - , « Pulse Corniche », *Lozano-hemmer*, publié entre 2015 et 2021, consulté le 28 Juin 2021, [https://www.lozano-hemmer.com/pulse_corniche.php]

¹⁰⁸⁴ - , « Open Air », *Lozano-hemmer*, publié entre 2012 et 2021, consulté le 28 Juin 2021, [https://www.lozano-hemmer.com/open_air.php]

¹⁰⁸⁵ *Ibidem*.



Figure 178 : *Open Air*, Rafael Lozano-Hemmer, 2012, installation avec mesures vocales (photo de Antimodular Research)

Enfin, l'œuvre *Voice Tunnel* (2013, installation avec capteur de voix) exploite également la dimension vocale des passants traversant le tunnel de Park Avenue à New York. La voix de chaque participant est enregistrée à partir d'un interphone et module l'intensité lumineuse d'un seul faisceau, en étant aussi émise par un haut-parleur situé près de cet éclairage. Lorsqu'un autre passant communique dans l'interphone, le faisceau lumineux du participant précédent se décale d'un rang à l'intérieur du tunnel. *In fine*, la trace vocale du premier participant disparaît puisque le tunnel ne peut contenir que soixante-quinze instances de voix.



Figure 179 : *Voice Tunnel*, Rafael Lozano-Hemmer, 2013, installation avec mesures vocales (photo de James Ewing)

Parce qu'elles ne sont pas réduites à des facteurs identitaires et au contraire qu'elles peuvent être partagées avec tout type d'individus (voir le chapitre 3), les I² émotionnelles-publiques sont des expériences artistiques à grande échelle, pouvant comprendre plus d'une centaine de participants. Elles ont lieu la plupart du temps dans des espaces qui sont « ouverts » aux non-avertis, tels que les festivals, les parcs, les quartiers ou les villes. Ainsi, les données corporelles se donnent à voir au monde extérieur, laissant planer quelques interrogations dans la tête des spectateurs et des participants : qu'est-ce que cette lumière ? à qui appartiennent ces données corporelles ? et qui s'en fait le témoin ?

La fusion des données corporelles en éléments esthétiques, ainsi que la grande échelle de diffusion du contenu émotionnel favorise finalement l'émergence d'une trace, qui n'est plus simplement perçue comme une trace de l'expérience immersive et interactive, mais davantage comme une trace anthropologique marquant les éléments naturels - ici le ciel - par la force¹⁰⁸⁶ simultanée du collectif. Cette trace biologique n'est pas sans provoquer un certain vertige, puisqu'elle est la manifestation d'un passage aussi fugace qu'un battement de cœur - quelqu'un est venu ici, puis a disparu - elle nous confronte ainsi à notre finitude. Dans certains cas (*Open Air*, par exemple), l'œuvre I² émotionnelles-publiques jouent aussi un rôle démocratique en devenant le porte-voix d'individus ordinaires dont l'appartenance identitaire est souvent noyée dans l'anonymat que provoque la représentation artistique. Lorsque la voix est transformée en lumière, il n'est en effet plus possible de distinguer d'indices biologiques ou sociaux-culturels tels que le genre, l'âge ou le milieu socio-économique de la personne qui parle (voir le chapitre 5).

3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons distingué les I² émotionnelles entre elles en prenant appui sur notre corpus d'œuvres. Celles-ci se divisent en quatre degrés progressifs d'immersion et interaction : (1) les I² émotionnelles de premier degré (avec modèle d'induction émotionnelles, mais sans capteur). Ce premier degré sera traité au cours de nos chapitres 8 et 9, consacrés aux modèles d'inductions artistiques en EV_Ext et EV_Pro, car il s'agit du mode I² émotionnelles le plus sollicité par les concepteurs-artistes. (2) Les I² émotionnelles de deuxième degré, avec capteur(s) mais sans modèle d'induction et d'analyse émotionnelles. Ces I² de deuxième degré ne sont pas à proprement parlé des I² physiologiques ou comportementales, car nous estimons que le cadre de notre recherche, artistique, implique *a minima* le phénomène émotionnel. (3) Les I² émotionnelles de troisième degré, avec capteur(s), avec discours émotionnel, mais sans modèle d'analyse des émotions. Enfin, les I² émotionnelles de quatrième degré (modèle le plus complet), c'est-à-dire avec capteur(s), avec modèles d'induction et d'analyse des émotions.

¹⁰⁸⁶ La convergence émotionnelle entre les individus et l'accentuation des ressentis individuels augmentent notamment l'intensité de cet impact émotionnel, voir chapitre 3.

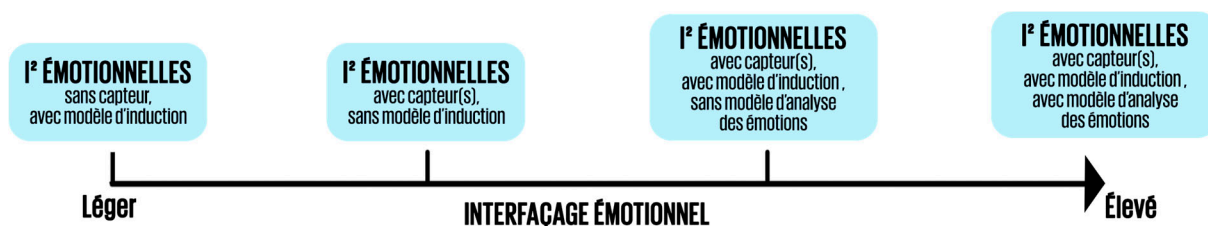
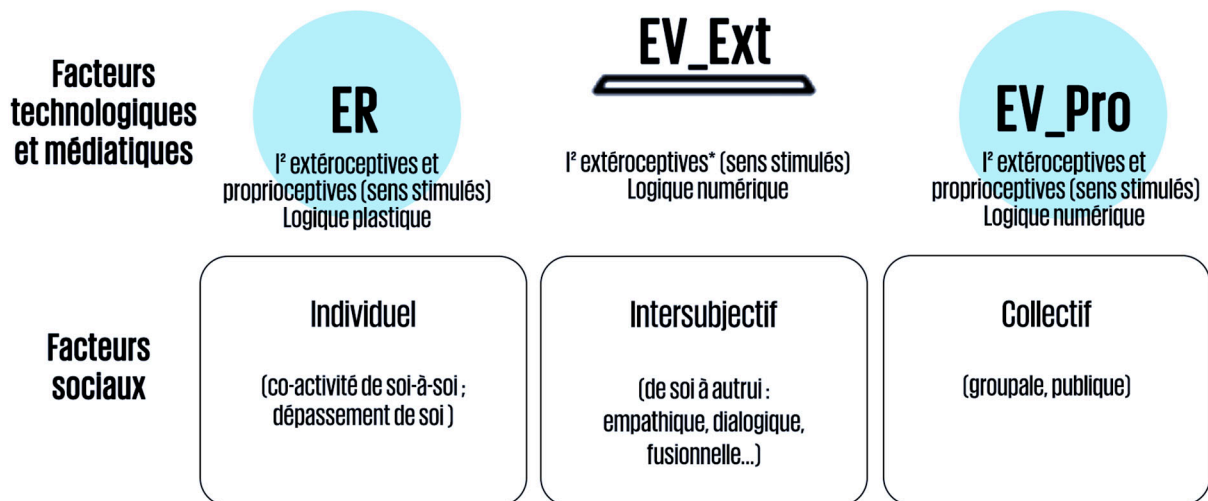


Figure 180 : Les quatre degrés d'immersion et d'interaction émotionnelles

Une deuxième approche, fondamentale pour notre étude, se focalise sur les conformations usagers-œuvres qui impactent aussi l'I² émotionnelles. Ces types de conformations sont les plus largement employées dans le cadre artistique :

- Une conformation usager(s)-œuvre en environnement réel, à l'intérieur de laquelle l'œuvre a une logique de création plastique (art de la performance, installations, etc.).
- Une conformation usager(s)-œuvre en environnement virtuel visuellement à distance, à l'intérieur de laquelle l'œuvre a une logique de création (majoritairement) informatique (cinéma numérique, jeu vidéo).
- une conformation usager(s)-œuvre en environnement virtuel avec immersion corporelle, à l'intérieur de laquelle l'œuvre a une logique de création (majoritairement) informatique (vidéo 360°, réalité virtuelle).



* quelques conformations en EV_Ext simulent aussi le touché, c'est le cas par exemple de certains jeux vidéos

Figure 181 : Schéma représentant les facteurs technologiques, médiatiques et sociaux à l'œuvre lors de l'élaboration d'œuvres usant de boucles de rétroaction médiées

Pour finir, à ces facteurs contextuels s'ajoutent des facteurs sociaux - l'œuvre s'expérimente-t-elle individuellement, à deux ou de manière collective ? - et artistiques - comment les données corporelles cheminant le long des boucles de rétroaction médiées, sont-elles exploitées artistiquement ? À ce titre, nous vous présentons des œuvres avec I² émotionnelles en nous intéressant cette fois-ci aux modalités d'échanges que l'utilisateur peut entretenir avec elles : des œuvres favorisant l'empathie, le dialogue, la fusion, l'appartenance identitaire ou la perception du corps social, etc. Ces trois critères - technologiques, sociaux et artistiques - nous permettent d'envisager les conditions de base de l'I² émotionnelles ainsi que la conformation œuvre-utilisateur(s) à la base de l'expérience autopoïétique.

Induction des émotions en environnement virtuel extéroceptif et artistique

Introduction

Au cours des chapitres précédents, nous avons évoqué les notions de base de l'I² émotionnelle, dans les contextes réels (ER), virtuellement à distance (EV_Ext), et virtuels avec immersion corporelle (EV_Pro). Ce cheminement avait pour objectif de conduire les concepteurs-artistes jusqu'au point qui, *a priori*, les intéresse le plus, celui de la création artistique avec I² émotionnelles. Dans ce chapitre et le suivant nous nous demanderons quelles sont les clés d'une création I² émotionnelle en EV_Ext et en EV_Pro ? Comment maîtriser l'induction émotionnelle lors du processus de création artistique ? En résumé, dans le cadre de notre recherche, la création artistique se mélange au concept de l'induction émotionnelle pour envisager un processus permettant de générer et de maîtriser un contenu émotionnel, par l'usage des outils artistiques, esthétiques, narratifs et fonctionnels, propres aux différents médiums et conformations en EV_Ext ou EV_Pro.

Dans ce chapitre, nous tenterons de répondre à cette question à travers l'examen d'un corpus d'œuvres issu du cinéma, des jeux vidéo et de la réalité virtuelle. Notre approche se divise en deux grands versants : l'approche sensorielle et l'approche artistique. Dans le cadre de notre thèse nous partons du premier, l'approche sensorielle, pour développer plus en détail le second, l'approche artistique :

- L'approche sensorielle, voire sensori-moteur (s'il y a une forme d'interactivité), investit le champ des sciences cognitives et de la physiologie pour comprendre ce qui peut générer le phénomène émotionnel au niveau des paramètres sonores, visuels, tactiles, proprioceptifs (proxémiques, par exemple) etc. qui constituent un contexte situationnel

« ordinaire », c'est-à-dire non construit artistiquement. Cette recherche a pour point de focalisation uniquement les sens qui sont interfaçables numériquement. Par conséquent, nous excluons l'odorat et le goût qui sont des sens chimiques, de notre champ d'investigation. Pour plus de détail sur ce versant, voir la partie 1 ainsi que les chapitres 4 et 5.

- L'approche artistique réfléchit quant-à-elle à la manière dont les artistes se saisissent de ces paramètres sensori-moteurs, cognitifs et fonctionnels pour produire des contenus et des formes émotionnelles, à travers l'usage des concepts esthétiques, narratologiques et fonctionnelles. Il s'agit donc du versant qui nous intéresse le plus et que nous aborderons donc dans le cadre de ce chapitre. L'approche artistique de l'induction émotionnelle se divise en trois sous-versants :

- Le versant narratif a pour objectif de comprendre la manière avec laquelle les émotions et la construction narrative s'entremêlent pour fonder l'expérience émotionnelle de l'utilisateur. Notre postulat de base s'appuie notamment sur le fait que l'expérience du récit par le lecteur, spectateur, participant, à avoir avec la manière dont celui-ci « éprouve le temps¹⁰⁸⁷ » par le biais de plusieurs formes d'anticipation de l'intrigue : suspense, curiosité, surprise, etc. Cette épreuve du temps est donc marquée par une « tension narrative » qui est un « phénomène qui survient lorsque l'interprète d'un récit est encouragé à attendre un dénouement, cette attente étant caractérisée par une anticipation teintée d'incertitude qui confère des traits passionnels à l'acte de réception¹⁰⁸⁸».

- Le versant esthétique, réfléchit le sujet de la création I² émotionnelle en fonction de ce qui peut être « senti ou perçu » (du grec, *aisthetikos*). Autrement dit, il aborde le sujet de l'art sous le plan premier de la sensibilité. L'esthétique est comprise par nous selon deux aspects : d'abord, l'esthétique fonde l'art comme une représentation du sensible (approche de la création artistique), ensuite, elle est une expérience qui mobilise les spectateurs ou les participants via l'acte de contempler ou de vivre une œuvre d'art (étude de la réception). Évidemment, l'expérience esthétique est à la croisée de plusieurs dimensions qui complètent l'œuvre observée, par exemple la subjectivité, la question « du goût », l'activité du jugement, et encore l'ineffable d'un ressenti (cf. alexythimie, au

¹⁰⁸⁷ BARONI, Raphaël, *La tension narrative. Suspense, curiosité et surprise*, Paris, Éditions du Seuil, 2007, p. 18.

¹⁰⁸⁸ *Ibidem*.

chapitre 5). Dans le cadre des deux prochains chapitres qui se consacrent à la création artistique associée aux modèles d'induction I² émotionnels, nous nous intéresseront à l'esthétique à travers les outils et pratiques émotionnelles propres aux différentes conformations, EV_Ext ou EV_Pro, qui font émerger des formes typiques du sensible : montage et montage spatialisé, cadrage et absence de cadre (ou cadre à 360°¹⁰⁸⁹), dynamique des plans, image en relief et environnement 3-D, etc.

- Les facteurs fonctionnels¹⁰⁹⁰ organisent les règles de l'expérience I² émotionnelles vécue par l'utilisateur. Dans le cadre du jeu vidéo, et d'un certain type de cinéma (le cinéma interactif), les images deviennent « plastiques » afin de se rendre aussi malléables, manipulables par l'utilisateur. Dans le cadre d'expérience en réalité virtuelle, les éléments « plastiques » sont aussi percevables en vision stéréoscopique par l'utilisateur grâce à un principe technique qui permet de percevoir la profondeur¹⁰⁹¹. Cette « plasticité » des images ou des environnements est décidée par les concepteurs-artistes à travers des notions de *design* : conception de niveau (ou cartes, *map*) d'expérience ou de jeu (*level design*), conception des règles et fonctionnalités d'expérience ou de jeu (*game design*), etc. que nous explorerons dans ce chapitre. Par conséquent, l'expérience participative, parfois vidéoludique, devient pour l'utilisateur un espace où « le percevoir est mêlé à l'agir¹⁰⁹² ». Cet « agir » est notamment élaboré à travers la notion de « flow » - état optimal de concentration, de motivation et *in fine* de plaisir du participant dans une expérience -, que nous envisagerons pour notre part en nous focalisant sur le versant émotionnel comme : un état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du participant dans une expérience (*flow* émotionnel).

¹⁰⁸⁹ Nous relativisons cet aspect dans la sous-partie dédiée.

¹⁰⁹⁰ Dans le cadre du jeu vidéo, les fonctionnalités de l'expérience sont dite « vidéoludiques », et sont nommées par les concepteurs-artistes « mécaniques de jeu ».

¹⁰⁹¹ Le cerveau compare les deux images (stéréoscopie reproduite par les visiocasques de réalité virtuelle) grâce à des indices de perception de la profondeur - ombres, taille, interposition des objets, etc. - et le système visuel traite l'image binoculaire sur de courtes distances (trois à quatre mètres environ) grâce au principe de convergence : les yeux « convergent » sur un objet unique et font ainsi sa mise au point. Dans le cadre de la réalité virtuelle, le principe d'accommodation - netteté de l'objet lors d'un déplacement en profondeur : vision de loin et de près, par exemple - est plus compliqué à réaliser puisqu'à l'inverse des objets vus en environnement réel, les objets perçus dans le visiocasque se situent toujours sur le même plan de l'écran.

¹⁰⁹² BONHOMME Stello, TALON-HUGON Carole, « Esthétique des jeux vidéo », *Nouvelle revue d'esthétique*, n° 11, 2013, p. 7.

Le cadre de ce chapitre est donc double, il consiste d'abord à concevoir des formes d'¹²émotionnelles dans les configurations EV_Ext afin de pouvoir ensuite les concevoir dans un prochain chapitre pour des œuvres configurées en EV_Pro (chapitre 9). Il s'agira donc de réfléchir à une transmission de codes narratifs, des grammaires esthétiques et des mécaniques d'expériences des EV_Ext (cinéma et jeu vidéo), vers les EV_Pro (réalité virtuelle). Notre recherche s'appuiera donc sur les postulats propres à ces deux configurations artistiques - l'environnement virtuel à distance (actif ou passif) et l'environnement virtuel avec immersion proprioceptive - pour essayer de concevoir la manière avec laquelle l'induction émotionnelle peut être rendue possible.

Pour finir, l'approche artistique du phénomène de l'induction émotionnelle suppose de faire valoir les paramètres esthétiques, narratifs et fonctionnels d'une typologie d'œuvre en EV_Ext. Elle a pour objectif de déterminer les ressources et les processus propres aux dispositifs virtuellement à distance qui sont nécessaires pour la création de contenus émotionnels et communication émotionnelle numérique. Nous prenons donc en compte qu'il existe une grande disparité de moyens esthétiques, narratifs, fonctionnels, d'une œuvre produite visuellement à distance (cinéma, jeu-vidéo), aux œuvres qui nous immergent corporellement (réalité virtuelle), des œuvres qui sont passives comme au cinéma ou actives comme dans le jeu vidéo, etc¹⁰⁹³. Nous partons évidemment du principe qu'une grande majorité des créations artistiques ont pour vocation de créer un contenu suscitant *a minima* un état émotionnel, ce que nous pouvons constater par exemple à travers l'élaboration des genres cinématographiques : le genre de l'horreur appelle majoritairement à l'émotion de peur, le genre de la comédie consiste surtout à générer une émotion de joie, le genre du drame, l'émotion de tristesse, etc. Il apparaît aussi que des approches filmiques réfléchissent aux liens entre émotions et cinéma. Wim Wenders par exemple, utilise le terme de « (E)motion pictures » pour parler du cinéma, le réfléchissant le cas échéant au prisme du mouvement et du langage affectif. « Les images sont fragiles. La plupart du temps, les mots ne les traduisent pas bien, et lorsqu'ils sont parvenus à

¹⁰⁹³ « Les conditions de la réception cinématographique sont celles d'un rapport « plutôt passif », puisqu'il n'y a pas d'action à exécuter par le spectateur dans le film, ou même *a minima* sur le film. Elle n'est pas strictement « passive » pour autant, le cerveau simulant en interne l'activité vue à l'écran via notamment les neurones miroirs, mais n'est pas non plus « active » puisque l'individu ne peut pas agir, c'est-à-dire, avec des gestes et des déplacements », Dedola, Léa, *Op. Cit.*, 2021b.

transporter l'image de l'autre côté, l'émotion s'est déjà épuisée. L'écriture doit être prudente avec les "(E)motion pictures"¹⁰⁹⁴».

Certaines théories sur l'Art traitent aussi du caractère émotionnel, tel que l'exemplifie l'hypothèse de la catharsis qui « désigne le processus par lequel la représentation de faits violents ou, plus généralement, capables de générer des émotions fortes (comme la peur) délivrerait le spectateur ou lecteur des effets néfastes de ces mêmes émotions et favoriserait son bien-être psychique ou son adaptation sociale¹⁰⁹⁵ ». En résumé pour traiter du phénomène de l'induction émotionnelle dans le cadre artistique en EV_Ext, nous nous appuyerons sur les deux grandes approches - que nous avons traitées tout au long de cette thèse - qui constituent les études cinématographiques, vidéoludiques ainsi que leurs liens avec les affects : une approche « centrée sur le langage » (le montage et les dynamiques de plan chez Sergueï Eisenstein, par exemple) et une approche centrée « sur la réception¹⁰⁹⁶» (Raymond Bellour¹⁰⁹⁷, Johannes von Moltke¹⁰⁹⁸), qui considère aussi la part d'Histoire et de culture des spectateurs et des participants.

Dans ce chapitre, notre approche se développe à partir des notions « effets émotionnels narratifs », qui abordent la question de l'induction émotionnelle sous le plan textuel du récit en général et de l'intrigue en particulier, à travers notamment le phénomène de la « tension narrative ». Nous parlerons ensuite des « effets émotionnels esthétiques », qui constituent une première forme ou typologie, esthétique, de contenus en capacité de générer le phénomène émotionnel chez l'utilisateur : épisodes émotionnels, effets esthétiques associés à l'intrigue, effets 3-D, etc. Enfin, nous parlerons « d'effets émotionnels fonctionnels » pour réfléchir aux aspects participatifs, interactifs, qui ont pour vocation de générer un contenu émotionnel désintéressé

¹⁰⁹⁴ WENDERS, Wim, *Emotion Pictures. Reflections on the Cinema*, Londres, Faber and faber, 1989, p. viii, *Ibid.*, p. 89.

¹⁰⁹⁵ MARX, William, « Catharsis », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 63.

¹⁰⁹⁶ TRUJILLO, Gabriela, « Cinéma », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 70.

¹⁰⁹⁷ BELLOUR, Raymond, *Le Corps du cinéma. Hypnoses, émotions, animalités*, Paris, P.O.L., « Traffic », 2009.

¹⁰⁹⁸ MOLTKE, Johannes V., « Sympathie for the Devil : Cinema, History and the Politics of Emotions », *New German Critique* 102, vol. 34, 2007.

de la progression du joueur dans l'expérience, car focalisé seulement sur son expérience esthétique et narrative (récompense émotionnelle).

1. Effets émotionnels narratifs dans les œuvres en environnement virtuel extéroceptif

Les « effets émotionnels narratifs » entremêlent des phénomènes affectifs à la construction d'un récit, pour fonder l'expérience émotionnelle de l'utilisateur. Ces phénomènes affectifs ne sont pas forcément des émotions de base au sens strict, mais aussi des états émotionnels (tel que l'humeur, par exemple) qui permettent le déclenchement de l'émotion désirée par le concepteur-artiste. En outre, il existe plusieurs manières d'aborder l'aspect textuel de l'induction des émotions, tel que « l'engagement affectif [...] envers le sort des personnages¹⁰⁹⁹ », qui convoque donc les notions d'empathie et de sympathie. Dans les EV_Ext, l'engagement affectif est surtout exploité - narrativement, esthétiquement et fonctionnellement - à travers la question du point de vue qui est adopté (point de vue subjectif), voire incarné (avatar). Nous traiterons donc ce sujet dans la partie dédiée aux effets émotionnels participatifs ou fonctionnels dans les EV_Ext (sous-partie 1.3). L'aspect textuel de l'induction des émotions convoque aussi des « effets esthétiques [...] associés à l'intrigue » comme l'immersion, le suspense, la curiosité, la surprise etc., et encore, « les rapports entre la valeur affective des événements et leur « racontabilité » (*tellability*)¹¹⁰⁰ ». La question de la racontabilité a notamment été développée par Monika Flüdernik à travers une perspective naturaliste élaborant « une théorie du récit qui ancre le phénomène de la narrativité dans une expérience de l'histoire, qui possède à la fois une dimension cognitive et affective¹¹⁰¹ ». Toutefois, nous ne traiterons pas de la question de la racontabilité dans le cadre de cette thèse, car elle constitue

¹⁰⁹⁹ BARONI, Raphaël, « Narratologie », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 267.

¹¹⁰⁰ *Ibid.*, p. 268.

¹¹⁰¹ FLUDERNIK, Monika cité par Baroni, Raphaël, *Ibid.*, p. 269-270 : « Pour le narrateur, l'expérientialité de l'histoire repose non pas tant sur les événements eux-mêmes que sur leur signification émotionnelle et sur leur nature exemplaire. Les événements deviennent racontables précisément parce qu'ils ont commencé à signifier quelque chose pour le narrateur à un niveau émotionnel. C'est cette conjonction de l'expérience revue, réorganisée et réévaluée qui constitue la narrativité ». Titre original : FLUDERNIK, Monika, « Natural Narratology and Cognitive Parameters », dans *Narrative Theory and the Cognitive Sciences*, D. Herman (dirs.), Stanford, CSLI Publications, 2003, p. 243-270.

pour nous une méthode d'écriture émotionnelle très particulière qui vise à l'expression des émotions à travers le texte (notamment à travers la figure du narrateur). La méthode qui nous intéresse le plus - puisqu'elle est plus générique - est celle de la « tension narrative » qui s'élabore à travers plusieurs formes de manipulation temporelle du récit (anticipation, rappel, etc.)

1.1 – La tension narrative

« Suspendus aux lèvres du conteur, incapables d'interrompre la lecture d'un livre qui nous passionne, tenus en haleine par un film ; nous faisons tous cette expérience quotidienne d'une impatience qui se complait en elle-même, de ce plaisir apparemment paradoxal que nous tirons de notre insatisfaction provisoire, de cette incertitude pleinement assumée face à un récit inachevé. Pour ne pas gâcher la jouissance de cette tension ludique, nous acceptons volontiers de ne pas interrompre le conteur pour lui demander d'en venir au fait, nous essayons de résister à l'envie (malgré la liberté que nous en avons) de sauter les pages du roman pour déceler la suite, nous nous privons de connaître par avance le dénouement du film que nous allons voir [...] Si une mode esthétique (et théorique) a tenté de nous convaincre que ce plaisir était honteux, on peut néanmoins avoir l'intuition que ce qui fait le cœur vivant de la narrativité réside précisément dans cette tension entretenue par le récit, dans ce nœud coulant, toujours plus serré à mesure que nous progressons dans l'histoire, qui nous attache à lui, qui creuse la temporalité par l'attente d'un dénouement incertain, par la crainte ou l'espoir qui en découle¹¹⁰² ».

Ces mots illustrent bien la manière avec laquelle les émotions et la narratologie s'entremêlent pour fonder l'expérience du spectateur, du lecteur ou du participant. Par ailleurs, la manière dont se construit cette expérience a quelque chose de similaire avec la notion d'état de « flow », que nous explorons dans une prochaine sous-partie, puisqu'elle considère le récit du point de vue de celui qui l'expérimente comme « la manière dont nous éprouvons le temps¹¹⁰³ ». Même si le concepteur-artiste conçoit un récit de manière globale et fini, celui-ci apparaît pourtant à l'interprète comme en devenir. Il s'actualise « pas à pas », en des « portions successives¹¹⁰⁴ », et c'est ainsi qu'il peut être à l'origine de plusieurs formes

¹¹⁰² BARONI, Raphaël, *Op. Cit.*, 2007, p. 17.

¹¹⁰³ *Ibid.*, p. 18.

¹¹⁰⁴ *Ibid.*, p. 91.

« d'anticipation¹¹⁰⁵ » de l'intrigue. Au sein de cette intrigue, la tension narrative représentera alors :

« le phénomène qui survient lorsque l'interprète d'un récit est encouragé à attendre un dénouement, cette attente étant caractérisée par une anticipation teintée d'incertitude qui confère des traits passionnels à l'acte de réception. La tension narrative sera ainsi considérée comme un effet poétique qui structure le récit et l'on reconnaîtra en elle l'aspect dynamique ou la « force » de ce que l'on a coutume d'appeler une intrigue. L'analyse de cet effet poétique se situe donc dans une perspective mettant en évidence la dimension émotionnelle des productions sémiotiques en général et des récits en particulier¹¹⁰⁶ ».

1.2 – Suspense et curiosité

Cette tension narrative se lie donc au temps et notamment à des effets d'anticipation. Dès lors, elle possède deux grandes formes textuelles : le suspense et la curiosité. Dans le cas du suspense, l'interprète va élaborer des pronostics à partir d'informations incomplètes :

« Il y a création d'un effet de suspense quand, face à une situation narrative incertaine dont l'interprète désire impatientement connaître l'issue, il y a un retardement stratégique de la réponse par une forme quelconque de réticence textuelle (fin de chapitre ou d'épisode, péripétie, ralentissement de l'action, relation chronologique ne comprenant pas de résumé synthétique dans la phase d'exposition, etc)¹¹⁰⁷».

L'intensité du suspense va dépendre fortement du contexte situationnel dans lequel est pris l'interprète - notamment si les conséquences pour le devenir du personnage sont significatives - et va alors renforcer le poids de ses incertitudes. Par exemple, dans le conte *La petite fille et les allumettes* de Hans Christian Andersen (1845), la tension narrative ne vient pas tant du fait que l'allumette parvienne à s'allumer ou non, elle provient surtout du contexte situationnel dans lequel est pris le personnage : si la petite fille n'allume pas une allumette, elle risque de mourir de froid (les conséquences sont donc significatives) :

¹¹⁰⁵ *Ibid.*, p. 92.

¹¹⁰⁶ *Ibidem.*

¹¹⁰⁷ *Ibid.*, p. 99.

« Il faisait vraiment très, très froid ce jour-là ; il neigeait depuis le matin et maintenant il faisait déjà sombre ; le soir approchait, le soir du dernier jour de l'année. Au milieu des rafales, par ce froid glacial, une pauvre petite fille marchait pieds nus dans la rue [...] Si je prenais une allumette, se dit-elle, une seule pour réchauffer mes doigts ? ¹¹⁰⁸ ».

Le suspense va donc de « la cause¹¹⁰⁹ » - la petite fille aux allumettes va tenter de se réchauffer malgré le fait qu'il fasse très froid - aux « effets » : que va t'il se produire ? Va-t-elle y parvenir ou va-t-elle succomber au froid ?

Dans le cas de la curiosité, qui est aussi une « représentation provisoire obscure et ambiguë de la situation narrative¹¹¹⁰ », l'interprète va plutôt entamer une démarche « rétrospective¹¹¹¹ » : « il y a création d'un effet de curiosité quand on constate que la représentation de l'action est incomplète¹¹¹² ». La curiosité va « de l'effet », un appartement en ruine dans notre expérience *Quand le cœur se serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2021), constitués aussi d'indices parsemés dans la scène (le tableau de *Melancholia*, au-dessus du canapé), « à la cause¹¹¹³ » : la Lune a frappé la Terre, provoquant dans le même temps la fin du monde.

Pour Raphaël Baroni à chaque paradigme se liant à une poétique de l'intrigue correspond un « type d'émotion » ou un type « de fonction thymiques¹¹¹⁴ », autrement dit une « humeur », une « disposition affective de base¹¹¹⁵ ». Ainsi, le suspense qui associe l'incertitude à l'anticipation, peut être « marqué par la crainte [l'angoisse], la pitié (la sympathie) ou par l'espoir¹¹¹⁶ » (la tonalité thymique du suspense).

¹¹⁰⁸ ANDERSEN, Hans Christian, « La petite fille et les allumettes » [1845], *Contes d'Andersen*, trad. Par David Soldi, Paris, Hachette, 1876, p. 157-161.

¹¹⁰⁹ Tzevtan Todorov cité par Raphaël Baroni, *Ibid.*, p. 101.

¹¹¹⁰ *Ibid.*, p. 98.

¹¹¹¹ *Ibid.*, p. 101.

¹¹¹² *Ibid.*, p. 99.

¹¹¹³ Tzevtan Todorov cité par Raphaël Baroni, *Ibid.*, p. 101.

¹¹¹⁴ *Ibid.*, p. 253.

¹¹¹⁵ *Ibid.*, p. 20.

¹¹¹⁶ *Ibid.*, p. 257.

Tableau 182 : Dimensions rhétorique, thymique et cognitive de la tension narrative dans Baroni (2007)

Stratégie « rhétorique » de la mise en intrigue	Relation chronologique d'un événement marqué par une « disjonction de probabilité »	Représentation provisoirement obscure d'une situation narrative
Type de tension narrative qui affecte l'interprète	Suspense	Curiosité
Type d'activité cognitive mise en œuvre dans l'interprétation	Pronostic : Interprétation « descendante » visant à anticiper le développement futur de la « fabula »	Diagnostic : Interprétation visant à désambiguïser une situation narrative présente ou passée

Les effets de suspense et de curiosité prennent alors la forme d'une courbe qui dessine les éléments de la tension narrative, oscillant en intensité et pendant un temps donné. La tension débute à « l'actualisation d'un nœud » narratif à partir duquel le spectateur va tenter d'anticiper la suite. Il l'anticipe soit par « diagnostics¹¹¹⁷ », auquel cas le film appellera plutôt à la curiosité du spectateur qui tentera de déduire à partir des indices narratifs « d'un événement actuel ou passé¹¹¹⁸ », le dénouement de l'histoire. Soit par « pronostics », auquel cas le film sollicitera plutôt un effet de suspense, qui tend à narrer « un événement dont le déroulement futur est incertain¹¹¹⁹ ». Dans le cadre de la création filmique, cette figure du « suspense » pourrait correspondre au principe du « fusil de Tchekhov » qui consiste à montrer la présence d'un élément (le fusil) dans le récit, dans l'objectif de lui donner un intérêt souvent fondamental dans la suite de l'histoire (un personnage trouve le fusil et tire sur l'antagoniste du héros afin de le sauver *in extremis*). À l'origine, cette approche dramatique était plutôt une injonction aux concepteurs-artistes, afin que tous les éléments de la narration soient utiles au récit. Toutefois, nous pouvons faire l'hypothèse que certains spectateurs - par l'expérience répétée qu'ils ont fait au cinéma des nombreux « fusils de Tchekhov » - ont très bien compris son fonctionnement narratif. Face à des spectateurs avertis, le fusil de Tchekhov ne générerait donc plus de la « surprise » mais plutôt une forme anticipatrice de suspense : le spectateur perçoit un gros plan sur un verre de lait (*Souçons*, Alfred Hitchcock, 1941, film), il sait alors que celui-ci aura un

¹¹¹⁷ *Ibid.*, p. 432.

¹¹¹⁸ *Ibidem.*

¹¹¹⁹ *Ibidem.*

rôle futur dans l'histoire, il émet donc des pronostics sur le rôle que va jouer cet élément dans l'histoire. Finalement, le spectateur sera pris à son propre piège car en fait, rien ne se passe avec ce verre de lait. En effet, Alfred Hitchcock était aussi bien connu pour créer des effets de « Mac Guffin » - un élément de la narration attire l'attention des personnages, toutefois il a pour seule importance d'être le « moteur » du récit (un enjeu narratif) - et de moquer ainsi le spectateur en quête de rationalité filmique. Un autre exemple de Mac Guffin peut être retrouvé dans *Citizen Kane* réalisé par Orson Welles et écrit par Herman J. Mankiewicz (1941, film), lorsque Charles Foster Kane (Orson Welles), un magnat des médias, prononce avant de mourir le mot-clé « Rosebud ». En dépit des tentatives d'un journaliste (Thompson), de découvrir la signification de ce terme, « Rosebud » restera mystérieux jusqu'à la fin du film. En quête de réponse, Thompson reconstituera toutefois la vie du personnage de Charles Foster Kane à travers le récit de plusieurs témoins.

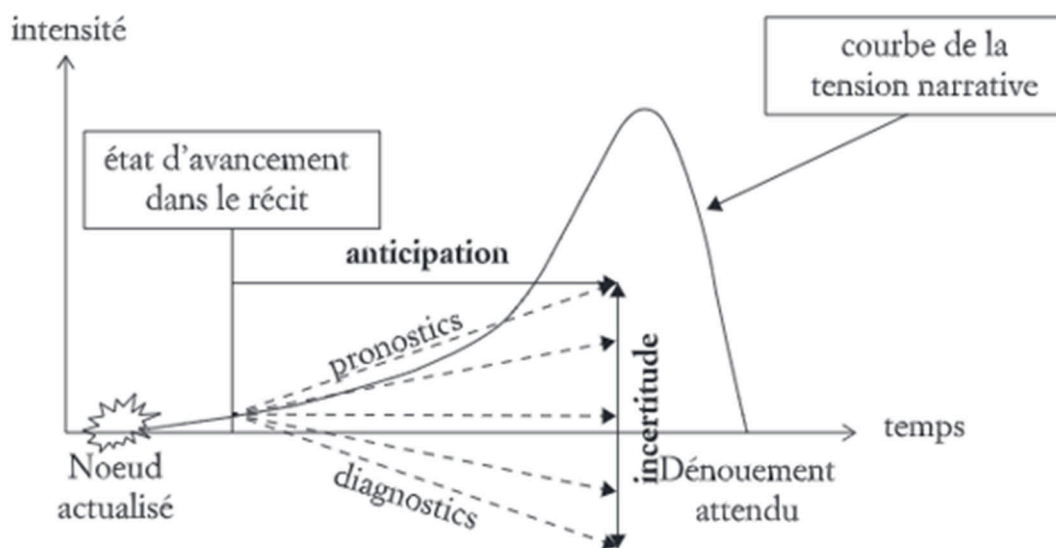


Figure 183 : Courbe de la tension narrative (suspense et curiosité) d'après Raphaël Baroni (2007)

À ces deux formes émotionnelles narratives, s'ajoutent deux sous-catégories qui nous permettent d'en nuancer les effets : le rappel et le suspense contradictoire. Dans un premier cas, la tension narrative s'élabore aussi sur ce principe de répétition, le « rappel¹¹²⁰ », mais qui repose sur « l'attente impatiente du retour connu¹¹²¹ ». Dans un second cas, le lecteur connaît

¹¹²⁰ *Ibid.*, p. 286.

¹¹²¹ *Ibid.*, p. 288.

aussi déjà l’histoire, toutefois il pourrait quand même ressentir une forme de suspense, jugée donc par Raphaël Baroni comme paradoxale : « le suspense est fondamentalement lié à une incertitude, [...] existence d’un phénomène paradoxal : les sujets seraient capables de ressentir du suspense même dans un contexte qui implique une répétition du texte, ce qui devrait par conséquent réduire à néant les incertitudes de l’intrigue¹¹²²». Le spectateur, lecteur ou participant se « prendrait au jeu du récit » (théorie de la feintise) et ferait ainsi « semblant de ne pas connaître la suite des événements¹¹²³ ». Par conséquent, dans un deuxième cas de figure - le suspense contradictoire - la répétition annule complètement le fonctionnement traditionnel du suspense parce que, comme nous l’avons vu précédemment, celui-ci se lie d’abord à une forme d’incertitude. Ici, la tension narrative ne repose pas sur la contradiction qui est liée au savoir/non-savoir de l’histoire, autrement dit, elle se désintéresse d’un récit provoquant l’incertitude ou la crainte (suspense ou curiosité). Elle repose sur une opposition entre le « savoir » et le « vouloir » de l’histoire, en prenant en compte l’attachement du lecteur pour tel ou tel élément du récit et en particulier du personnage : « le fait que l’on peut s’émouvoir du destin inéluctable d’un héros tragique et désirer une issue heureuse tout en sachant que celle-ci n’a aucune chance de se réaliser¹¹²⁴ ».

Tableau 184 : Les modalités de la tension narrative dans Raphaël Baroni (2007)

Tension narrative ... anticipation ...			
... mêlée d’incertitude liée à une contraction en savoir et vouloir : Suspense par contradiction	... liée à l’attente du retour d’évènement connus : Rappel
... fondée sur un diagnostic de la situation narrative : Curiosité	... fondée sur un pronostic de la situation narrative : Suspense		
Infirmation de l’anticipation : Surprise			

1.3 - Surprise

¹¹²² *Ibid.*, p. 279.

¹¹²³ *Ibidem.*

¹¹²⁴ *Ibid.*, p. 286.

En comparaison du suspense et de la curiosité qui se définissent à travers la durée, la surprise se définit par la soudaineté, la nouveauté et son imprévisibilité dans le récit. Aussi, la surprise permettrait au concepteur-artiste de « relancer l'attention¹¹²⁵ » du spectateur ou du participant. De ce fait, pour Raphaël Baroni, la surprise « n'est pas en mesure de configurer une intrigue, mais plutôt de connoter ses “moments forts”, qui correspondent souvent au surgissement du “nœud” ou du “dénouement”¹¹²⁶». À titre d'exemple, à la fin de *Jurassic Park* (Steven Spielberg, 1993, film) un T-rex apparaît *deus ex machina* - ou surgit dans le nœud du dénouement de l'histoire - et sauve les protagonistes alors en proie à un couple de vélociraptors. Dès lors, la surprise adopte trois formes narratives, qui constituent autant de moyens à utiliser pour les concepteurs-artistes afin de provoquer l'émotion chez le lecteur, spectateur ou participant à travers un récit :

1. Avec la surprise dans le nœud, « la complication actionnelle qui noue l'intrigue dépend fondamentalement de la rupture d'une régularité qui fait sortir l'action de son cours prévisible¹¹²⁷ ». *Body Double* (Brian De Palma, 1984, film) par exemple, est un film qui tente de déstabiliser le regard spectral en enchaînant des « illusions » et des « trucages » cinématographiques. *Body Double* s'ouvre sur un décor de film de genre - personnage du vampire, cimetière, cri de loup etc. - accentuant la dimension imaginaire de la séquence.

¹¹²⁵ SIMHA, Suzanne. « Surprise », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 429.

¹¹²⁶ BARONI, Raphaël, *Op. Cit.*, 2007, p. 296.

¹¹²⁷ *Ibid.*, p. 297.



Figure 185 : *Body Double*, Brian De Palma, 1984, film

La caméra découvre la scène progressivement en travelling arrière, jusqu'à dévoiler la supercherie au spectateur : nous sommes à l'intérieur d'un studio de cinéma (illusion de la profondeur et facticité du décor). Il ne s'agit pas d'un film de vampire, mais d'un film qui parle du cinéma, qui parle de lui-même (mise en abyme) et qui parle des acteurs. En trompant ainsi le spectateur sur le déroulement de l'intrigue (illusion de la continuité du récit), Brian De Palma souligne l'impression que le cinéma est d'abord un art de la falsification du réel. *Body Double* n'est pas un film de vampire, il s'agit d'un film qui interroge sur la question de l'acteur et du personnage qu'il incarne : l'action sort donc ici de son cours prévisible. Il questionne la manière dont les deux se confondent sous le regard de la caméra et du spectateur : quand nous regardons un film est-ce que nous voyons un acteur, un personnage, ou les deux ?

2. La surprise dans l'attente du dénouement (rebondissement) est un « retournement imprévu de situation, un "faux dénouement", ou un "coup de théâtre" permettant avant tout d'augmenter la tension narrative en repoussant la survenue du dénouement ». À cette fin, l'intrigue ajoute « de nouvelles péripéties, de nouvelles séquences enchâssées, de nouveaux "nœuds secondaires" ¹¹²⁸ ». Dans *Seven* de David Fincher, (film, 1995), le spectateur pense que l'histoire se résout lorsque les détectives David Mills (Brad Pitt) et William Somerset (Morgan Freeman) parviennent à arrêter le psychopathe John Doe (Kevin Spacey). Toutefois il s'avère

¹¹²⁸ *Ibid.*, p. 298.

que le récit ne se termine pas ainsi, puisque David Mills retrouve dans une dernière séquence, la tête de sa femme (Gwyneth Paltrow) dans une boîte. Le dénouement appartient donc finalement à John Doe, qui parachève dans le même temps son plan machiavélique : réaliser les sept péchés capitaux.

3. Une dernière forme narrative de la surprise, consiste à l'introduire directement dans le dénouement (*plot twist*). Au début du film *Sixième Sens* (M. Night Shyamalan, 1999), Malcolm (Bruce Willis) se fait tirer dessus, sa femme appelle une ambulance et la séquence introductive se conclut ainsi sur un fondu. Nous retrouvons pourtant le personnage de Malcolm dans la scène suivante - et continuons d'ailleurs de le voir tout au long du film - suggérant par effet de montage (ellipse) que celui-ci a survécu. Toutefois, le dénouement final permettra au spectateur d'apprendre que Malcolm était en fait mort depuis le début : le film infirme donc ce que le spectateur anticipait du récit par l'usage de cet effet de surprise. En effet, quand la réponse donnée par le texte, le film ou l'expérience infirme les pronostics ou diagnostics de l'interprète, la « surprise peut amener une réévaluation complète de la séquence¹¹²⁹ », voire ici du film entier, ce qu'il est fréquent de faire avec les films de M. Night Shyamalan.

2 - Effets émotionnels esthétiques dans les œuvres en environnement virtuel extéroceptif

2.1 – *Arts plastiques : « motion » et « emotion »*

Quand bien même notre thèse se focalise sur les liens intermédiaires entre les expériences virtuelles, l'induction des émotions dans le contexte artistique ne date pas de l'apparition des technologies numériques. En environnement réel, des artistes ont souhaité « simuler » des sensations et des affects particuliers à travers leurs œuvres, telles que le mouvement et le relief, afin de susciter une réaction émotionnelle chez le spectateur ou le participant. Ces œuvres correspondent au premier degré d'immersion, voire d'interaction, émotionnelles - sans capteurs, avec un modèle d'induction émotionnel - impliquant donc un discours et une conformation usager-œuvre, sur le mode émotionnel. À ce titre, nous retrouvons des œuvres précurseurs de l'art cinétique telles que le *Modulateur-espace-lumière* (1930) de Laszlo

¹¹²⁹ *Ibid.*, p. 123.

Moholy-Nagy, qui composée de cent-seize lampes colorées aspire à interagir avec son environnement d'exposition par l'usage de la lumière.

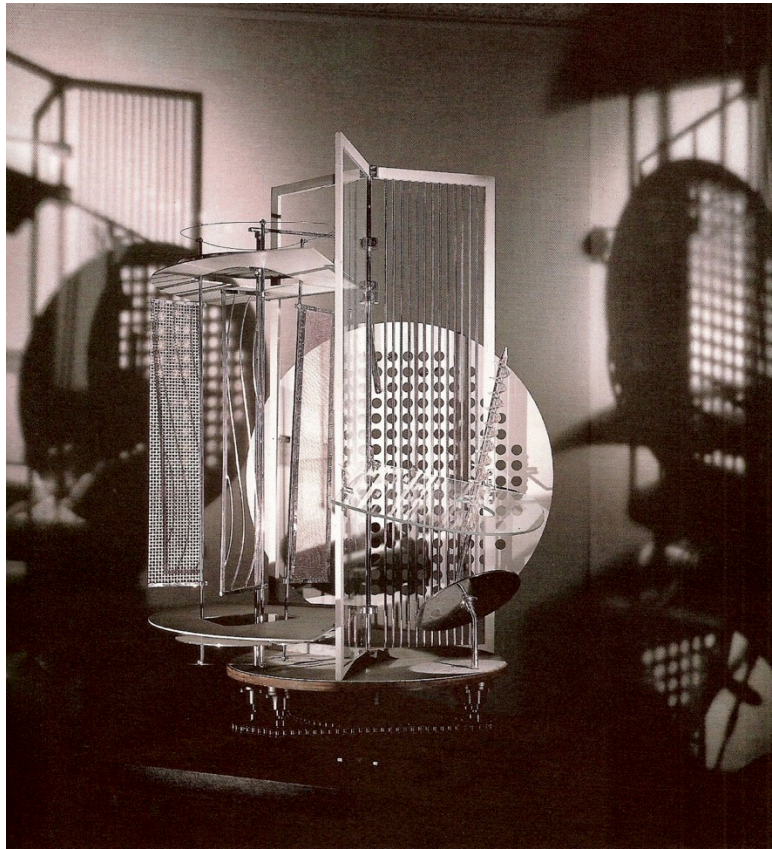


Figure 186 : *Modulateur- espace-lumière*, Laszlo Moholy-Nagy, 1930

Vingt-cinq en plus tard, en 1955, Victor Vasarely institue la pratique de l'art cinétique par l'écriture du « manifeste jaune » et à l'intérieur duquel il dit : « l'avenir nous réserve le bonheur en la nouvelle beauté plastique mouvante et émouvante » (voir le manifeste jaune en annexe). L'exposition *Le Mouvement*, dans lesquelles étaient publiées ces « Notes pour un manifeste », a notamment participé à l'affirmation de ce courant artistique, en exposant les œuvres de Victor Vasarely, Marcel Duchamp, Robert Jacobsen, Pol Bury, Alexander Calder et Jean Tinguely. Aussi, les illusions d'optique, champ d'expérimentation esthétique pour Marcel Duchamp - *Anemic Cinema* en 1925, les *Rotoreliefs* en 1935, par exemple - préfigurent le courant de l'Op Art qui s'appliquera à la recherche plastique sur la perception humaine dans les années 1960, aux États-Unis. Dans le cas de l'Op Art, les effets optiques produits par l'œuvre émergent de sa qualité d'abstraction, alors que dans l'art cinétique, ils proviennent davantage

du mouvement¹¹³⁰. Les œuvres constituant l'Op Art utilisent des phénomènes optiques afin de parfaire une expérience « physique de la vision », ainsi elles mettent l'accent sur l'aspect « rétinale » et la dimension « haptique¹¹³¹ » de l'œil afin de créer « une sensation visuelle » (« a visual sensation¹¹³² »).

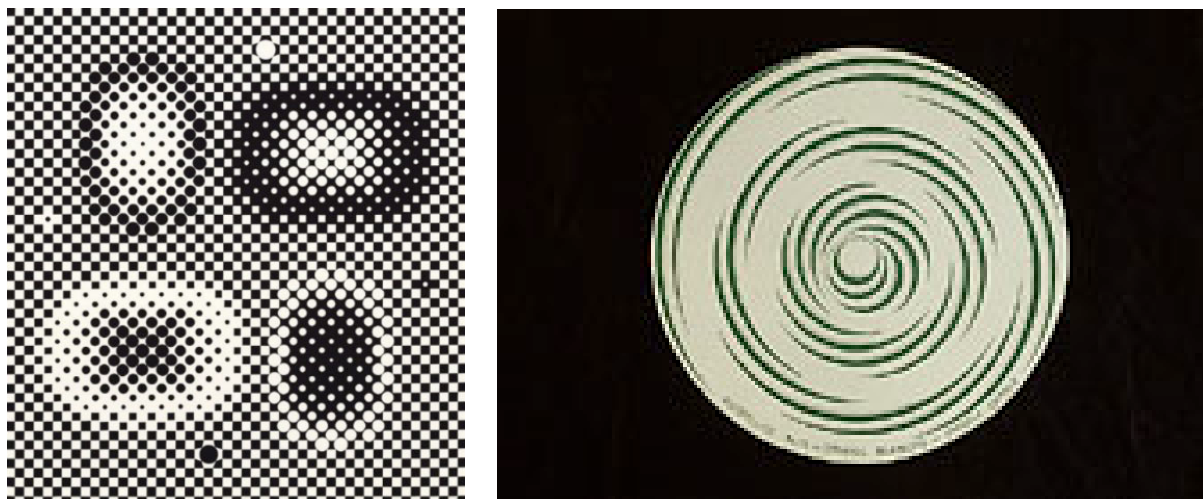


Figure 187 : (à gauche) Victor VASARELY, *Metagalaxie*, 1959-1961
(à droite) Marcel DUCHAMP, *Rotoreliefs*, 1935

L'Art Cinétique (1955) et l'Op Art (1959-1961) sont considérés par nous comme des œuvres pionnières sur le mode I² physiologiques, comportementales, voire émotionnelles. Les pratiques et les discours qu'elles ont instigués dans le champ artistique sont aujourd'hui prolongés, notamment au cinéma, à travers des procédés tels que la 3-D stéréoscopique (l'image en relief), les écrans larges (*wide-screen*) qui sollicitent le spectateur sur le plan corporel, jusqu'au point d'avoir sur lui un bref impact proprioceptif¹¹³³. Elles font aussi état d'une

¹¹³⁰ Une œuvre mettant en scène ces deux pratiques artistiques est qualifiée « d'optico-cinématique ».

¹¹³¹ RIEUSSET-LEMARIÉ, Isabelle, « Entre la "main de l'œil" et l' "œil digital", proximité et profondeur : la dimension haptique à l'horizon du Cinéma 3D et des acteurs virtuels », *Entrelacs*, 2013. [<http://entrelacs.revues.org/538>].

¹¹³² SEITZ William C., *The Responsive Eye*, MoMa, 1964 (publication en 1965), Catalogue d'exposition, p. 17.

¹¹³³ « Le spectateur est situé au centre de l'image, qui l'entourne de toutes parts, il en résulte des sensations d'espace totalement inédites » MANNONI Laurent, *De Méliès à la 3D : La machine cinéma*. Paris, Lienart, 2016, p. 230.

continuité avec les approches esthétiques comme « l'image haptique » deleuzienne¹¹³⁴, la « dynamique des plans¹¹³⁵ », la « ségrégation des espaces¹¹³⁶ », les « effet 3-D¹¹³⁷ », etc.

Le point commun entre toutes ces œuvres serait donc de générer des effets sensoriels, voire émotionnels, et de les définir comme choix et lieux de l'expérience artistique. Par conséquent, la création du contexte situationnel émotionnel ou modèle d'induction artistique, est permise grâce à différents facteurs qui organisent notre réflexion en amont :

- Les facteurs esthétiques¹¹³⁸ dédités technologies étudiées : par exemple, des images « déformées » par anamorphose, « en relief », des sons holophoniques, des sensations haptiques, proprioceptives (effet « 3-D »), etc.

- Les facteurs environnementaux et les facteurs d'exposition : œuvre plastique, analogique ou numérique, immersive, passive, (inter)active ou (co-)active, dans des configurations individuelles, intersubjectives ou collectives, rurales, muséales, etc. Nous avons notamment communiqué et publié ce versant de notre recherche dans un colloque organisé par l'Université de Besançon¹¹³⁹ et dans deux articles publiés par *Savoir en Prisme*¹¹⁴⁰ et la *Small Walker Press*¹¹⁴¹.

¹¹³⁴ DELEUZE Gilles, *Logique de la sensation*, Paris, Edition du Seuil, 2002, p. 146.

¹¹³⁵ EISENSTEIN, Sergueï M., « Du cinéma en relief », *Eisenstein, Le mouvement de l'Art*. Paris, Editions Du Cerf, 1986, p. 101.

¹¹³⁶ METZ Christian, « Le signifiant imaginaire », *Communications*, n° 23, 1977, p. 45.

¹¹³⁷ BARNIER Martin, KITSOPANIDOU Kira (dir.), *Le Cinéma 3-D : histoire, économie, technique, esthétique*, Paris, Armand Collin, 2015, p. 123.

¹¹³⁸ Les facteurs fonctionnels organisent les règles de l'expérience ainsi que la participation de l'utilisateur. Dans le secteur du jeu vidéo, les fonctionnalités de l'expérience sont dite « vidéoludiques », et sont nommées par les concepteurs-artistes « mécaniques de jeu ».

¹¹³⁹ DEDOLA, Léa, « Pour une actualisation de la notion hétérotopique à l'ère du numérique : Quid des "contre-espaces" de réalité-virtuelle ? », *Modernité des hétérotopies*, Besançon, Juin 2021d, Actes à paraître.

¹¹⁴⁰ DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021a, p. 137-157.

¹¹⁴¹ DEDOLA, Léa. « Modalités et défis de l'expérience patrimoniale en réalité virtuelle : réflexions autour du corps recevant », dans Carmela Colella, Tamara El-Hoss, Catherine Parayre (dirs.), *L'impact du numérique : texte/images en littérature et dans les arts*. Brock University : Niagara Region, Small Walker Press, 2021c, p. 116-129.

2.2 - Épisodes émotionnels au cinéma

Les environnements virtuels visuellement à distance tels que le cinéma ou le jeu vidéo, sollicitent à leur manière les notions de plan et leurs composantes¹¹⁴² :

- La durée du plan.
- L'angle de prise de vue : frontale, plongée, contre-plongée, etc.
- La fixité ou mouvement de la caméra, de l'objectif : travelling, panoramique, mouvement de grue, zoom, travelling compensé, etc.
- Les échelles de plan, qui déterminent en somme la place de la caméra par rapport à l'objet filmé : plan général, plan d'ensemble, plan moyen, plan italien, plan américain, plan rapproché (épaule ou taille), gros plan, très gros plan (ou insert), etc.
- Le cadrage, autrement dit la manière dont s'organisent l'espace et les objets filmés dans le champ de la caméra, mais aussi ce que le cadre occulte (les hors-champs), ce qui est omis ou caché au spectateur.
- La profondeur de champ ou profondeur de l'image, définit en plusieurs plan : premier plan, second plan, arrière-plan, etc.
- La définition de l'image : noir et blanc, couleur, grain de l'image, etc.

Les choix de composition de plans vont orienter différemment le spectateur ou le participant sur ce qu'il comprend et ressent des personnages - la contre-plongée sur Batman par exemple soulignera sa grandeur et sa force¹¹⁴³ et encore le « plan subjectif » permettra de se mettre *à la place* du personnage (visuellement) - et du récit, ce qui se déroule dans une scène dépendant par exemple des éléments mis en « champ » et en « contre-champ ». Une fois « composés », les plans sont par la suite « montés » dans un ordre qui influence ce que le spectateur ou le participant comprend et ressent au cours de l'expérience. Dans le cadre du jeu vidéo, le montage est un peu différent puisqu'il dépend aussi des actions du joueur, mais nous

¹¹⁴² GOLIOT-LÉTÉ Anne, VANOYE Francis, *Précis d'analyse filmique*, 2^e ed., Paris, Armand Colin, 2010, « 128 : La collection universitaire de poche », p. 29.

¹¹⁴³ Toutefois, il existe des contre-exemples à cette règle (rien n'est immuable en art). Par exemple, dans le dernier *The Batman* de Matt Reeves (2022), Batman (Robert Pattinson) est présenté en contre-plongée sur un building au-dessus du vide. Seulement, il a peur - le son de sa respiration est accentué pour nous le signifier - car doit sauter pour échapper à ses poursuivants : le plan en contre-plongée révèle ici sa faiblesse et sa crainte. Aussi, lorsqu'il saute, une vue subjective témoigne du danger qui l'accable.

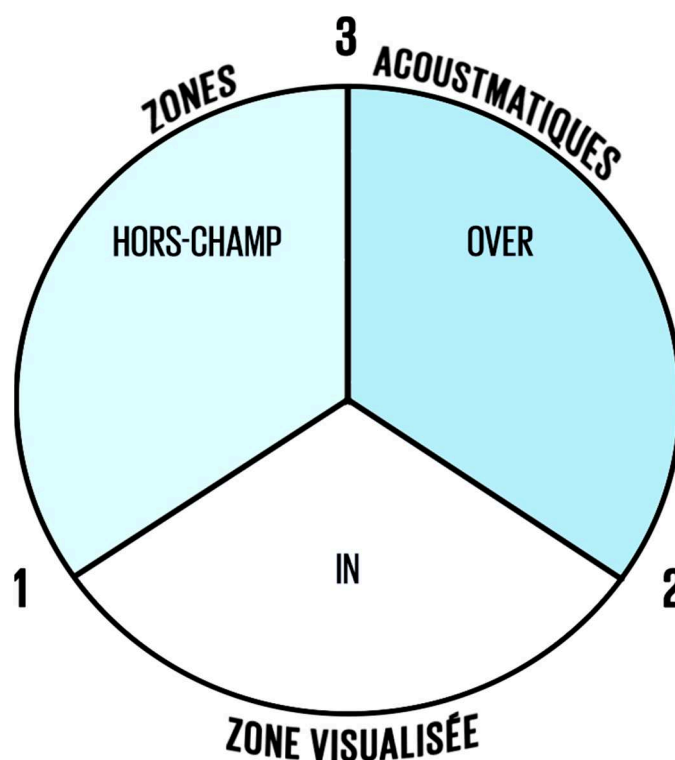
y reviendront en fin de sous-partie. Les environnements virtuels visuellement à distance tels que le cinéma ou le jeu vidéo, sollicitent aussi à leur manière les notions de séquence¹¹⁴⁴, de son et leurs composantes à travers des éléments de forme tels que¹¹⁴⁵ :

- La séquence ordinaire : comporte des ellipses temporelles plus ou moins importantes, néanmoins l'histoire est présentée de manière chronologique.
- La séquence alternée : montre en alternance deux ou plus de deux actions simultanées.
- La séquence en parallèle, montre en alternance deux ou plus de deux ordres de choses, sans lien chronologique et sert à établir par exemple, une comparaison.
- La séquence peut être qualifiée de « en extérieur », « en intérieur » et aussi, « de jour » ou « de nuit ».
- La séquence peut être strictement visuelle ou « dialoguée », et autrement qualifiée aussi « d'action » ou à l'inverse « d'inaction », « de tension » ou de « détente », « en mouvement » ou « immobile », etc.
- Le son (paroles, bruits et bruitages, musiques) peut être « in » auquel cas la source sonore est présente à l'image.
- Le son hors-champ est diégétique, la source sonore n'est pas visible à l'écran, toutefois le son est produit dans le monde de l'histoire.
- Le son peut être « over » ou « extradiégétique » si la source sonore n'est pas visible à l'écran et s'il n'existe aucune relation avec l'espace diégétique¹¹⁴⁶.

¹¹⁴⁴ *Ibid.*, p. 29-30.

¹¹⁴⁵ *Ibid.*, p. 40.

¹¹⁴⁶ Tri-cercle des sons de CHION, Michel, *L'audio-vision*, Paris, Éditions Nathan, 1990, « collection Nathan-Université », p. 66. Toutefois, nous préférons au terme « voix-off » qui peut être confus (« off » fait référence à ce qui est aussi hors-champ), l'appellation « voix over » de CHATEAUVERT, Jean, *Des mots à l'image. La voix over au cinéma*, Paris-Québec, Méridiens Klincksieck et Nuit Blanche Éditeur, 1996.



Légende : 1. Frontière in/hors-champ, 2. Frontière in/over, 3. Frontière hors-champ/over

Figure 188 : Tri-cercle des sons de Michel Chion, modifié à partir de Jean Chateauvert (dessin de l'auteure)

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 1, les émotions sont des états corporels de courte durée. Par conséquent, il est important de comprendre comment le concepteur-artiste peut « maintenir un attrait émotionnel constant tout au long de leur durée¹¹⁴⁷ ». D'autant que cet attrait émotionnel doit être en capacité de générer des réponses émotionnelles pertinentes pour une large audience, tout en tenant compte des différences individuelles et culturelles entre les usagers. Un état affectif en particulier, l'humeur, pourrait selon Greg M. Smith permettre de construire et maîtriser le film depuis son versant émotionnel (*the mood-cue approach to filmic emotion*). Pour Greg M. Smith, l'humeur est le « principal ensemble » qui permet « d'orienter les états émotionnels¹¹⁴⁸ ». L'humeur est « un état préparatoire dans lequel on cherche une opportunité d'exprimer une émotion particulière ou un ensemble d'émotions » qui fonctionnent comme « l'attention pour le système émotionnel, en nous concentrant sur certains stimuli et pas sur d'autres ». Pour l'auteur, l'humeur constitue finalement des « tendances à exprimer des émotions¹¹⁴⁹ ». À cet égard, elle focalise le spectateur sur un éventail d'émotions qui permet

¹¹⁴⁷ SMITH, Greg M., *Film structure and the emotion system*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003, p. 41.

¹¹⁴⁸ *Ibid.*, p. 38

¹¹⁴⁹ *Ibid.*, p. 38.

d'augmenter les probabilités qu'il « éprouve une émotion¹¹⁵⁰ ». Pour focaliser « l'attention émotionnelle » de l'interprète sur le film, l'humeur - ou « l'orientation émotionnelle » - fonctionne de pair avec des « circonstances extérieures sous forme de séquences de moments émotionnels¹¹⁵¹ ». Ces « épisodes émotionnels » sont quant à eux davantage considérés comme des « processus », que des « états » à part entière puisqu'ils contiennent « une série d'émotions qui sont perçues comme une unité structurée et cohérente car elle possède un début, un milieu et une fin¹¹⁵² ». Les épisodes émotionnels font référence à ce que nous nommons dans cette thèse le « contexte situationnel » et qui constituent l'ensemble des stimuli capables de déclencher une émotion chez l'utilisateur, avec cela de différent qu'ils possèdent donc une « unité structurée et cohérente » autour de l'I² émotionnelle¹¹⁵³.

Un épisode émotionnel « dure aussi longtemps que l'humeur et le stimulus sont engagés dans une transaction » et dépend donc de « la tendance à l'orientation de l'humeur et de la présence d'un objet émotionnel cohérent¹¹⁵⁴ ». Le cinéma - mais à notre avis nous pouvons élargir cette hypothèse à d'autres formes d'expression artistiques -, créerait donc des « humeurs¹¹⁵⁵ », des « orientations émotionnelles » à travers des « indices filmiques susceptibles de fournir des informations émotionnelles¹¹⁵⁶ » telles que pour Greg M. Smith, « l'expression du visage, le mouvement des figures, le dialogue, l'expression et le ton de la voix, le costume, le son, la musique, les éclairages, la mise en scène, le décor, le montage, la caméra, la profondeur de champ, les qualités et l'histoire des personnages et la situation narrative¹¹⁵⁷ ».

¹¹⁵⁰ *Ibid.*, p. 39.

¹¹⁵¹ *Ibid.*, p. 39.

¹¹⁵² *Ibid.*, p. 39.

¹¹⁵³ Pour nous, le « contexte situationnel » est plus large, il représente tous les « épisodes émotionnels » survenant dans la vie de l'individu (vie réelle et vie virtuelle). Par conséquent, il ne dépend pas seulement des règles choisies - la construction narrative, par exemple - par les concepteurs-artistes. Évidemment, plus la (multi-)participation est présente dans les expériences artistiques, plus l'œuvre se rapproche d'un contexte situationnel au sens large, puisqu'elle permet de faire émerger des « épisodes émotionnels » complètement arbitraires (pas décidés en amont).

¹¹⁵⁴ SMITH, Greg M., *Op. Cit.*, p. 39.

¹¹⁵⁵ « Je soutiens que l'effet émotionnel primaire du film est de créer une humeur [...] Les structures du film cherchent à augmenter les chances du film d'évoquer une émotion en créant d'abord une prédisposition à l'expérience de l'émotion : une humeur [...] Pour maintenir une humeur, nous devons expérimenter des moments occasionnels d'émotion », *Ibid.*, p. 42.

¹¹⁵⁶ *Ibidem.*

¹¹⁵⁷ *Ibidem.*

Nous retrouvons donc dans l'approche de Greg M. Smith, les paramètres filmiques que nous avons cités de manière non-exhaustive en début de partie. Ces indices filmiques contribuent sous certaines formes - comme les « close-up » sur les visages quand ils sont animés d'une émotion en particulier (peur, tristesse, joie, etc.) - à la constitution de marqueurs émotionnels forts pour le spectateur. Aussi, le concepteur-artiste doit porter un regard sur la construction narrative des films et notamment sur la mise au premier plan des « objectifs et des obstacles », pour la raison qu'ils constituent - comme nous l'avons vu au chapitre 4 à travers le modèle de Scherer - « des opportunités très marquées pour des moments qui sont significatifs à la fois narrativement et émotionnellement¹¹⁵⁸ ». Les marqueurs émotionnels, qu'ils soient esthétiques, narratifs ou fonctionnels (interactifs), ont notamment pour objectif de servir de « récompenses » au spectateur qui est justement engagé « dans une humeur appropriée » et ils aident l'expérience « à maintenir cette prédisposition à exprimer l'émotion¹¹⁵⁹ ».



Figure 189 : Élaboration d'un épisode émotionnel d'après les recherches Greg M. Smith

D'après les recherches de Greg M. Smith, nous déduisons donc des principes potentiels de la construction de l'I² émotionnelle dans le cadre artistique sous l'appellation du « flow émotionnel ». Le *flow* émotionnel en EV_Ext passif (cinéma) représente un état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du spectateur ou de l'utilisateur dans l'expérience d'une histoire construite à partir d'épisodes émotionnels. Le *flow* émotionnel en EV_Ext passif (cinéma) utilise des effets sensoriels (visuels, sonores, haptiques, etc.), narratifs (suspense, curiosité, surprise) mis en séquences afin de déclencher un phénomène

¹¹⁵⁸ *Ibid.*, p. 44.

¹¹⁵⁹ *Ibid.*, p. 45.

émotionnel chez l'utilisateur. L'épisode émotionnel est la résultante de l'association d'une orientation émotionnelle - l'humeur que le concepteur-artiste souhaite transmettre au spectateur et qui sera donc déclenchée par la séquence - et d'un objet contextuel (stimulus), élaborés à partir des paramètres filmiques qu'ils soient esthétiques ou narratifs. Les paramètres fonctionnels (participatifs) sont à ajouter dans le cadre du jeu vidéo ou du cinéma interactif (nous abordons ce sujet dans la troisième partie de ce chapitre). Cette association de l'humeur et de l'objet contextuel a pour effet de générer un « épisode émotionnel » structuré et cohérent, composé aussi de brefs moments d'émotions : « l'humeur nous encourage à vivre des émotions, et vivre des émotions nous encourage à persévérer dans l'état d'humeur actuel¹¹⁶⁰ ». Lorsque le spectateur ou le participant est dans un état de *flow* émotionnel, cela signifie donc qu'il est en phase avec les intentions créatives du concepteur-artiste. *Amour* de Michael Haneke (2012) évoque par exemple la question du deuil à travers l'association de scènes en huit-clos, au chevet d'une personne âgée sur le point de mourir (Georges, Jean-Louis Trintignant). Ainsi, si le spectateur ressent la tristesse et l'affliction des personnages face à l'événement, il est considéré par nous comme « en phase » avec les intentions immersives sur le plan émotionnel, du réalisateur. En effet, son attention émotionnelle est dirigée vers les éléments du film choisis par le réalisateur afin de faire émerger chez lui une réaction émotionnelle spécifique (la tristesse, l'affliction).

Parce qu'elle porte sur la construction d'une I² émotionnelles - strictement immersive dans le cas du cinéma -, l'analyse filmique ou vidéoludique recourt à un processus différent de la part du critique qui doit plutôt porter son attention sur la construction narrative, esthétique et fonctionnelle, afin de mettre à jour « les indices d'émotion [qui] agissent ensemble pour créer une humeur¹¹⁶¹ » et « prêter attention à la façon dont l'humeur à long terme et l'émotion brève interagissent dans le film¹¹⁶² ». Ainsi, l'analyse se construit à travers « des ensembles coordonnés de signaux pour signaler une orientation émotionnelle vers le film dans son ensemble¹¹⁶³ ».

2.3 – Effets émotionnels esthétiques

¹¹⁶⁰ *Ibid.*, p. 42.

¹¹⁶¹ *Ibid.*, p. 43-44.

¹¹⁶² *Ibid.*, p. 40.

¹¹⁶³ *Ibid.*, p. 43-44.

Parmi les stimuli en capacité de générer un bref moment émotionnel, nous retrouvons des paramètres qui sont très co-dépendants des technologies utilisées par le film, « effets 3-D¹¹⁶⁴ » stéréoscopiques, cinéma sphérique (cinéma à écran large ou *wide screen*, en général), etc. technologies qui tentent d'exploiter tout le champ de vision humaine¹¹⁶⁵ (les géodes, par exemple), c'est-à-dire aussi la vision périphérique et qui pourraient ainsi provoquer un bref impact proprioceptif¹¹⁶⁶. Nous avons d'ailleurs soutenu l'hypothèse que « dans le cas du cinéma *wide-screen* et du cinéma 3-D, l'immersion psychologique et l'immersion « physique », [...] se confondent déjà *a minima* pour garantir un effet de présence, autrement nommé « sentiment d'être-là¹¹⁶⁷ ».

D'autres stimuli sont liés à une recherche et création esthétique sensorielle de la part des concepteurs-artistes (esthétique néo-sensualiste) telle que la théorie de l'image haptique¹¹⁶⁸, la ségrégation des espaces, la théorie de la dynamique des plans, etc. Par exemple, Sergueï

¹¹⁶⁴ BARNIER Martin, KITSOPANIDOU Kira, *Le cinéma 3-D*, Paris, Armand Collin, 2015, p.117.

¹¹⁶⁵ Toutefois, à l'inverse de la réalité virtuelle, l'immersion reste ici passive, c'est pourquoi nous ne nous attarderons pas sur ces dispositifs.

¹¹⁶⁶ Le Panrama est projeté à Clapier en 1969 sur une surface de 180m², mais c'est à Paris en 1981 qu'il prend sa taille la plus grande : il est projeté dans une coupole hémisphérique de 350m² inclinée à 30°. « Le spectateur est situé au centre de l'image, qui l'environne de toute parts, il en résulte des sensations d'espace totalement inédites » MANNONI Laurent, *De Méliès à la 3D : La machine cinéma*, Paris, Lienart, 2016, p. 230.

¹¹⁶⁷ DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021b.

¹¹⁶⁸ Une image est dite « haptique » quand elle recherche la compétence tactile de l'œil humain (synesthésie) : « On parlera d'haptique [...] quand la vue elle-même découvrira en soi une fonction de toucher qui lui est propre, et n'appartient qu'à elle, distincte de sa fonction optique ». DELEUZE Gilles, *Francis Bacon. Logique de la sensation* [1981], Paris, Edition du Seuil, 2002, p. 146. Dans ce cas de figure, l'image est considérée comme haptique car elle est déterminée par une certaine proximité entre l'œuvre et le sujet qui ne peut alors plus y reconnaître des formes mais plutôt toucher du regard des mouvements, des textures, il s'agit d'un « espace de proximité [...] comme l'expression d'une "vision rapprochée" [...], c'est un espace sans profondeur [...] qui permet au regard de palper l'objet ». RIEUSSET-LEMARIÉ Isabelle, « Entre la "main de l'œil" et l'"œil digital", proximité et profondeur : la dimension haptique à l'horizon du Cinéma 3D et des acteurs virtuels », *Entrelacs*, n° 10, 2013, p. 2, [<http://entrelacs.revues.org/538>]. L'haptique - sens de la vue - ne doit pas être confondu avec les interfaces haptiques qui agissent sur le sens du toucher : les stimuli haptiques se font grâce des dispositifs à retour d'effort (musculaire, articulaire, voir chapitre 5). Chez Deleuze c'est le niveau d'accommodation et de vergence qui change, provoquant ainsi un « toucher visuel » : parce que les images sont filmées en gros plan, le spectateur à l'impression de toucher l'image. C'est donc la sensorialité visuelle qui change.

Eisenstein aborde par exemple la notion d'immersion cinématographique à travers « la matérialité de l'écran », à laquelle il oppose une pulsion « immatérielle » qui nous pousse à nous immerger intensément dans la diégèse de l'œuvre. Par la dynamique qui s'instaure entre les différentes échelles de plans, il souhaite créer « un effet de relief » qui permettrait d'oublier le cadre cinématographique : « le premier plan se détache, se démarque par rapport à la profondeur qui a l'air de s'opposer à lui et vient s'y joindre en une nouvelle unité de composition fondée sur un calcul précis de cette juxtaposition¹¹⁶⁹ ». L'immersion telle qu'elle est pensée et pratiquée par Sergueï Eisenstein s'élabore donc par la recherche et la création esthétique des effets immersifs du cinéma (et du théâtre) avec pour ambition finale « d'“aspire” intensément - avec une force jusqu'alors inconnue - le spectateur attiré dans ce qui était autrefois la surface de l'écran ; celle de “déverser” sur lui, de façon non moins réelle et ahurissante, ce qui autrefois restait aplati sur le miroir de sa surface¹¹⁷⁰ ».

En outre, les « effets de jaillissement » - objets qui traversent l'écran pour « toucher » le spectateur - ou des effets de « chute, de vol et de vortex¹¹⁷¹ », appelés aussi « effets grand-huit », provoquent une réaction émotionnelle chez le spectateur, qui peut éprouver dans ces situations jusqu'à une sensation de vertige (et donc *a priori*, de « peur » du vide). D'autres effets émotionnels esthétiques, notamment les effets « de jaillissement » qui se traduisent par « des effets violents, notamment celui d'objets qui semblent émerger de l'écran comme pour frapper le spectateur¹¹⁷² », ont pour vocation de jouer avec les différents espaces de proxémie¹¹⁷³ du spectateur. C'est le cas par exemple dans *Bwana Devil* (Arch Oboler, 1952, film en relief) et *House of Wax* (Andre DeToth, 1953¹¹⁷⁴, film en relief) qui sont prévus pour être vus en 3-D stéréoscopique.

¹¹⁶⁹ EISENSTEIN Sergueï M. « Du cinéma en relief », *Eisenstein, Le mouvement de l'Art*, Paris, Edition Du Cerf, 1986, p. 101

¹¹⁷⁰ *Ibid.*, p. 109.

¹¹⁷¹ BARNIER Martin, KITSOPANIDOU Kira, *Op. Cit.*, p. 130.

¹¹⁷² MANNONI Laurent, *Op. Cit.*, p. 212.

¹¹⁷³ Les « Espaces de proxémie » de Edward T. Hall : distance intime = moins de 40cm ; distance personnelle = de 45cm à 125cm ; distance sociale = de 120cm à 360cm et distance publique = au-delà de 360cm. HALL Edward T., et *alii*, « Proxemics [and Comments and Replies] », *Current Anthropology*, vol. 9, n° 2/3, 1968, p. 91.

¹¹⁷⁴ Une importante vague de film en stéréoscopie a eue lieu entre 1952 et 1955 car de nombreux studios américains se sont mis à produire des films en relief.

Tous ces paramètres potentiels (la liste est non-exhaustive) participent à élaborer des formes et contenus sensibles et par effet nous amènent à la question suivante : dans quelles perspectives pouvons-nous réfléchir à une conception émotionnelle du plan, du montage et du son ? À travers ces différents paramètres de composition, le cinéma est de base considéré par nous comme participant à la construction d'un langage émotionnel. Toutefois, il apparaît que certaines formes esthétiques ont pour vocation de produire volontairement des effets émotionnels - c'est-à-dire des formes qui vont interpeller directement le spectateur ou le participant sur le mode émotionnel - telles que les « effets esthétiques [...] associés à l'intrigue¹¹⁷⁵ » comme l'immersion, le suspense, la curiosité, la surprise, etc. Nous les appellerons « effets émotionnels esthétiques ».

Pour Greg M. Smith c'est donc « l'humeur » qui nous engage émotionnellement dans l'histoire. Or, cette humeur nous engage par le biais « d'associations dans le système émotionnel » via lesquelles « les mots, les images convoquent une foule de sensations, d'idées, de simulations motrices et de souvenirs ouvrant la possibilité que le style du film puisse évoquer l'émotion¹¹⁷⁶ ». Aussi, l'induction émotionnelle se fait parfois au croisement des effets esthétiques et de l'intrigue, notamment lorsque la « forme » émotionnelle repose sur une « entité diégétique ». Dans *The philosophy of horror or paradoxes of the heart*, Noël Carroll traite par exemple de la figure centrale du monstre dans le genre de l'horreur, afin de comprendre son influence sur l'expérience émotionnelle du spectateur¹¹⁷⁷. La « forme » de l'horreur repose donc ici sur l'entité diégétique du monstre. Cette liste qui s'élabore davantage comme un travail préliminaire au croisement des sciences cognitives, de la physiologie et de l'art, doit évidemment être augmentée à partir de futures recherches sur les effets émotionnels esthétiques.

3 – Effets émotionnels fonctionnels dans les œuvres en environnement virtuel extéroceptif

3.1 – Jeu vidéo et état de flow

¹¹⁷⁵ BARONI, Raphaël, *Op. Cit.*, 2016, p. 267.

¹¹⁷⁶ SMITH, Greg M., *Op. Cit.*, p. 76.

¹¹⁷⁷ CARROLL, Noël, *The philosophy of horror or paradoxes of the heart*, New-York, Routledge, 1990.

Dans le cadre du jeu vidéo, et d'un certain type de cinéma (le cinéma interactif) qui permet des interactions avec certains plans du film (*Black Mirror : Bandersnatch* de David Slade, 2018, par exemple), l'affichage graphique - qu'il soit en 2D, isométrique, scrolling, « 3-D », etc. - est dit « performé¹¹⁷⁸ ». Ainsi, il constitue un espace expérientiel ou « le percevoir est mêlé à l'agir¹¹⁷⁹ ». Dans le cadre du jeu vidéo, le montage des séquences de jeu est un donc peu différent puisqu'il dépend aussi des interactions du joueur. Le participant est pris à la fois dans un acte de contemplation et de manipulation : « se produit un basculement important du scopique - où l'image lointaine ne peut qu'être contemplée - au tactile, où l'image n'a de cesse d'être manipulée¹¹⁸⁰ ». L'interaction avec une image « plastique¹¹⁸¹ » en particulier se distingue des autres, il s'agit de la figure de l'avatar et notamment de sa « mise en récit » qui « mobilise les facultés psychique (imagination, jugement, mémoire, anticipation...) du joueur¹¹⁸² ». Par la manipulation de certaines images - tous les éléments visuels du jeu ne sont pas forcément interactifs - et notamment de l'image de son avatar, le spectateur devient « acteur » du récit et par effet « ne subit pas seulement des émotions mais peut y répondre¹¹⁸³ ». L'émotion ressentie par l'utilisateur est notamment élaborée par les concepteurs-artistes, via la recherche du « flow ». Le « flow » ou « état de flow », détermine l'état optimal de concentration, de motivation et *in fine* de plaisir du joueur dans une expérience. L'état de *flow* dépendrait de neuf facteurs selon Mihaly Csikszentmihalyi¹¹⁸⁴ : 1. des objectifs clairs, 2. des retours d'information des actions du joueur, 3. un équilibre entre les compétences et les défis, 4. une immersion totale du joueur dans son activité, 5. le joueur doit être focalisé sur l'ici et le maintenant de son activité, 6. le joueur

¹¹⁷⁸ BONHOMME, Stello, « L'image performée », *Nouvelle revue d'esthétique*, n°11, 2013, p. 25.

¹¹⁷⁹ BONHOMME Stello, Talon-Hugo Carole, « Esthétique des jeux vidéo », *Nouvelle revue d'esthétique*, n°11, 2013, p. 7.

¹¹⁸⁰ BONHOMME, Stello, « Jeux vidéo », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 228.

¹¹⁸¹ BONHOMME Stello, Talon-Hugo Carole, « Esthétique des jeux vidéo », *Nouvelle revue d'esthétique*, n°11, 2013, p. 7.

¹¹⁸² *Ibid.*, p. 8 et encore : « Les sensations de ce second corps sont des données, elles-mêmes communiquées au joueur au moyen d'images (barre de vie, de vigueur, etc.), et de sons », BONHOMME, Stello, *Op. Cit.*, 2016, p. 229.

¹¹⁸³ *Ibid.*, p. 228.

¹¹⁸⁴ CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. New York: Harper- Collins, 1996, p. 111-113.

de connaît pas d'échec, 7. la conscience de soi du joueur disparaît, 8. sa perception du temps est altérée, 9. l'activité et l'expérience deviennent autotéliques.

3.1.1 – Outils visuels et sonores pour orienter (émotionnellement) le joueur

D'abords, le concepteur-artiste doit concevoir des objectifs clairs et une manière sûre de les atteindre : « lors d'un état de flow nous savons toujours ce qui doit être fait¹¹⁸⁵ ». Or, l'espace du jeu vidéo est aussi à 360° : le joueur peut manipuler son avatar pour choisir son point de vue et ses directions dans l'expérience. Par conséquent, le concepteur-artiste aura besoin d'outils visuels ou sonores pour orienter (émotionnellement) le joueur au cours de sa partie : à ce titre, les études vidéoludiques peuvent servir à la création I² émotionnelle en réalité virtuelle. Dans le jeu vidéo, la clarté de l'environnement est constituée par un système d'affordances qui détermine, aussi de manière autotélique, la capacité d'un objet, d'un système ou d'un environnement à expliquer par lui-même, son fonctionnement ou son moyen d'être utilisé. Par exemple, dans *Shadow of the Colossus* créé par Fumito Ueda (Team Ico, 2005, jeu vidéo), le joueur affronte de gigantesques ennemis. Pour vaincre ces derniers, il doit grimper sur leur corps jusqu'à atteindre leurs points faibles signalés par une marque apparaissant comme une « gerçure » dans la roche qui constitue leur « peau ». La présence de la fourrure, en opposition à la pierre, indique donc de manière diégétique les endroits par lesquels le joueur peut grimper.

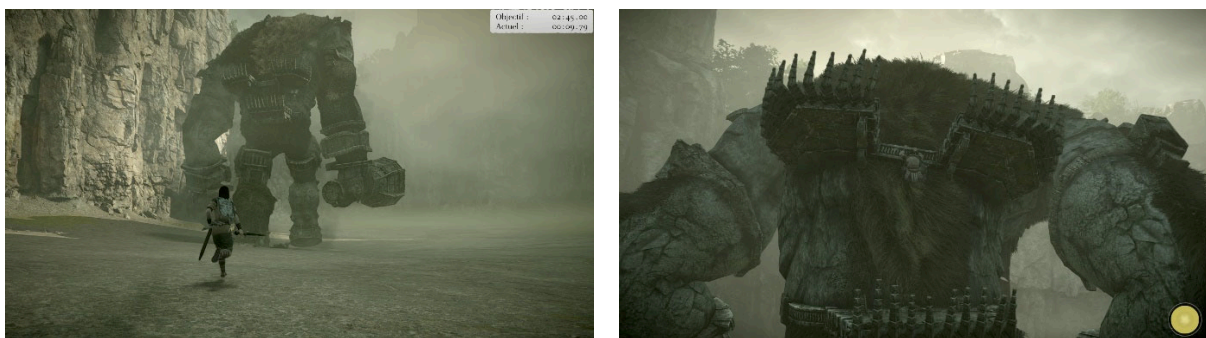


Figure 190 : *Shadow of the colossus*, Team Ico (2005, jeu vidéo)

À l'inverse, à travers la notion de « affordance de refus » (*denying affordance*), il est possible de montrer au joueur les endroits où il ne doit absolument pas aller ou interagir - des

¹¹⁸⁵ *Ibid.*, p. 111.

ronces délimitant les espaces impraticables pour le joueur, par exemple - afin de limiter une potentielle frustration. En outre, pour orienter le joueur sur les chemins à prendre, les *levels designer* peuvent réfléchir l'espace vidéoludique à travers la notion de « fil d'Ariane » (*navigation breadcrumbs*) en laissant des indices visuels, auditifs, voire tactiles, diégétiquement intégrés, mais suffisamment significatifs pour le joueur afin de le guider dans une direction qui lui permettra d'atteindre ses objectifs. Percevoir, c'est anticiper et anticiper c'est se projeter dans l'action, dans le futur. Quand le participant perçoit un objet, il se projette via des schèmes perceptifs directement dans l'utilisation qu'il peut faire de ce dernier. Par exemple, s'il regarde une arme, il sait qu'il peut la saisir et l'utiliser selon des « schèmes cognitifs » qui fonctionnent comme des modèles que l'on associe à l'objet. Une règle implicite de ce fonctionnement suppose qu'il faut faire attention à ne pas aller contre l'intuition du joueur (à moins que la surprise soit bien réalisée). Par conséquent, la clarté des objectifs et les moyens pour les atteindre sont aussi déterminés par une certaine conception de l'espace et de la « mise en scène » (scénographie) des éléments dans cet espace par les *levels designer* et les *levels builder* (ou *levels artist*, qui habillent l'espace de jeu). Les *levels designer* mettent au point l'environnement avec des outils tels que le Molecule-Diagram qui définit les relations entre les espaces de jeu. Sur ce diagramme, les « molécules » identifiées de « A » à « F » correspondent aux espaces de jeu et les flèches, au moyen de passer d'un espace à l'autre. Quand elles sont à sens unique, les flèches indiquent que le passage est possible uniquement dans un sens : par exemple de « A » à « B » le joueur chute d'une falaise et ne peut donc plus faire retour arrière. Les traits classiques signifient qu'un chemin est utilisable dans un sens ou l'autre (une échelle par exemple entre « D » et « E »).

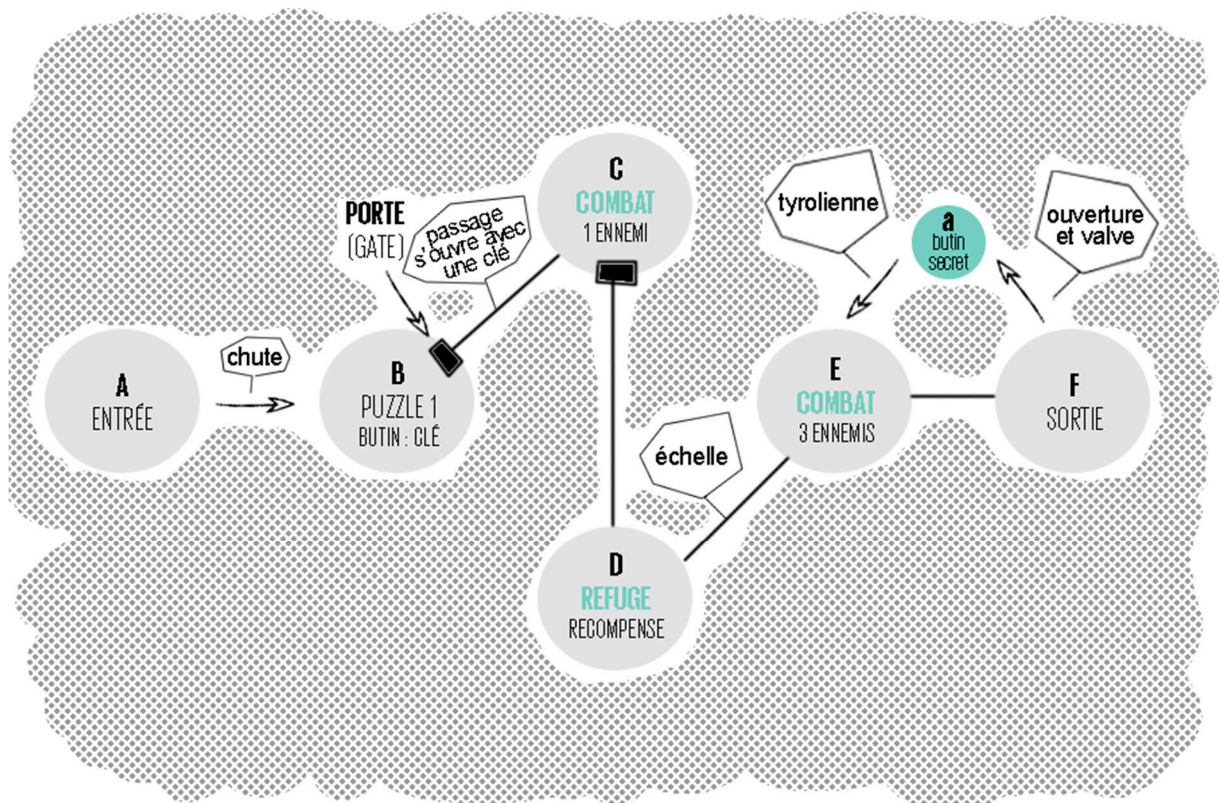


Figure 191 : Exemple de Molécule-Diagramme détaillé

Pour plus de clarté vis-à-vis des objectifs, tout ce travail lié au *level design* et *level building* peut être complété par une carte souvent en « vue du dessus » qui permettra au joueur de multiplier les points de vue sur son environnement : point de vue à la première personne ou à la troisième personne (perspective égocentrée) et point de vue du dessus (perspective allocentrée, voir chapitre 3). Les *levels designer* et *levels builder* pensent, co-construisent et habillent l'environnement à travers les concepts de composition tels que :

- En premier lieu, les repères (*landmarks*), qui sont des points de focalisation visuels - des éléments d'architecture, par exemple - qui se distinguent de la composition globale et sont percevables depuis tout point de vue dans l'environnement.

- En deuxième lieu, les « ouvertures » (*openings attract*), dans l'environnement qui attirent l'attention de l'utilisateur en se faisant le reflet de potentiels « espaces refuges » ou « espaces secrets » et qui par effet, invitent donc l'utilisateur à découvrir ce qui se cache à l'intérieur de ces espaces. Dans *Roboquest* (RyseUp Studios, 2022, jeu vidéo), l'environnement contient

des zones « spéciales », nommées « challenge room », à l'intérieur desquelles le joueur devra franchir des obstacles pour récupérer un butin (nouvelles armes, améliorations d'arme, etc.)

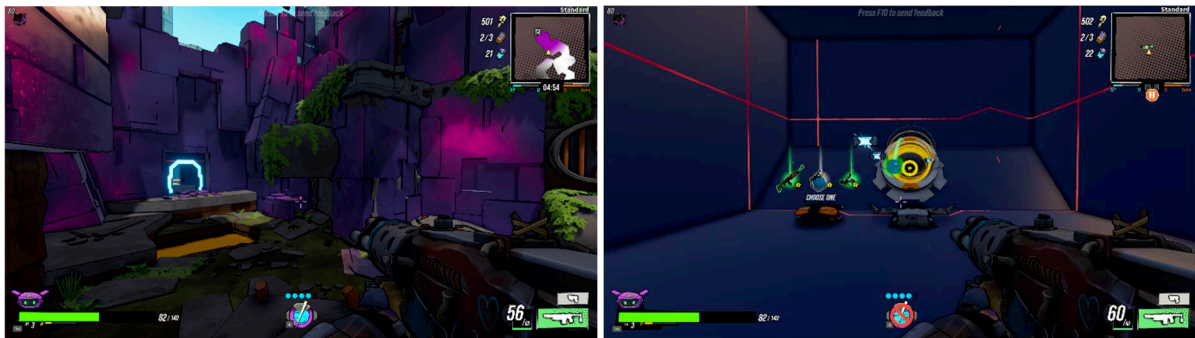


Figure 192 : Exemple d'ouverture (*openings attract*) dans *Roboquest* (RyseUp Studio, 2022, jeu vidéo)

- En troisième lieu, la clarté des objectifs et les moyens pour les atteindre, sont aussi déterminés par une opposition dans la composition de l'environnement entre des espaces dangereux (*prospect*) et à l'inverse des espaces « refuges » dans lesquels l'utilisateur peut notamment planifier la suite de ses opérations. Dans *Little Nightmares* (Tarsier Studios, 2017, jeu vidéo) le joueur doit se cacher sous les tables en présence d'ennemis cherchant à l'attraper, pour traverser un environnement hostile pour lui. Dans *Inside* (Playdead, 2016, jeu vidéo) le joueur doit se rendre « invisible » en échappant aux faisceaux lumineux de ses ennemis.



Figure 193 : Exemple de zone « refuge » et zones de « danger » dans *Little Nightmares* (Tarsier Studios, 2017, jeu vidéo).



Figure 194 : Exemple de zone « refuge » et zones de « danger » dans *Inside* (Playdead, 2016, jeu vidéo).

- En quatrième lieu, la clarté des objectifs et des moyens pour les atteindre sont aussi déterminés par la présence de « portes » (*gates*) et de « valves », qui servent à réduire l'espace de jeu pour focaliser l'attention du joueur sur des objectifs précis en : permettant de stopper la progression du joueur tant qu'il n'a pas accompli certains objectifs (*gates*), ou en l'empêchant de revenir en arrière (*valves*). Dans le schéma suivant, la valve se ferme une fois que le joueur est entré dans la zone centrale, à l'intérieur de laquelle il devra résoudre un puzzle pour que la « porte » s'ouvre et pouvoir ainsi finir le niveau.

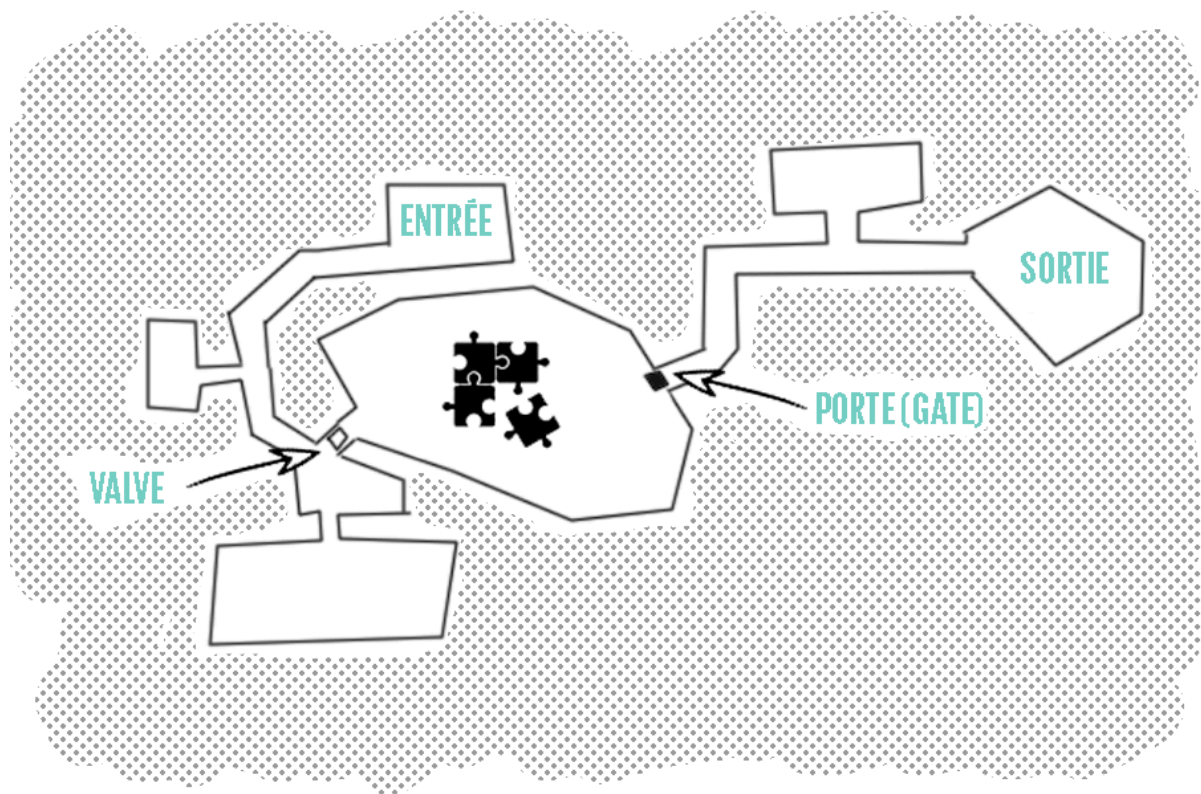


Figure 195 : schéma représentant une valve et un « porte » (*gate*) à l'intérieur d'un niveau de jeu

Dans la séquence d'introduction de *Rise of the Tomb Raider* (Crystal Dynamics, 2015), le participant doit gravir une montagne malgré un climat très hostile. Le danger de cette situation est suggéré à la fois par un ciel très orageux, par des éléments du décor qui s'effondrent quand notre personnage les explore, mais aussi par des mouvements turbulents de la caméra à la troisième personne. Quasiment parvenu au sommet, une brève cinématique dévoile au joueur son objectif final : les ruines de la cité perdue de Kitezh, qui forment ici un repère visuel. Une fois l'objectif aperçu, une avalanche provoque la chute du joueur lui imposant de parcourir de nouveau un chemin (*valve*) qui le mènera jusqu'aux ruines. Ainsi, l'espace préalablement découvert par le participant n'est plus accessible du fait des destructions provoquées par l'avalanche. En conséquence de sa chute, le joueur s'est blessé, il a donc perdu des points de vie et des capacités d'interaction (principe de narration comportementale¹¹⁸⁶) : pendant un instant il ne peut plus « grimper », ni « courir ». De la même manière dans *Stray* (BlueTwelve Studio, 2022, jeu vidéo), le joueur incarne un chat qui peut, à certaines occasions, porter un sac en papier sur la tête. Lorsque le joueur choisit d'effectuer cette action, le chat se déplace

¹¹⁸⁶ Dans le jeu vidéo, il s'agit d'un principe de *gameplay* qui consiste à influencer les compétences du personnage en fonction de ce qui lui arrive dans l'histoire.

bizarrement : les contrôles sur la manette sont désormais inversés (haut = bas, gauche = droite et inversement).



Figure 196 : Repère visuel précédant la chute dans *Rise of the Tomb Raider* (Crystal Dynamics, 2015, jeu vidéo)



Figure 197 : Chute et perte de compétences (valve), *Rise of the Tomb Raider* (Crystal Dynamics, 2015, jeu vidéo)



Figure 198 : les contrôles de la manette sont inversés dans *Stray*, Blue Twelve Studio, 2022, jeu vidéo

- En cinquième lieu, la clarté des objectifs et les moyens pour les atteindre, sont aussi déterminés par les lignes de fuite (*leading lines*), qui est une technique héritée de la peinture et de la photographie servant à guider l'attention du joueur sur des endroits précis de l'environnement. Dans *The Last of Us* (Naughty Dog, 2020), les lignes de fuite dirigent l'attention du participant vers l'extérieur pour qu'il puisse voir le colosse - une catégorie d'ennemi particulièrement hostile dans le jeu -, s'approcher agressivement de lui.

- Aussi, les objectifs et directions à prendre par le joueur peuvent être « éclairés » par l'usage de la lumière : un chemin peut notamment être suggéré par une « main de dieu » (*god ray*). Dans *Uncharted 3 : Drake's Devil* (Naughty Dog, 2011, jeu vidéo), une « main de dieu » traverse une lucarne pour indiquer au joueur la suite du chemin à prendre. Dans *The Last of Us 2* (Naughty Dog, 2020, jeu vidéo), une « main de dieu » souligne l'intérêt que doit porter le joueur sur la discussion en cours entre Ellie et Joel.



Figure 199 : Exemple de "main de dieu" (*god ray*) dans *Uncharted 3 : Drake's Deception* (Naughty Dog, 2011, jeu vidéo)



Figure 200 : Autre exemple de "main de dieu" dans *The Last of Us 2* (Naughty Dog, 2020, jeu vidéo)

- Enfin, les différents objectifs ou éléments du jeu peuvent aussi être soulignés (*highlight, outline*) par des oppositions de lumières, de contrastes, de couleurs, de tailles, de formes, de valeurs, etc., dans l'environnement. Il s'agit de mettre en place ici un principe de dominance : un élément du jeu, *a priori* important pour la bonne progression du joueur (et donc

aussi pour maintenir son état « de flow »), établit une dominance visuelle, auditive, ou abstraite - valeur financière de cet élément dans le jeu, par exemple - sur les autres.

- Pour finir, les encadrements (*Framing*) et les « points d'observation » (*Vistas*), consistent à réduire l'espace visible pour focaliser l'attention du joueur sur certaines parties d'intérêt de l'environnement (*framing*). Les *vistas* concernent surtout les paysages et servent notamment à mettre en lumière les futurs objectifs et chemins à prendre. Elles permettent aussi d'appréhender l'histoire, la thématique visuelle, les objectifs et les mécaniques potentielles d'une aire de jeu. Dans *The Last of Us 2* (Naughty Dog, 2018, jeu vidéo), les « vistas » permettent d'observer les conséquences ravageuses d'une épidémie sur une partie - états-unienne - de l'humanité. L'aspect visuel des villes est composé de ruines, de débris, d'objets de « l'ancien monde ». Les villes constituent aussi des espaces dans lesquels la nature a repris ses droits progressivement : l'humain a perdu toute la maîtrise de ces espaces et doit donc rester relativement sur ses gardes.



Figure 201 : Exemple d'encadrement et utilisation des lignes de fuite dans *The Last of Us* (Naughty Dog, 2013, jeu vidéo)

3.1.2 – Récompenses émotionnelles

Aussi, les « vistas » peuvent constituer une « récompense émotionnelle » pour le joueur. C'est le cas par exemple quand il doit entreprendre de grimper un monument, une montagne, lutter contre des ennemis, etc. afin d'obtenir, souvent avec beaucoup de peine, le point de vue qu'il désire : il « débloque » ainsi un nouveau point de vue sur le jeu ou sur son expérience. Par exemple dans les jeux vidéo *Assassin's Creed*, le joueur doit comprendre le chemin à parcourir sur certains bâtiments et entreprendre de grimper jusqu'à leur sommet, afin de « synchroniser » des points de vue. Dans le jeu, cette synchronisation permet de découvrir d'autres points de repère visuels, cachés jusqu'alors au joueur.



Figure 202 : Point d'observation sur la ville Rome pendant la période de la Renaissance, *Assassin's Creed Brotherhood* (Ubisoft Montréal, 2009, jeu vidéo)

La « récompense émotionnelle » est d'autant plus forte dans les jeux *Spiderman*, où le joueur peut s'offrir différents points de vue sur la ville modélisée de New-York, sans que cela soit lié à d'objectifs de jeu ou des contraintes permettant de les atteindre. À l'inverse, dans les *Assassin's Creed*, les « vistas » permettent aussi de révéler des éléments sur la carte, elles ne sont donc pas désintéressées.



Figure 203 : Point d'observation de Manhattan dans *Marvel's Spiderman* (Insomniac Games, 2018, jeu vidéo)

Pour nous, le concept de « récompenses émotionnelles » signifie une fonctionnalité qui est déconnectée, désintéressée de la progression du joueur dans le jeu et dont l'intérêt final réside dans l'expérience esthétique ou narrative. Ces récompenses émotionnelles peuvent prendre la forme de cinématiques à débloquent, d'arcs narratifs secondaires, de « fin secrète », de vista, de scène de « second plan », de « pick-up » (objet atypique à ramasser ou à collectionner), etc. Par exemple dans *Red Dead Redemption* (Rock Star, 2010) et *Red Dead Redemption II* (Rock Star, 2018), si le joueur explore les moindres recoins de l'environnement, il pourra certainement tomber sur une « scène de second plan » telle que, des hommes se battant dans une ruelle, ou une conversation corsée dans un *saloon*, qui enrichiront le contexte diégétique du jeu. Aussi, certains « pick-up » peuvent délivrer des informations sur le contexte diégétique au sens large, d'une expérience vidéoludique (ou *lore*). C'est le cas des « cassettes cachées » (les « voxophones ») de *Bioshock Infinite* (Irrational Games, 2008, jeu vidéo) qui retranscrivent des bouts de conversations entre deux personnes ou des passages d'un journal intime. Dans d'autres œuvres vidéoludiques, quand le joueur reste suffisamment longtemps au même endroit, des séquences inédites apparaissent dans l'environnement. À la fin du jeu vidéo *Inside* (Playdead, 2016), le joueur, qui incarne désormais une créature constituée à partir d'un amas de corps (un « blob »), se retrouve devant le directeur de l'usine qu'il essayait de fuir. Le joueur a deux choix, « écraser » de son poids le directeur et s'enfuir - ce qui semble la solution

la plus rationnelle au regard du contexte - ou attendre. Si les joueurs attendent assez longtemps, ils débloquent un événement inattendu : le directeur quitte la scène et reste en vie.



Figure 204 : La séquence change si le joueur attend sans rien faire alors qu'il est en danger dans *Inside* (Playdead, 2016, jeu vidéo)

Pour citer un dernier exemple, dans *Final Fantasy 9* (Square, 1998, jeu vidéo), à la suite d'une conversation concernant le kidnapping de la princesse Garnet, le joueur doit choisir entre « kidnapper la reine Brahne » et « kidnapper la princesse Garnet ». Si celui-ci appuie environ soixante fois sur « kidnapper la reine Brahne », un personnage « non-joueur » (*pnj*) se rapproche du participant pour lui livrer une réponse inédite : « je crois que tu peux être plus têtu qu'une mule grincheuse ! ». Il apparaît donc à travers ces derniers exemples, que le concept de « récompense émotionnelle » est très lié à la notion « d'*easter egg* » qui en constitue une sous-catégorie : toutefois, une récompense émotionnelle n'est pas toujours un fragment esthétique, narratif, ou fonctionnel qui est « cachée » ou « inattendue » pour le joueur.

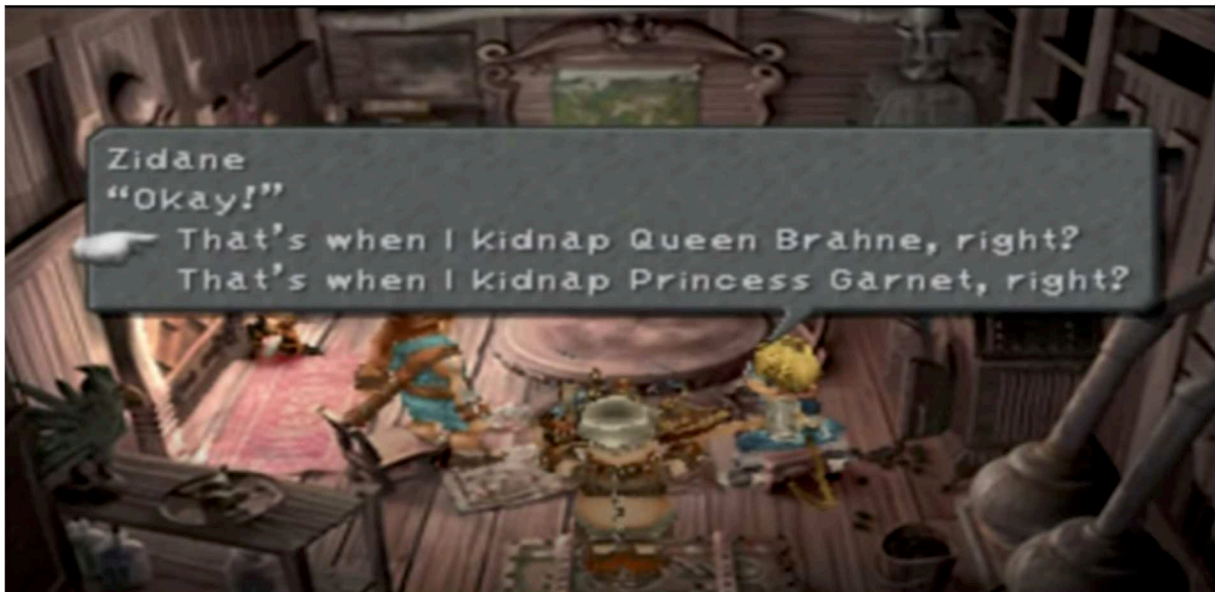


Figure 205 : *easter egg* dans *Final Fantasy IX* (Yoshitaka Amano, Nobuo Uematsu, Hironobu Sakaguchi, Shukō Murase, Shinji Hashimoto, Hideo Minaba, Hiroyuki Itō, Kazauhiko Aoki, 2000, jeu vidéo)

3.1.3 – Retours d’information et défis émotionnels

Pour maintenir le joueur dans un état de *flow*, le jeu a aussi besoin de satisfaire d’autres paramètres et requiert notamment :

2. Un retour d’information immédiat des actions du joueur (ou *feedback* de rétroaction du joueur) : « lors d’un état de *flow*, nous savons à quel point nous nous débrouillons bien. Le musicien entend tout de suite si la note qu’il a jouée est la bonne¹¹⁸⁷».

3. Un juste équilibre entre les compétences et les défis proposés au joueur : « dans un état de *flow*, nous sentons que nos capacités sont bien adaptées aux opportunités d’action¹¹⁸⁸». Cet équilibre dépend de deux facteurs majeurs qui sont résumés dans la figure ci-dessous, élaborée pour la première fois en 1975 : lorsque les défis sont trop difficiles par rapport aux compétences du joueur, celui-ci expérimente de l’anxiété ou à un degré plus faible, de l’inquiétude. À l’inverse, lorsque les compétences sont trop élevées par rapport aux défis qui sont proposés au joueur, celui-ci expérimente de l’ennui, voire de l’anxiété¹¹⁸⁹.

¹¹⁸⁷ *Ibid.*, p. 111.

¹¹⁸⁸ *Ibidem.*

¹¹⁸⁹ CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Op. Cit.*, 1975, p. 49.

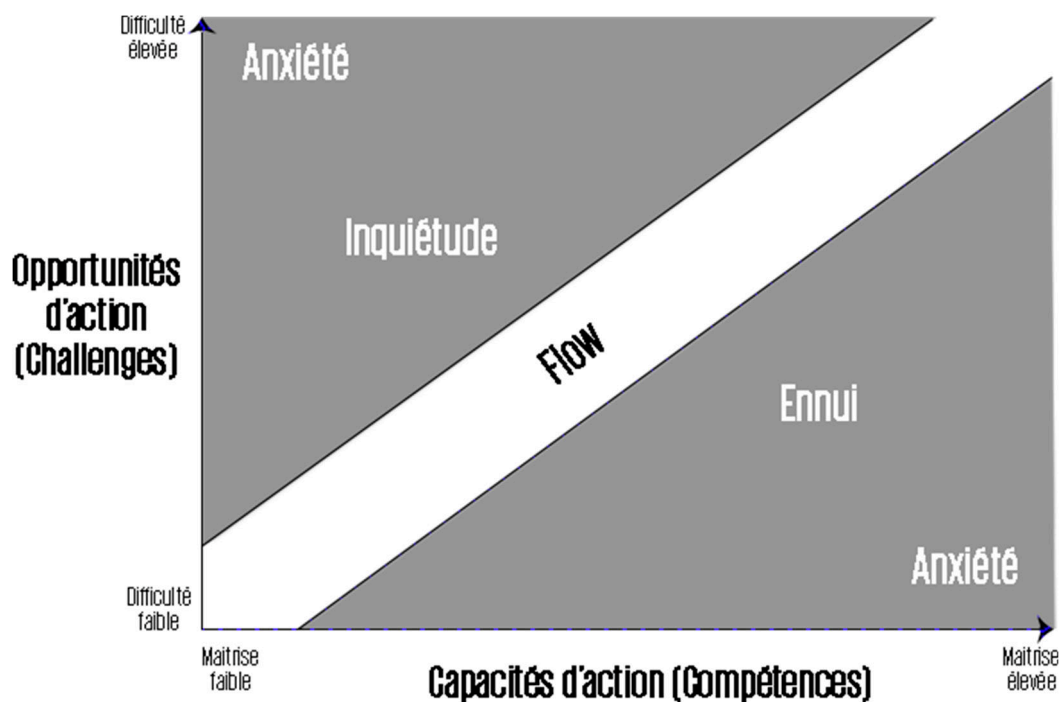


Figure 206 : Conception de l'état de *flow*, par Mihaly Csikszentmihalyi (1975)

En 1997, Mihaly Csikszentmihalyi complète sa notion de *flow* en faisant apparaître quatre nouvelles catégories, l'apathie, l'excitation, le contrôle et la relaxation¹¹⁹⁰, requalifiant la proportion entre les compétences du joueur et les défis qui lui sont adressés. Quand les défis proposés au joueur sont trop élevés par rapport à ses compétences, celui-ci oscillera entre un état d'inquiétude et d'anxiété. Quand les défis sont trop faibles, l'utilisateur expérimentera plutôt un état de relaxation, voire d'ennui. Quand les opportunités d'action et les capacités d'action sont faibles, c'est-à-dire à l'inverse d'un état de *flow*, l'utilisateur est dit apathique : il manque alors « d'énergie ou de réactivité émotionnelle¹¹⁹¹ ».

¹¹⁹⁰ CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Finding flow: the psychology of engagement with everyday life*, New-York, BasicBooks, 1997, p. 30-31.

¹¹⁹¹ Définition de « apathique », *Le Robert*, [<https://dictionnaire.lerobert.com/definition/apathique>]

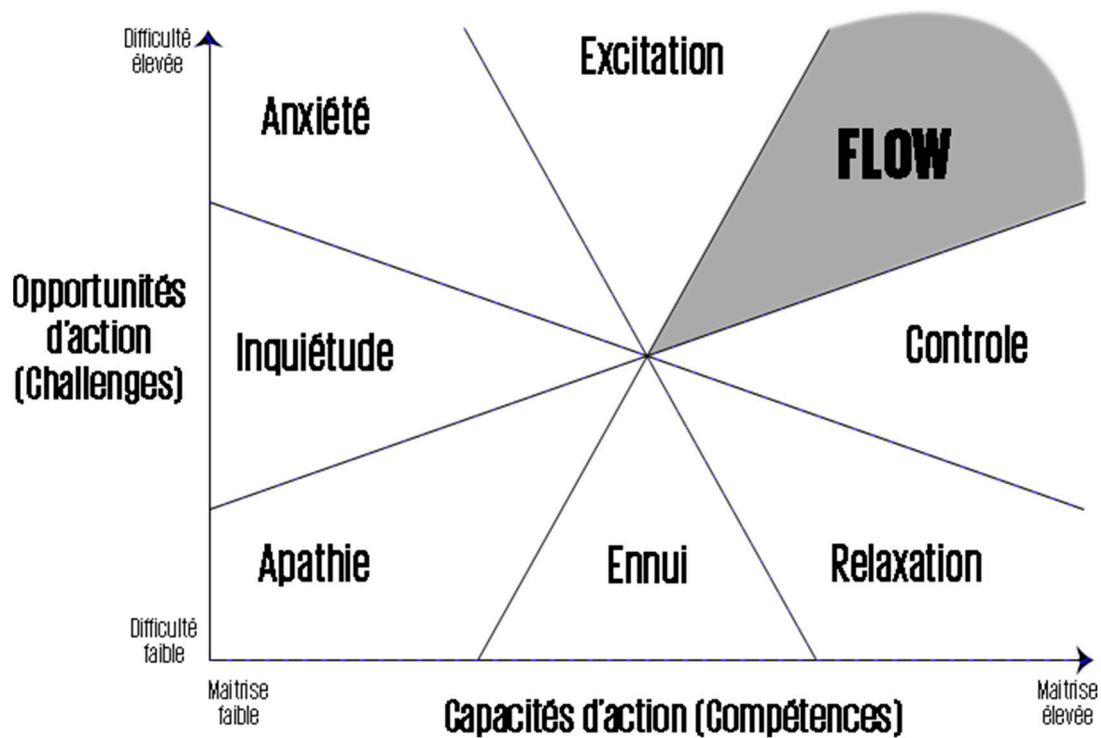


Figure 207 : Conception de l'état de *flow*, par Mihaly Csikszentmihalyi (1997)

Au cours de l'expérience, l'état de *flow* s'élabore par la construction du rythme, oscillant entre des phases rapides et intenses telles que les combats ou les objectifs contre-la-montre, et des phases « lentes ou des haltes (niveaux, séquences cinématiques)¹¹⁹²». Ces changements de rythme sont bien envisagés dans un dernier ouvrage de Mihaly Csikszentmihalyi (2008) à l'intérieur duquel il incorpore la notion de durée, d'apprentissage du joueur et d'aléatoire de l'expérience (et donc des défis qui lui sont proposés¹¹⁹³).

¹¹⁹² BONHOMME, Stello, *Op. Cit.*, 2016, p. 229.

¹¹⁹³ CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow : the psychology of optimal experience*. New-York : Harper Perennial, 2008, p. 74.



Figure 208 : Interface de gestion des personnages dans *Triangle Strategy*, Square Enix (2022, jeu vidéo)

Par exemple, dans le jeu vidéo *Triangle Strategy* (Square Enix, 2022, jeu vidéo) nous incarnons Serenor, un jeune prince luttant pour la paix dans le royaume de Norzelia. Au début de l'expérience (A1) le joueur est au niveau 1, il a donc peu de compétences de combat, et il affronte des ennemis qui sont aussi faibles que lui. Néanmoins, au fur et à mesure des batailles le joueur gagne des points d'expérience (*xp*), il acquiert de nouvelles compétences et surtout il comprend la manière avec laquelle il peut les solliciter. Il devient donc plus fort que ses ennemis et les bat plutôt facilement (A2). La difficulté du jeu - en l'occurrence ici le nombre et la puissance des ennemis - augmente donc progressivement en fonction de l'apprentissage et de la maîtrise que le joueur a de ses nouvelles capacités d'action (A4). Dans certaines expériences (A3), par exemple des expériences joueur contre joueur (*Player vs. Player ou PvP*), le participant peut être directement confronté à plus compétent que lui et donc ressentir de l'anxiété.

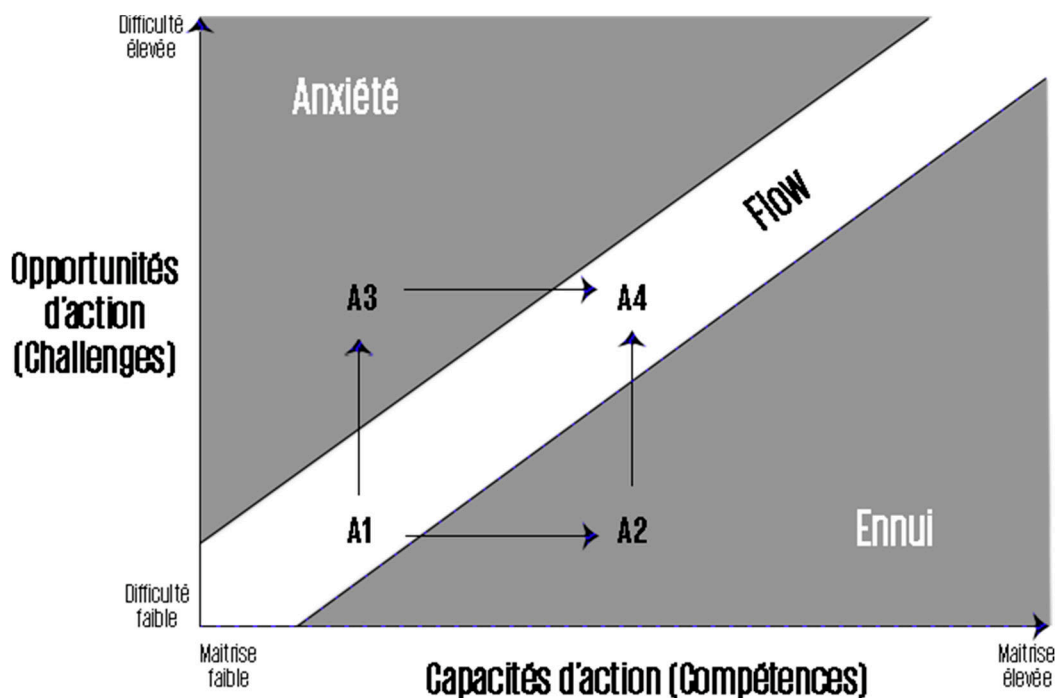


Figure 209 : Conception de l'état de *flow*, par Mihaly Csikszentmihalyi (2008)

Ces séquences ont un effet sur l'activité physiologique (*arousal*) du participant, qui ressemble à celui qu'il expérimente dans le monde réel « le joueur trouve une excitation d'ordre physiologique, la même qui nous prépare à la fuite ou au combat dans la vie réelle : mydriase oculaire, diminution de la salive, transpiration, etc¹¹⁹⁴ » et au cours des phases plus lentes et des haltes le joueur « peut se relâcher et voir son système parasympathique activé¹¹⁹⁵».

3.1.4 – Mise en phase du joueur et de l'expérience

Les derniers points de la théorie de Mihaly Csikszentmihalyi se focalisent sur l'état mental et le comportement de l'utilisateur vis-à-vis de son expérience vidéoludique :

4. L'action et la conscience sont des processus unifiés et permet une immersion immédiate du joueur dans l'activité qui est proposée : « dans un état de *flow*, notre attention est concentrée sur ce que nous faisons¹¹⁹⁶».

¹¹⁹⁴ BONHOMME, Stello, *Op. Cit.*, 2016, p. 229.

¹¹⁹⁵ *Ibidem*.

¹¹⁹⁶ CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Beyond boredom and anxiety : the experience of play in work and games*, San-Francisco-Londres, Jossey-Bass Publishers, 1975, p. 112.

5. Les distinctions ne sont pas prises en compte par le joueur qui se focalise uniquement sur « ce qui est pertinent ici et maintenant¹¹⁹⁷».
6. Le joueur ne connaît ni inquiétude, ni échec lors du *flow*. Si tel est le cas, cela signifie qu'il n'est pas assez concentré sur son activité pour entrer dans un état (optimal) de *flow* : « Durant l'état de *flow*, nous sommes trop impliqués pour nous sentir concernés par l'échec¹¹⁹⁸».
7. La conscience de soi disparaît, est mise de côté au cours de l'activité : « Durant une période de *flow*, nous sommes trop impliqués dans ce que nous faisons pour se préoccuper de la protection de notre égo¹¹⁹⁹».
8. La perception du temps est altérée et souvent « oubliée » au cours de l'expérience.
9. L'activité et l'expérience deviennent « autotéliques¹²⁰⁰», autrement dit elles n'ont pas d'autre objectif que de procurer une satisfaction par elles-mêmes : « Quand la plupart de ces conditions sont présentes, nous commençons à apprécier tous les éléments qui produisent une telle expérience [...] Certaines activités comme l'art, la musique, le sport, sont souvent autotéliques : il n'y a pas de raison de les faire si ce n'est pour ressentir l'expérience qu'elles peuvent fournir¹²⁰¹ ».

Les EV_Ext actifs comme le jeu vidéo se rapprochent davantage des problématiques rencontrées lors de la conception d'une expérience en réalité virtuelle. Dans les jeux vidéo, nous retrouvons aussi des environnements à 360° à l'intérieur desquels il faut orienter l'attention du participant. Dans le cadre des créations I² émotionnelles, cette attention est redirigée vers des stimuli capables de générer une réaction affective. L'expérience de réalité virtuelle - quand elle est ludique - doit aussi proposer au participant un juste équilibre entre ses compétences et les défis proposés, ainsi qu'un retour d'information immédiat sur ses actions. En outre, l'état

¹¹⁹⁷ *Ibid.*, p. 112.

¹¹⁹⁸ *Ibidem.*

¹¹⁹⁹ *Ibidem.*

¹²⁰⁰ *Ibid.*, p. 113.

¹²⁰¹ *Ibidem.*

corporel qui est visé par une expérience de réalité virtuelle, qui résulte du phénomène immersif, se rapproche d'un état « optimal » de concentration qui altère même la perception du temps (voir chapitre 9). Par conséquent, la notion de *flow* engagée par Mihaly Csikszentmihalyi peut nous servir de support pour envisager d'abord un état de *flow* émotionnel - dédié aux expériences avec I² émotionnelles - et un état de *flow* dédié aux EV_Pro. Ces deux approches pourraient être utiles à la création I² émotionnelles en environnement proprioceptif, toutefois elles échappent pour l'instant à la littérature actuelle.

3.1.5 – Évaluer l'état de *flow* du participant

Pour mesurer l'état de *flow* du participant, le concepteur-artiste pourra se servir du Questionnaire d'Expérience de Jeu (*Game Experience Questionnaire*¹²⁰², en anglais) qui évalue sept paramètres : l'immersion, le *flow*, les compétences, les affects positifs, les affects négatifs, la tension et les défis qui sont proposés ou ressentis par le joueur. Dans le chapitre dédié aux perspectives futures de notre recherche, nous proposons de faire évoluer ce test pour qu'il puisse évaluer spécifiquement : l'état de *flow* du participant en EV_Pro et l'état de *flow* émotionnel du participant en EV_Ext ou EV_Pro. De tels tests papier-crayon devront être soumis ensuite à la validation des pairs.

¹²⁰² IJSELSETIJN Wijnand A., DE KORT Yvonne A. W., POELS Karolien, *The Game Experience Questionnaire*, Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven, 2013, p. 4.

Veuillez indiquer ce que vous avez ressenti en jouant le jeu pour chacun des éléments sur l'échelle suivante :

pas du tout	légèrement	modérément	assez	extrêmement
0	1	2	3	4
<>	<>	<>	<>	<>

1. Je me suis senti(e) satisfait
2. Je me suis senti(e) habile
3. J'ai été intéressé par l'histoire du jeu
4. J'ai trouvé le jeu amusant
5. J'étais pleinement occupé(e) par le jeu
6. Je me suis senti(e) content
7. Le jeu m'a mis(e) de mauvaise humeur
8. J'ai pensé à d'autres choses
9. J'ai trouvé cela fatigant
10. Je me suis senti(e) compétent(e)
11. J'ai pensé que c'était difficile
12. C'était esthétiquement plaisant
13. J'ai oublié tout ce qui m'entourait
14. Je me suis senti(e) bien
15. Je me suis trouvé(e) bon(ne) dans ce domaine
16. Je me suis ennuyé(e)
17. Je me suis senti(e) plein de succès
18. Je me suis senti(e) imaginatif, imaginative
19. J'ai senti que je pouvais explorer des choses
20. J'ai apprécié le jeu
21. J'ai atteint rapidement les objectifs du jeu.
22. Je me suis ennuyé(e)
23. Je me suis senti(e) sous pression
24. Je me suis senti(e) irritable
25. J'ai perdu la notion du temps
26. J'ai été mis(e) au défi
27. J'ai trouvé cela impressionnant
28. J'étais profondément concentré(e) sur le jeu
29. Je me suis senti(e) frustré(e)
30. J'ai eu l'impression de vivre une expérience riche
31. J'ai perdu le contact avec le monde extérieur
32. J'ai ressenti une pression temporelle
33. J'ai dû fournir beaucoup d'efforts.

Figure 210 : traduction du Questionnaire d'expérience de jeu (*Game Experience Questionnaire*) permettant d'évaluer l'état de *flow* du participant

3.2 - État de *flow* émotionnel

3.2.1 - Définition

Notre approche du *flow* émotionnel conjugue la théorie du *flow* de Mihaly Csikszentmihalyi (2008) au phénomène émotionnel afin d'en déduire un fonctionnement hypothétique qui concerne l'état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du participant dans une expérience. D'après la recherche que nous avons effectuée à partir de notre œuvre I² émotionnelles *Quand le cœur se serre*, le *flow* émotionnel s'élaborerait autour de la maîtrise par l'individu de ses compétences émotionnelles (régulation émotionnelle) et pour l'expérience autour des opportunités d'actions émotionnelles proposées par l'expérience. Alors que nous avons fait le choix d'une I² émotionnelles implicite à l'origine - par volonté de rendre l'expérience plus intuitive que contrôlée - nous avons notamment remarqué qu'en l'absence de retour d'information, diégétique ou non, de l'activité émotionnelle du participant, celui-ci a tendance à ne pas comprendre les actions et les effets qu'il peut produire dans l'œuvre¹²⁰³. La plupart des participants à l'expérience ont retiré le visiocasque en demandant quel était le rôle du capteur ECG au sein de l'expérience et nous devons donc expliquer qu'il permettait d'influencer la vitesse de certaines animations (danse), le nombre de particules générées, etc. Par conséquent, il apparaît pour l'instant important de faire en sorte que le participant comprenne comment son activité physiologique, comportementale et ses émotions interagissent avec l'expérience et de quelle manière il peut les « maîtriser » pour profiter au maximum de l'expérience proposée. Nous pourrions donc considérer que le plaisir esthétique éprouvé par les participants grâce à ce genre de support artistique, dépend de la « reconnaissance de certains patrons d'expériences¹²⁰⁴ ». Un premier levier artistique consiste donc en la configuration de ces paramètres et modèles intégrés, par lesquels l'expérience systématisée et émancipée, fait disparaître la présence des créateurs au profit de la participation d'autrui.

¹²⁰³ Notre recherche sur le sujet est encore en cours, nous sommes actuellement en train de retravailler l'œuvre avec des retours d'informations explicites afin de comparer l'impact des deux versions sur les participants.

¹²⁰⁴ WHITHEAD, Alfred North, *Dialogues*, New York, The New American Library, 1956, p. 186

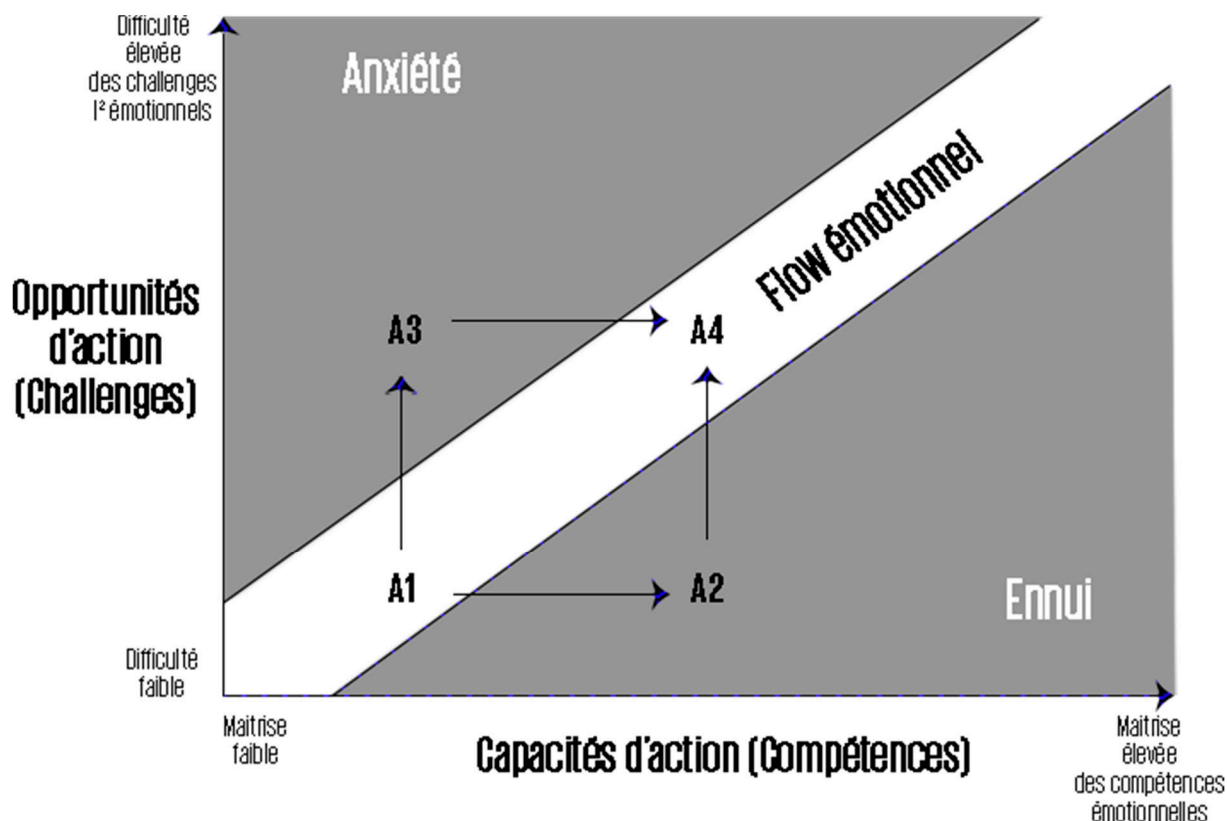


Figure 211 : *Flow* émotionnel dans le cadre d'expérience avec boucle de rétroaction émotionnelle médiée (dessin de l'auteure)

3.2.2 – Principes du *flow* émotionnel

En outre, nous proposons que cet état de *flow* émotionnel réponde aux neuf principes de l'état de *flow* de Mihaly Csikszentmihalyi mais sur le mode émotionnel (certaines règles ne changent pas) :

1. Des objectifs émotionnels clairs et une manière sûre de les atteindre : le participant doit comprendre comment ses émotions interagissent avec l'expérience et de quelle manière il peut les maîtriser pour profiter au maximum de l'expérience proposée.

2. Un feedback immédiat des émotions du joueur : celui-ci peut être diégétique, extra-diégétique, implicite ou explicite. S'il est implicite, il devra quand même se faire sentir, notamment par la répétition de certains marqueurs et patrons d'expérience (le participant doit finir par comprendre comment son activité émotionnelle influence l'expérience, s'il doit apprendre à la maîtriser).

3. Un juste équilibre entre les compétences émotionnelles et les défis émotionnels proposés au joueur.

4. L'action et la conscience sont des processus unifiés et permet une immersion immédiate du joueur dans l'activité émotionnelle qui est proposée.

5. Les distinctions ne sont pas prises en compte par le joueur qui se focalise uniquement sur « ce qui est pertinent ici et maintenant¹²⁰⁵» d'un point de vue émotionnel.

6. Le joueur ne connaît ni inquiétude, ni échec dans la « maîtrise » de ses émotions lors du *flow*. Si tel est le cas, cela signifie qu'il n'est pas assez concentré sur son activité - introspection, focalisation sur les ressentis interoceptifs - pour entrer dans un état (optimal) de *flow* émotionnel.

7. La conscience de soi disparaît, est mise de côté au cours de l'activité ou à l'inverse réapparaît sous des formes esthétiques, narratives et fonctionnelles dans le cadre des boucles de rétroaction médiées. Ainsi, lorsque le participant doit affronter des zombies tout en étant équipé d'un capteur ECG, il garde une attention particulière sur son activité cardiaque d'autant plus si celle-ci influence l'expérience (en générant des vagues d'ennemis plus ou moins fortes, par exemple).

8. La perception du temps est altérée et souvent « oubliée » au cours de l'expérience.

9. L'activité devient autotélique et parfois autopoïétique (dans le cadre des expériences avec boucles de rétroactions médiées, voir les chapitres 6 et 7).

Pour favoriser un état d'attention émotionnelle chez le spectateur ou le participant, les concepteurs-artistes peuvent donc utiliser les outils et les concepts issus des études en

¹²⁰⁵ CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Op. Cit.*, 1975, p. 112.

narratologie, en esthétiques et en études vidéoludiques¹²⁰⁶, que nous avons vus au cours de ce chapitre :

Tableau 212 : Typologie des outils et concepts créatifs d'I² émotionnelles dans les EV_Ext

Effets émotionnels narratifs	Effets émotionnels esthétiques	Effets émotionnels fonctionnels
Flow émotionnel en EV_Ext passif de Greg M. Smith	Effets esthétiques associés à l'intrigue : fusil de Tchekhov, « close-up », Mc Guffin, « jump scare », etc.	État de <i>flow</i> et <i>flow</i> émotionnel
Tension narrative : curiosité, suspense, rappel, suspense contradictoire, surprise...	Approche indice-humeur de Greg M. Smith (mood-cue approach)	Récompenses émotionnelles et Easter Egg
Entité diégétique forte (monstre, par exemple)	Effets 3-D (vortex, grand huit, jaillissement, etc.)	Action à la première personne et narration comportementale
	Esthétique néo-sensualiste (image haptique, dynamique des plans, etc.)	
	Plan subjectif / Vue à la première personne (empathie)	

4. Conclusion

¹²⁰⁶ Cette liste est non-exhaustive, elle nous sert à introduire un nouvel axe de lecture des théories en narratologie, esthétiques et en études vidéoludiques avec pour objectif de les (re)classer en fonction de leur impact sur la création avec I² émotionnelles.

En résumé, pour ce chapitre nous avons :

- Les effets émotionnels narratifs peuvent être élaborés à partir de l'élaboration d'une tension narrative - suspense, curiosité et surprise - ou d'un *flow* émotionnel typique des EV_Ext passif, qui installera le spectateur ou le participant dans un rapport affectif à l'œuvre.

- Les effets émotionnels esthétiques peuvent être élaborés à partir des effets esthétiques associés à l'intrigue (fusil de Tchekov, close-up, jump scare, Mc Guffin, etc.), des effets 3-D (vortex, grand huit, jaillissement), d'une esthétique néo-sensualiste qui par principe de synesthésie « provoque » le regard du spectateur sur le plan physique. Ils peuvent aussi être construits à partir de l'approche indices-humeur de Greg M. Smith, qui consiste à mettre en place grâce à la construction d'épisodes émotionnels, les conditions de l'émergence du phénomène émotionnel chez l'utilisateur.

- Les effets émotionnels fonctionnels peuvent être élaborés à partir des récompenses émotionnelles et au sens large par la recherche autour d'un état de *flow* émotionnel qui se construit pour le participant à travers la maîtrise de ses compétences émotionnelles (régulation). Pour le concepteur-artiste, ce *flow* émotionnel s'élabore à travers la création d'opportunités d'action qui se révéleraient être un challenge sur le plan émotionnel pour l'utilisateur.

Tous ces aspects narratifs, esthétiques et fonctionnels de l'expérience cinématographique et vidéoludique (EV_Ext passive ou interactive), visent à parfaire l'expérience émotionnelle du joueur. À l'avenir, il faudrait que nous enquêtions sur la charge émotionnelle associée aux différents effets narratifs, esthétiques et fonctionnels chez l'individu et estimer aussi cette charge en fonction des différences culturelles. Il convient désormais de concevoir la manière avec laquelle, ces fonctionnalités sont opérantes ou non, dans le cadre d'une expérience en réalité virtuelle qui se focalise sur les I² émotionnelles. Cette question sera abordée dans le chapitre suivant qui se focalise sur les modèles d'induction émotionnelle dans les EV_Pro.

Induction des émotions en environnement virtuel proprioceptif

Introduction

La création en réalité virtuelle est très récente - elle se situe, pour nous, encore à un stade intermédiaire - et elle doit continuer d'explorer ses possibles artistiques. À ce titre, nous avons donc décidé d'élargir notre recherche à d'autres médias qui nous permettent de faire émerger des principes compatibles avec les I² émotionnelles en EV_Pro. Partant des études cinématographiques et vidéoludiques, nous comprenons que le fil conducteur de la création I² émotionnelle s'appuie sur des épisodes émotionnels capables de maintenir le participant dans un état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du participant dans une expérience. L'état de *flow* émotionnel que nous proposons répond aux neuf principes de l'état de *flow* de Mihaly Csikszentmihalyi, mais sur le mode émotionnel. Il convient dans cette partie de comprendre comment le médium de réalité virtuelle peut se les approprier avec les outils créatifs (narratifs, esthétiques, fonctionnels) qui sont les siens. Puisque la réalité virtuelle n'est ni du cinéma, ni du jeu vidéo, un concepteur-artiste doit bien comprendre les intérêts créatifs latents du médium. Il devrait également s'interroger sur des correspondances avec le récit qu'il veut mettre en œuvre et les ressentis qu'il veut créer au cours de l'expérience.

Les dispositifs de réalité virtuelle sont pluriels. Pour ce qui concerne au moins les technologies audiovisuelles et haptiques, les procédés les plus connus sont les *CAVE* et les visiocasques¹²⁰⁷. Le *CAVE* (*Cave Automatic Virtual Environment*) est un dispositif écranique ou multi-écrans, avec arrêtes ou sans arrêtes (cylindrique) et interactif, dans lequel l'utilisateur voit

¹²⁰⁷ Pour plus de détail, notamment sur la partie haptique et motrice voir dans FUCHS Philippe, *Op. Cit.*, 2018, p. 118-121.

son corps, l'interfaçage est aussi réalisé via des caméras infrarouges ce qui permet un couplage en temps réel (via un ordinateur) du système de projection 3D et des déplacements et mouvements de l'individu. Les visiocasques sont eux-mêmes multiples, et dépendent de différentes technologies d'interfaçage comportementales : interfaçage internalisé (Oculus Rift, Quest) soit externalisé (HTC VIVE). Aussi, il existe aujourd'hui des visiocasques autonomes ou sans fils tels que l'Oculus Quest, par exemple. Ces dispositifs sont composés d'interfaces motrices (les balises externes du HTC VIVE, par exemple), d'interfaces sensorielles (esthétique de l'expérience) et des interfaces sensori-motrices (les gants à retour d'effort, par exemple), comme nous l'avons vu au chapitre 5. Dans le cadre de cette thèse, nous avons aussi postulé qu'il existe des interfaces émotionnelles qui sont dédiées à l'immersion et à l'interaction émotionnelle. Elles comprennent entre autres choses, les dispositifs de mesure psychophysique, comportementale (vocale et faciales) ainsi que les tests subjectifs, lorsqu'ils sont associés à des modèles d'analyse des émotions.

La réalité virtuelle n'est donc pas un dispositif en particulier, ni même une situation d'exposition - comme le cinéma qui pourrait être défini par la « salle de cinéma », ou comme « projection sur un écran » -, puisqu'elle a lieu, en tout cas pour l'instant, sous différentes formes et dans différents endroits : dans les salles d'arcade dédiées à la réalité virtuelle (ou *LBVR, Location Based Virtual Reality*), à domicile, dans les festivals ou les salons d'exposition, dans les musées, etc. Pour ces raisons, la réalité virtuelle se caractérise davantage comme la somme des conditions d'immersion et d'interaction du participant dans un environnement virtuel à 360°, celui-ci répondant en temps réel et parfois même de façon symbiotique (co-activité) à la « présence » des participants. Aussi, dans le cas du cinéma les conditions de la réception de l'œuvre filmique concernent seulement le versant perceptif de la boucle Perception - Cognition (Décision) - Action (voir chapitre 2). Dans le cas du jeu vidéo ou de la réalité virtuelle, les conditions de la réception de l'œuvre interactive sollicitent aussi la décision et l'action¹²⁰⁸. En résumé, nous avons :

¹²⁰⁸ Pour rappel, l'humain est en immersion et en interaction avec les environnements sur le mode de la boucle perception, cognition (décision) et action (PDA). La perception évalue, décide (c'est-à-dire, sélectionne les informations propices à la réalisation de l'action souhaitée) et nous permet de nous projeter dans l'action avant que cette dernière n'ait lieu.

Tableau 213 : Immersion et interaction de l'utilisateur en fonction du média : cinéma, jeu vidéo, réalité virtuelle

	Cinéma classique	Jeu vidéo	Réalité virtuelle
Boucle PDA	Perception	Perception Cognition (décision) et Action	Perception Cognition (décision) et Action
Sens stimulés	Immersion extéroceptive ¹²⁰⁹ - (Immersion mentale/cognitive/psychologique : synonymes)	Immersion et Interaction extéroceptive	Immersion et Interaction extéroceptive et proprioceptive - Modèle à quatre niveaux d'immersion et d'interaction
Relation de l'utilisateur à l'œuvre	Spectateur	Acteur	Acteur

1. Approche artistique de l'induction émotionnelle dans les environnements virtuels proprioceptifs

1.1 Effets émotionnels narratifs dans les œuvres de réalité virtuelle

Dans le contexte d'une œuvre de réalité virtuelle, la tension narrative et les épisodes émotionnels ont lieu dans un environnement à 360° et en 3D, à l'intérieur duquel le participant est plus ou moins libre d'explorer. Un changement important repose donc sur la question du point de vue : « Dans un média immersif, le spectateur est assis au centre de la scène, au lieu de regarder un écran plat rectangulaire [...] avec ce nouveau POV [point de vue] le spectateur devient le narrateur, puisqu'il peut choisir ce qu'il faut regarder et ce qu'il faut comprendre¹²¹⁰ ». À l'intérieur de ce cadre de la narration à 360°, la question du rôle du participant dans le récit se pose (*quel personnage incarne-t-il ? Quel est le point de vue*

¹²⁰⁹ Comme vu précédemment, il existe des exceptions : le cinéma dynamique, le cinéma en relief, le cinéma élargi, etc. peuvent déjà avoir un bref impact proprioceptif sur le spectateur.

¹²¹⁰ TONG Lingwei, LINDEMAN Robert W., REGENBRECHT Holger, « Viewer's Role and Viewer Interaction in Cinematic Virtual Reality », *Computers*, vol. 10, 2021, p. 4.

exploité ?) : est-ce qu'il se situe dans l'action ou en dehors de l'action, c'est-à-dire est-il passif ou actif du point de vue sensori-moteur ou émotionnel¹²¹¹ ? Est-il le personnage principal, plusieurs personnages ou lui-même ? À ce titre, Loic Flameng distingue par exemple quatre types de point de vue : « subjectif » - le participant incarne un personnage (et donc son histoire) - « multiple » - le participant incarne plusieurs points de vue - « omniscient » - le participant a un point de vue global et souvent de surplomb sur l'expérience - et « immersif¹²¹² », le participant est « acteur dans le récit¹²¹³ » : pour notre part, nous dirons même qu'il construit « son récit ».

Cette dernière typologie de point de vue nous intéresse pour le cadre de notre étude, puisqu'elle est un bon point de départ pour penser l'I² émotionnelle de l'individu. Un de nos postulats de base, consistait à dire que le participant devait être émotionnellement présent dans l'œuvre (principe autopoïétique, voir aux chapitres 6 et 7). Pour être pleinement immergé sur le mode émotionnel, nous supposons que l'utilisateur doit se créer un « récit interne¹²¹⁴ ». Autrement dit, le participant doit se créer sa propre expérience émotionnelle à travers les différentes directions narratives, esthétiques, fonctionnelles que le concepteur-artiste a développés, et qu'il décide d'emprunter. Si le participant adopte un point de vue subjectif, nous supposons qu'il peut exister quelques contradictions entre l'expérience émotionnelle qui est vécue par lui et l'expérience qui est vécue par le personnage qu'il incarne car si un « personnage s'adresse à moi comme si j'étais sa mère, son frère ou son chien, je risque de ne pas me sentir concerné, ni impliqué¹²¹⁵ ». Toutefois, dans *Quand le cœur se serre*, nous avons adopté le parti pris d'un point de vue subjectif, sans pour autant surligner les traits de personnalité du personnage principal, afin d'examiner si une forme de « symbiose » se produisait entre le personnage et le participant grâce à l'usage des boucles de rétroaction médiées. Dans les chapitres 3 et 8, nous avons abordé la question de l'engagement affectif (identification) et de l'empathie dans les expériences en réalité virtuelle. Notre recherche pourrait être poursuivie en

¹²¹¹ D'autres nomenclatures classent la présence de l'individu dans l'expérience de réalité virtuelle, en fonction de son rapport à l'œuvre : s'il est un « témoin » de la scène, un « participant » ou un « protagoniste ». Lire DOOLEY, Kath, « A question of proximity : Exploring a new screen grammar for 360-degree cinematic virtual reality », *Media Practice and Education*, vol. 21, 2019, p. 81-96.

¹²¹² FLAMENG, Loic, *Le récit dans la réalité virtuelle*, Paris, Dixit, 2021, p. 21-35.

¹²¹³ *Ibid.*, p. 31.

¹²¹⁴ *Ibid.*, p. 60.

¹²¹⁵ *Ibid.*, p. 22.

changeant par exemple, le point de vue du participant de « subjectif » à « immersif » - ce qui nécessiterait de modifier l'histoire et la voix-off en supprimant par exemple certains pronoms et noms -, afin d'observer les différences qui s'opèrent dans le cadre de l'activité émotionnelle du participant.

Il existe des effets narratifs qui interpellent volontairement la dimension émotionnelle du spectateur ou du participant, via l'usage par exemple, des notions de « narration à 360° » (question du point de vue adopté) et il existe également des effets esthétiques associés à l'intrigue suscitant volontairement un impact émotionnel en EV_Pro. Toutefois, le cadre de narration à 360° implique que le suspense, la curiosité, la surprise et plus généralement les épisodes émotionnels, soient conçus différemment. Par exemple, que devient l'effet de *jump scare* s'il n'y a pas *a priori* de hors-champs (côtés du cadre) ? Par conséquent, les effets esthétiques associés à l'intrigue doivent prendre en compte le découpage de l'espace à 360°, ainsi que les limites du champ de la vision humaine ou du visiocasque quand ce dernier est plus restrictif (110° généralement). La caméra virtuelle étant toujours renseignée dans le moteur de création d'expérience (fig. 214), elle peut toujours servir de référence au concepteur-artiste afin de produire ce type d'effets de surprise. Aussi, le hors-champ à l'intérieur de l'image ou de l'environnement - par exemple, lorsqu'un objet en cache un autre - est toujours opérant dans ce type de configuration.

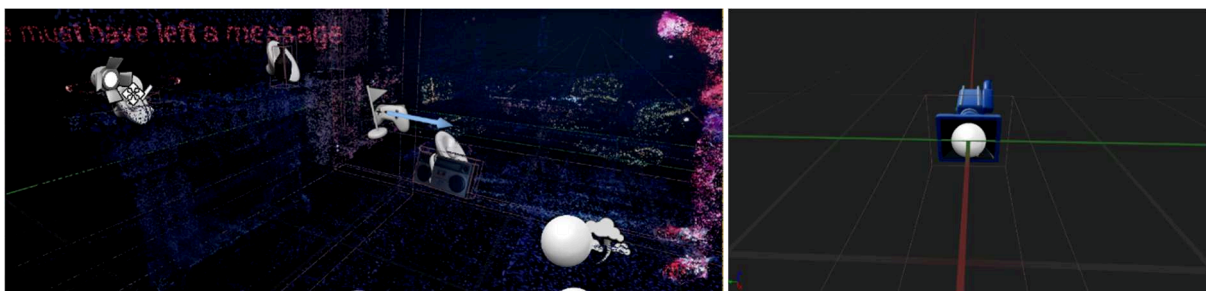


Figure 214 : à gauche le « player start » (point d'apparition du participant dans l'environnement). À droite, la caméra virtuelle permettant de définir le(s) point(s) de vue adopté(s).

Par exemple, dans l'expérience de réalité virtuelle *Resident Evil 7 : Kitchen VR* (CE EUROPE LIMITED, 2017, visiocasque), les concepteurs-artistes parviennent à réaliser un effet de surprise (*jump scare*) en exploitant les zones rarement regardées par le participant (au-dessus de lui). Un individu à peine habitué aux expériences de réalité virtuelle, aura des difficultés à anticiper cette menace provenant du plafond. Également, dans notre expérience *Quand le cœur*

se serre (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022), nous avons utilisé ce type de procédé en incitant le participant à regarder le velux de la maison dans lequel il se trouve. Après qu'il ait regardé trois fois la lucarne, la lune se situant dans le même axe, s'écrase sur lui : nous avons utilisé ici un effet de surprise par grossissement (ou rapprochement rapide). Les participants ont eu d'autant plus de mal à anticiper cette « menace » que la lune se situe initialement dans notre expérience, à une distance qui opère sur elle un rendu d'image sans relief - aucun indices visuels n'est présent pour signifier un relief (pas d'ombre, par exemple) - la vision en relief (stéréoscopique) opérant seulement sur les quelques premiers mètres de cet environnement virtuel¹²¹⁶. Or, en se rapprochant du participant, elle retrouve aussi ses qualités d'objet modélisé et texturé en 3-D.



Figure 215 : (à gauche) *Resident Evil 7 : Kitchen VR* (CE EUROPE LIMITED, 2017), (à droite) *Quand le cœur se serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022)

1.2 - Effets émotionnels esthétiques dans les œuvres de réalité virtuelle

1.2.1 - Cadrage à 360°

Dans une expérience de réalité virtuelle, le participant est plus ou moins libre d'explorer l'environnement en fonction du point de vue qu'il incarne et des capacités d'action que les concepteurs-artistes mettent à sa disposition. Par exemple, le point de vue « multiple¹²¹⁷ » - qui ressemble à la pratique cinématographique - permet aux concepteurs-artistes d'effectuer une partie du montage à partir des changements de position de caméras dans l'environnement 360° :

¹²¹⁶ L'acuité visuelle du participant est réduite sur de très longue distance. Ainsi, la lune se situant très loin de lui et ne disposant d'aucun indices visuels de profondeur, le participant ne peut percevoir son relief, FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, 2018, p. 51.

¹²¹⁷ FLAMENG, Loic, *Op. Cit.*, p. 30.

le participant oscillera alors entre multiples angles et cadres. Cette pratique du changement de caméras dans l'environnement 360° rend possible la technique du champ/contre-champ. Elle donne donc plus de contrôle aux concepteurs-artistes sur les éléments qui sont « dans le champ » de la caméra, autrement dit qui sont « vus » et sur la manière dont le participant perçoit ces éléments : en plongée, en contre-plongée, selon différentes échelles de plan, etc. Cette configuration spatiale est facilement réalisée en ajustant la distance entre la position de la caméra virtuelle (ou réelle, dans le cadre de la vidéo 360°) et celle de la scène qui est regardée.

En réalité virtuelle, dans la plupart de cas c'est le participant qui crée les cadres de son expérience (FOV, *field of view*). Le participant choisit donc ce qu'il « voit », en fonction de ce qu'il est capable de faire dans l'expérience (être debout ou assis, se déplacer, etc.) et des moyens qu'il a pour le faire (déplacement au joystick, déplacement en téléportation, déplacement pseudo-naturel, etc.). Dans le contexte d'un environnement à 360° à l'intérieur duquel les déplacements sont possibles, les concepteurs-artistes doivent se demander comment ils peuvent orienter l'attention du participant, tout en respectant les règles 4I² afin que le participant se sente confortablement présent dans l'expérience. Au chapitre précédent, nous avons vu les moyens d'orienter l'attention du joueur vers ces buts et objectifs dans le cadre du jeu vidéo, afin de le maintenir dans un état de *flow*. Les méthodes évoquées - les *landmarks*, les *gates* et valves, les lignes de fuite, les encadrements, les *outlines*, les *highlight* et les *god ray*, etc. - sont aussi opérantes dans le cadre d'une œuvre de réalité virtuelle¹²¹⁸. Toutefois, la présence du participant dans un environnement à 360° nécessite que nous traitions le problème des affordances avec davantage de clarté et de précision, car le participant pourrait bien rater une partie de l'intrigue ou ne pas voir *l'objet interactif*¹²¹⁹ qui lui permettra de résoudre l'énigme. Les affordances sont d'autant plus importantes que, plus il y a d'éléments à voir (des « points d'intérêts »), plus l'attention du participant se disperse¹²²⁰.

¹²¹⁸ Par ailleurs, c'est peut-être la raison pour laquelle les studios de jeu-vidéo se sont assez vite et plutôt bien, employés à ce type de créations.

¹²¹⁹ Objet qui réagit quand l'utilisateur le manipule.

¹²²⁰ NEWTON Katy, SOUKUP Karin, « The Storyteller's Guide to the Virtual Reality Audience », *Medium*, publié le 6 Avril 2016, consulté le 23 Février 2018, [https://medium.com/p/the-storyteller-s-guide-to-the-virtual-reality-audience-19e92da57497?source=user_popover]

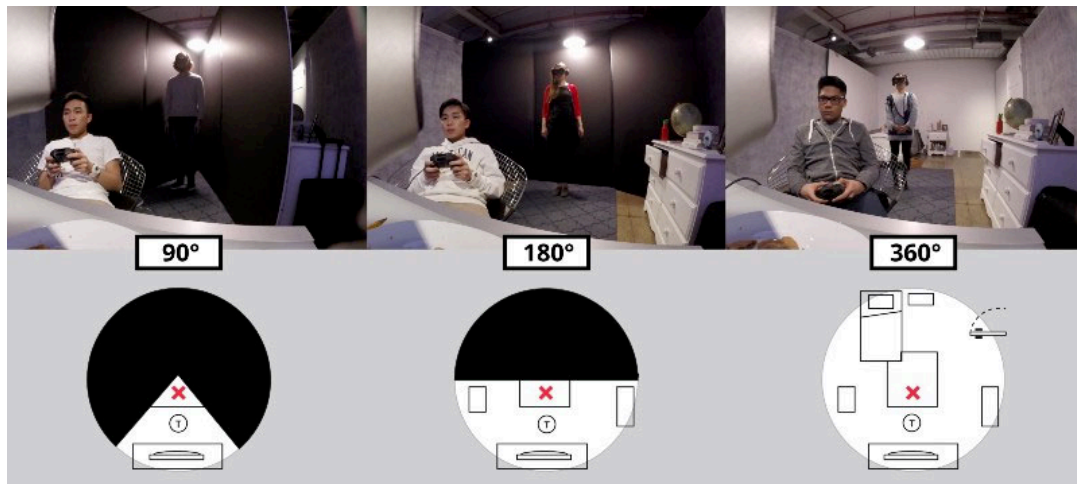


Figure 216 : Troisième expérimentation dans *Taro's Wold*, (Karin Soukup et Katy Newton, 2016)

En effet, quand l'espace visible est limité, le participant est attentif au moindre détail et essaye de leur donner un sens (vision à 90°). Le participant a l'impression que chaque objet a été disposé d'une certaine manière dans le but de créer une histoire ou au moins, du « sens ». Des objets qui sont pourtant « insignifiants » prennent en imagination, dans « l'esprit » du participant, une valeur très importante. Quand l'espace visible est limité, il y a donc « création de l'attention » et surtout « création de sens », le participant se positionne sur un « mode détective¹²²¹ ».

Quand l'espace visible n'est pas limité par les concepteurs-artistes¹²²², le participant doit choisir un point de focalisation sur lequel porter son attention. Quand il choisit l'endroit où porter son attention, très souvent le participant a « peur de rater quelque chose » (le *FOMO*, en anglais *Fear of Missing Out*). Ce « *FOMO* » peut être utilisé à l'avantage des concepteurs-artistes, puisqu'il a pour intérêt d'engendrer une curiosité chez le participant qui peut aussi être récompensée (en y mettant des *easter eggs* ou des récompenses émotionnelles¹²²³, par exemple). Quand l'espace visible est à 360° il y a donc beaucoup de choses à voir. En outre, plus il y a de

¹²²¹ *Ibidem*.

¹²²² Il reste limité par la vision humaine qui correspond à 180° horizontalement et 120° verticalement, ou par le visiocasque qui pour la plupart limitent actuellement le FOV à 120° horizontalement et 104° verticalement. FUCHS, Philippe, *Les Casques de jeux vidéo*. Paris : Presses des Mines, 2016, p. 111.

¹²²³ Dans le cadre de la réalité virtuelle, le concept de « récompenses émotionnelles » signifie une fonctionnalité qui est déconnectée, désintéressée de la progression du joueur dans le jeu et dont l'intérêt final réside dans l'expérience sensorimotrice, esthétique ou narrative.

choses à voir, moins le participant se souvient de l'histoire et des choses qu'il a vues. Nous avons rencontré ce type de problématique durant la phase de création de *The Burning Descent* (RyseUp Studios, 2021, jeu en réalité virtuelle avec visiocasque), car la carte (*map*) de cette expérience nécessitait que le joueur ait une « mémoire topographique », c'est-à-dire une mémoire de ses trajets qui lui permette de « repérer un lieu et [...] retrouver un chemin¹²²⁴ ». Or, nous savons aussi qu'il ne faut pas trop solliciter en même temps l'attention spatiale de l'utilisateur et son attention aux objets ou aux ennemis, pour favoriser la lisibilité de ces derniers, car le cerveau déteste être « multitâches¹²²⁵ ». L'accès à la conscience opérant via « goulot d'étranglement¹²²⁶ » : deux tâches (et plus), ne peuvent donc pas être faites en même temps. Dans *The Burning Descent*, le participant affronte d'autres joueurs dans une arène. Pour se déplacer, il doit se téléporter sur différentes plateformes et découvre se faisant, des indices spatiaux qui facilitent son orientation (flèches indiquant la bonne direction, changement de biomes, etc.). Au début du jeu, l'augmentation de sa courbe de compétence se déploie surtout à partir de sa connaissance de la carte : plus le participant se déplace, plus il nourrit sa mémoire d'informations spatiales grâce à des « stratégies égocentriques d'itinéraire¹²²⁷ ». Autrement nommée « mémoire de route kinesthésique », celles-ci consistent pour le participant, à se rappeler de ses mouvements et à les associer aux repères visuels qu'il a perçus ou aux "épisodes" qu'il a vécus durant ses déplacements : « Le monde environnant est construit par le cerveau sur la base des "vues" successives ou des points de vue séquentiellement organisés¹²²⁸ ». Toutefois, après plusieurs tests, nous avons constaté que cette seule stratégie ne suffisait pas aux participants pour comprendre l'environnement virtuel dans lequel ils se trouvaient. Aussi, cette stratégie de compréhension de l'espace nécessitait de répéter plusieurs fois l'expérience, ce qui finalement ne convenait pas pour un public de salle d'arcade privilégiant des systèmes simples et accessibles à tous. Nous avons donc intégré une deuxième

¹²²⁴ BERTHOZ Alain, *Le sens du mouvement* [1997], Paris, Odile Jacob, 2008, p. 127. Beaucoup de fonction de navigation sont omises par l'utilisation du dispositif de réalité virtuelle (visiocasque) : La mémoire de la marche, en est un exemple.

¹²²⁵ OPHIR Eyal, NASS Clifford, WAGNER Anthony D., « Cognitive control in media multitaskers », *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 106, n° 37, 2009, p. 15583-15587.

¹²²⁶ DEHAENE, Stanislas, *Op. Cit.*, p. 58.

¹²²⁷ BERTHOZ, Alain, « Une théorie spatiale de la différence entre la sympathie et les processus de l'empathie », dans Michel Botbol, Nicole Garret-Gloanec, Antoine Besse (dirs.) *L'Empathie au carrefour des sciences et de la clinique*, Montrouge, Doin, 2014, p. 87

¹²²⁸ *Ibidem*.

stratégie, la « stratégie de vue d'ensemble¹²²⁹ » (ou « de survol », « allocentrique » ou encore d'« aperçu »), qui consiste à observer une carte depuis le dessus, pour en percevoir l'environnement global ainsi que les différents itinéraires possibles. À la fin de chaque partie - une partie durant cinq minutes - les participants se retrouvent sur des plateformes disposées en surplomb de l'environnement afin de le percevoir sous toutes ses coutures.



Figure 217 : à gauche, vue égocentrique d'itinéraire

A droite, vue de survol, dans *The Burning Descent*, RyseUp Studios, 2021, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque

Toutefois, à l'inverse des autres configurations (90° et 180°) : plus l'environnement est complet, plus le participant est sensible à l'atmosphère, aux sentiments des personnages virtuels et aux émotions que l'expérience exprime et provoque. Les expériences à 360° sont donc utiles pour expérimenter des histoires souvent abstraites, basées sur les sentiments et émotions du participant. Les expériences à 90° sont utiles pour effectuer des actions répétées, car elles facilitent les processus d'attention, de mémorisation et de planification, du participant. Actuellement, la plupart des expériences vidéoludiques en réalité virtuelle pallient cette problématique en faisant des jeux « statiques » et en limitant artificiellement le champ de vision entre 90° et 180°. Les buts et objectifs sont au-devant de la scène et derrière le participant, dans la « zone de curiosité », il ne se passe rien (ou presque rien).

¹²²⁹ *Ibid.*, p. 88.

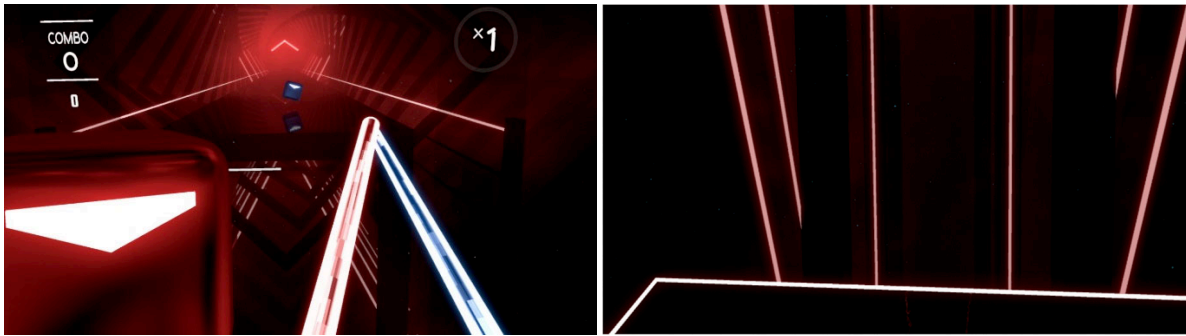


Figure 218 : Vue devant et derrière le joueur dans *Beat Saber*, Beat Games, 2018, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)

Toutefois, la zone de curiosité peut aussi être le lieu d'une récompense pour le participant qui daignera se tourner. Dans *The Lab : Longbow* (Valve, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque), l'utilisateur qui se retourne, trouvera dans sa « zone de curiosité », une torche qui lui permettra d'enflammer ses flèches.



Figure 219 : Vue devant et derrière le joueur, *The Lab : Longbow* (Valve, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)

1.2.2 Montage à 360°

Savoir où le joueur regarde permet au concepteur-artiste de faire « un montage » (ou *stitching*) basé sur l'attention de l'utilisateur - en changeant de plan de caméra, en déplaçant le joueur dans un autre environnement - et de construire une logique spatiale dans l'espace défini par la carte.

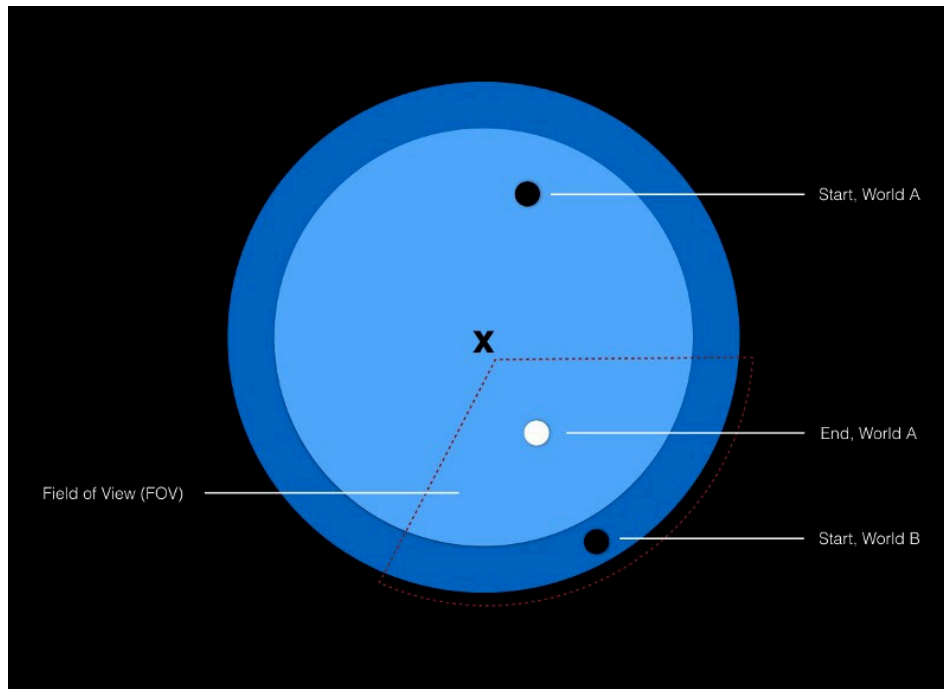


Figure 220 : Montage avec points d'attention (ou d'intérêts) selon Jessica Brillhart

Sur la figure ci-dessus, « X^{1230} » correspond au point de vue égo-centré de l'utilisateur. Le point noir « Start, World A » correspond au « cadre primordial », autrement dit la première image que l'utilisateur voit quand il est immergé dans l'environnement virtuel. Le point blanc « End, world A » constitue un « point d'intérêt » (*point of interest* ou POI). Dans le schéma ci-dessus il est associé à un « point d'action sur le regard » qui permet la réalisation d'un montage « focalisé » : le joueur active la séquence suivante en portant son attention sur le point d'intérêt. Aussi, dans *Quand le cœur se serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022), le participant doit maintenir son attention pendant cinq secondes sur un canevas interactif (*widget*) sur lequel il est écrit « look to launch ». Si le joueur regarde le canevas assez longtemps l'expérience se lance. S'il détourne le regard, la barre de chargement lui permettant d'avoir un retour d'information visuel sur son interaction se réinitialise.

¹²³⁰ BRILLHART, Jessica, *Op. Cit.*

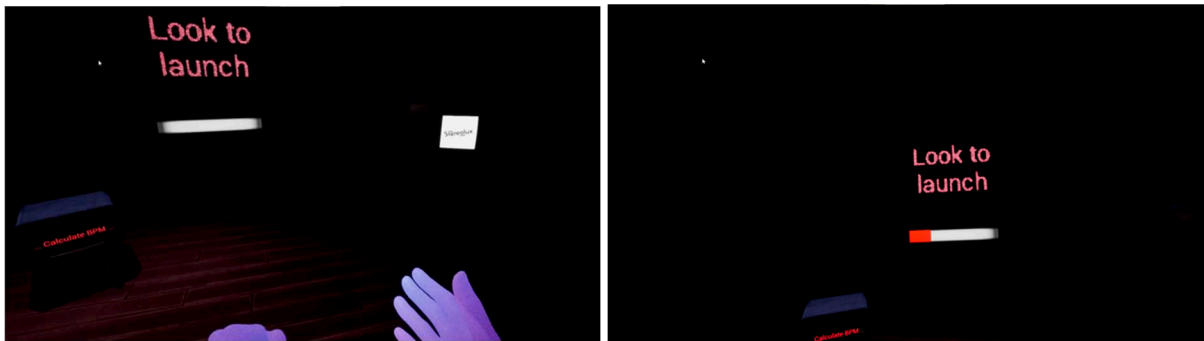


Figure 221 : canevas interactif « look to launch » dans *Quand le cœur se serre*, Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque

Une autre méthode de montage consiste à utiliser des points d'action sur les gestes ou déplacements à des endroits fixes de l'environnement virtuels ou sur des objets dédiés. Dans ce cas de figure, le séquençage des phases de l'expérience s'effectue au moment d'une interaction physique avec un objet virtuel, visible ou invisible, puisque les boîtes de collision (*collision box*) permettent de renseigner des propriétés supplémentaires sur certains objets ou endroits de l'environnement virtuel. Par exemple, dans la suite de *Quand le cœur se serre*, les séquences se lancent en fonction de l'objet interactif qui est ramassé par le participant. Si celui-ci ramasse la « radio » une séquence particulière se joue, dans laquelle le participant (re)vit un souvenir dans lequel il danse avec sa fille. Si celui-ci ramasse la « peluche », il retrouve un nourrisson dans un landau et doit trouver le moyen de calmer ses pleurs. Si le participant ramasse le téléphone, il écoute une discussion avec sa fille, plus âgée, qui vient de quitter le domicile parental.

1.2.3 Espaces de proxémie

La scénographie de l'environnement de réalité virtuelle peut aussi s'envisager à travers des « espaces de proxémie¹²³¹». Ceux-ci définissent l'environnement en fonction de quatre dimensions interpersonnelles :

- La distance intime : d'autres individus - humains ou non humains (des monstres, par exemple) - se situent à moins de 40cm de du participant.

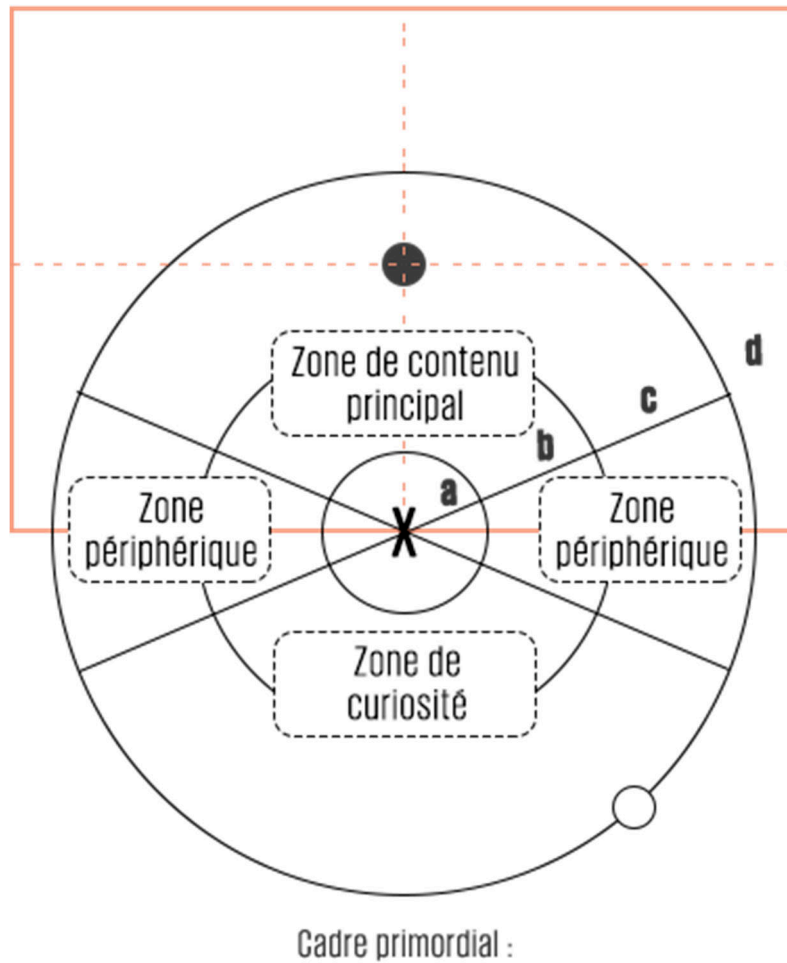
¹²³¹HALL Edward T. et alii, *Op. Cit.*, p. 91.

- La distance personnelle : d'autres individus se situent entre de 45cm et 125cm du participant.

- La distance sociale, d'autres individus se situent entre 120cm et 360cm du participant.

- La distance publique, d'autres individus se situent au-delà de 360cm de du participant.

Les zones de proxémie et les règles qui fondent la perception du système visuel, permettent une scénographie émotionnelle de l'environnement virtuel, c'est-à-dire propice à une bonne immersion et interaction émotionnelle de l'utilisateur. Cette organisation de l'espace virtuel est évidemment spécifique à l'humain et porte sur des interactions qu'il pourrait avoir avec d'autres individus dans l'espace social. À partir de ces informations, et en s'inspirant des *storyboard* de Jessica Brillart et de Katy Newton, nous avons donc élaboré un *storyboard* type - spécifique à la création de contenus avec I² émotionnelles en EV Pro - pour nos créations de réalité virtuelle. Celui-ci prend en compte la question des points ou des régions d'intérêts - ou point de focalisation, autrement dit ce que l'utilisateur regarde - la construction de l'espace autour de l'utilisateur - les zones périphériques, zone de contenu principal, zone de curiosité - et les espaces de proxémie. Nous avons créé ce nouveau *storyboard* car il était important pour nous de percevoir l'environnement du point de vue global (vue du dessus, organisations des éléments dans l'espace), mais aussi du point de vue du participant (vue subjective) afin de pouvoir nous mettre *à sa place*.



Points d'intérêts (POIs) :

X = utilisateur ; **a** = distance intime ; **b** = distance personnelle ; **c** = distance sociale ; **d** = distance publique

Figure 222 : Conception d'un *storyboard* spécifique à la réalité virtuelle avec l'émotionnelles (dessin de l'auteure)

Notre *story-board* est composé de deux cadres de référence :

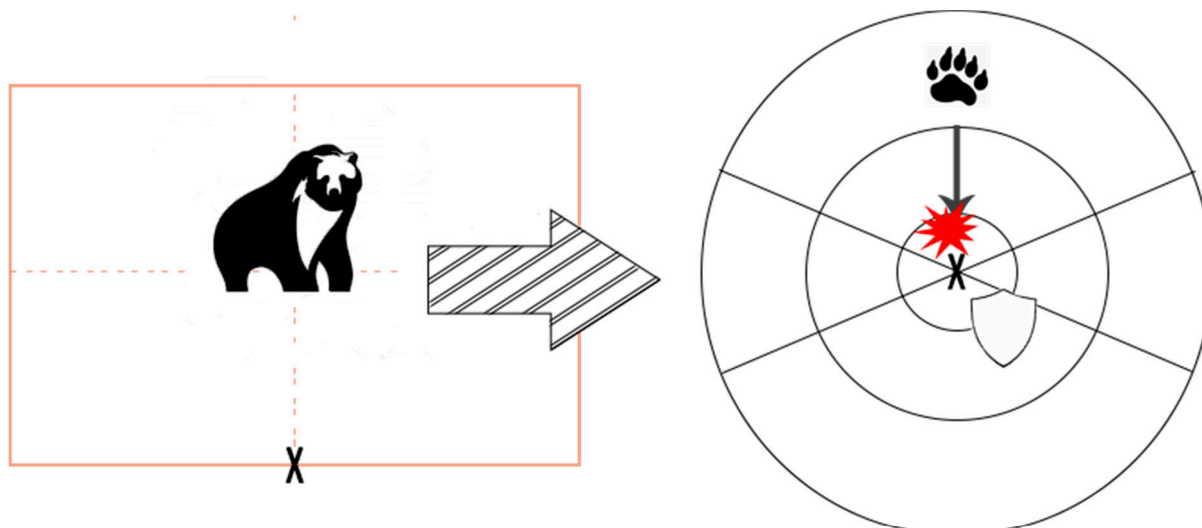
- La zone rectangulaire représente le cadre primordial - la première image que l'utilisateur voit quand il est immergé dans l'environnement virtuel - tel qu'il est perçu à la première personne par X (l'utilisateur). Dans ce cadre primordial, il y a un point central de degré 0° au milieu de l'image, symbolisé par un rond noir. C'est le premier point de focalisation (POI) de l'utilisateur : la première chose sur laquelle son attention se dirigera irrémédiablement.
- La zone ovale représente X (l'utilisateur) en vue du dessus. Elle nous donne un aperçu de l'environnement virtuel à 360° puisqu'il est nécessaire d'appréhender les objets qui composent cet environnement dans un mode de perception égocentré, autrement dit qui met

l'humain au centre. Nous retrouvons le point central au centre de l'image et dans la zone de contenu principal. Sur le second schéma, le rond blanc est un point de focalisation secondaire, qui permettra peut-être l'élaboration d'un montage focalisé. L'environnement virtuel est divisé en plusieurs zones qui ont notamment été théorisées par Mike Alger¹²³². Devant l'utilisateur, se situe la « zone de contenu principal », cette zone est caractérisée par un fort taux d'attention - correspondant à 94° = le « champ de vision droit¹²³³ » et 154° « champ de vision confortable avec mouvement de la tête » - et d'engagement de l'utilisateur. Sur les côtés se situent les « Zones périphériques ». Ces zones correspondent à l'espace maximum du champ de vision de l'utilisateur quand il est statique et qu'il tourne simplement la tête. À l'arrière se situe la « zone de curiosité », très rarement explorée par l'utilisateur mais qui peut générer un fort intérêt narratif et émotionnel lorsque ce dernier y trouve des informations. Ce schéma est aussi délimité en fonction des « espaces de proxémie » de Edward T. Hall à travers les concepts de distance intime (a), de distance personnelle (b), de distance sociale (c) et de distance publique (d), qui permettent une conception émotionnelle de l'environnement virtuel.

- En dessous des deux schémas se situe un espace descriptif. Il peut être utilisé pour décrire le cadre primordial et les points de focalisation présents dans l'environnement à 360° .

¹²³² ALGER, Mike, « VR Interface Design Pre Visualisation Methods », *Vimeo*, publié le 4 Octobre 2015, consulté le 13 Février 2018, [<https://vimeo.com/141330081>]

¹²³³ McCURLEY, Vincent, « Storyboarding in Virtual Reality », *Virtual Reality Pop*, publié le 22 Mai 2016, consulté le 12 Février 2018, [https://virtualrealitypop.com/storyboarding-in-virtual-reality-67d3438a2fb1?source=user_profile-----0-----]



Cadre primordial :

Ours à distance sociale du joueur
se dirigeant rapidement vers sa distance intime

Points d'intérêts (POIs) :

L'ours
Le bouclier

Figure 223 : Exemple de *Storyboard* simplifié

Pour l'exemple de notre *storyboard* simplifié, nous avons pris un cas d'étude basique d'un contexte situationnel pouvant générer la peur. Dans le rectangle à gauche, considéré du point de vue du participant - ce cadre nous permet de se mettre à la place de ce que voit l'individu - nous apercevons un ours. La flèche indique l'endroit vers lequel le participant va se tourner, d'après le concepteur-artiste qui a donc construit l'événement en ce sens (en ajoutant des *feedbacks*, par exemple). Grâce à la vue de haut (cercle à droite) qui distingue les différents espaces proxémiques de l'individu, nous comprenons que l'ours se situe à distance sociale, mais qu'il arrive aussi très vite dans la distance intime du participant. Celui-ci doit donc réagir, soit en fuyant - s'il n'est pas enfermé par la composition de l'environnement virtuel - soit en récupérant un bouclier situé au bord de sa zone périphérique droite, à distance intime, c'est-à-dire en fait, à bonne distance pour effectuer très vite une interaction car celle-ci ne nécessitera pas de déplacements¹²³⁴. Le participant comprend qu'un point d'intérêt se situe à sa droite car celui-ci émet une lumière ainsi qu'un son (un bruit de scintillement, par exemple), qui l'invite à se retourner. Nous pourrions imaginer d'autres moyens pour orienter les actions du

¹²³⁴ Nous devons souligner qu'il peut aussi ne pas réagir et fermer les yeux (état de sidération), le concepteur-artiste doit donc faire attention aux contextes situationnels qu'il met en place.

participant, comme un déplacement dans son champ de vision allant de gauche à droite, ou encore, comme la diffusion d'informations explicites via un affichage (HUD, *Heads Up Display*) sur le casque, par exemple.

1.3 Fonctionnalités émotionnelles dans les œuvres de réalité virtuelle

1.3.1 État de *flow* en réalité virtuelle

Pour rappel, l'état de *flow* consiste en un état optimal d'attention, de motivation et *in fine* de plaisir du participant dans une expérience. D'après ce que nous avons vu précédemment sur les processus attentionnels dans le cadre de la réalité virtuelle, nous comprenons que ces derniers s'élaborent différemment, en prenant notamment en compte la dimension proprioceptive humaine (les déplacements et gestes) dans l'environnement à 360°.



Figure 224 : Points d'intérêts dans *The Lab : Longbow* (Valve, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)

Par exemple, dans *The lab : Longbow* (Valve, 2016, expérience de réalité virtuelle), le participant doit voir plusieurs points d'intérêt : les « mobs » - personnages généralement très faibles, contrôlés par une IA -, les armes, les pièges (barils de feu), les objectifs (la porte, que

les ennemis ne doivent pas détruire) et les « *lanes* », c'est-à-dire « les trajectoires » que suivent les ennemis dans l'environnement. À partir de ces informations, pour maîtriser son expérience le participant doit comprendre la distance qui sépare les ennemis de la porte, c'est-à-dire celle qui le sépare du « game over » de l'endroit où apparaissent les ennemis sur la carte (le point de « spawn »). Dans le cas présent, il était donc nécessaire de concevoir une expérience qui limite l'observation du joueur entre ces deux informations, afin qu'il puisse se concentrer sur son geste interactif principal : viser/tirer à l'arc, sur les ennemis, sur les pièges.

Mise à part la réduction artificielle du champ de vision, d'autres outils visuels et sonores sont mis à la disposition du concepteur-artiste pour orienter l'attention du joueur en réalité virtuelle. Parmi les plus observés dans notre corpus d'œuvres, nous retrouvons :

- Le monde figé vs. Les éléments du monde en mouvement : le flux optique et la vision périphérique crée le mouvement¹²³⁵ .



Figure 225 : Jökullinn fjallgöngumaður (tiré de Jessica Brillhart, « In the Blink of a Mind-Attention »¹²³⁶)

- Le contraste entre lumière et obscurité : le système visuel est sensible aux contrastes spatiaux (de couleur, de luminosité), la vision humaine se basant par exemple sur

¹²³⁵ La détection du mouvement se faisant par la « déformation de l'image sur la rétine pendant un déplacement qu'on appelle "flux optique" », dans BERTHOZ, Alain, *Op. Cit.*, 1997, p. 69.

¹²³⁶ BRILLHART, Jessica, « In the Blink of a Mind-Attention ». *Medium*, publié le 5 Février 2016, consulté le 13 Février 2018, [https://medium.com/the-language-of-vr/in-the-blink-of-a-mind-attention-1fdff60fa045?source=user_profile-----1-----]

une « différence de contraste entre des points noirs et blancs¹²³⁷ ». Les contrastes spatiaux permettent donc aux images d'être plus visibles par le participant.

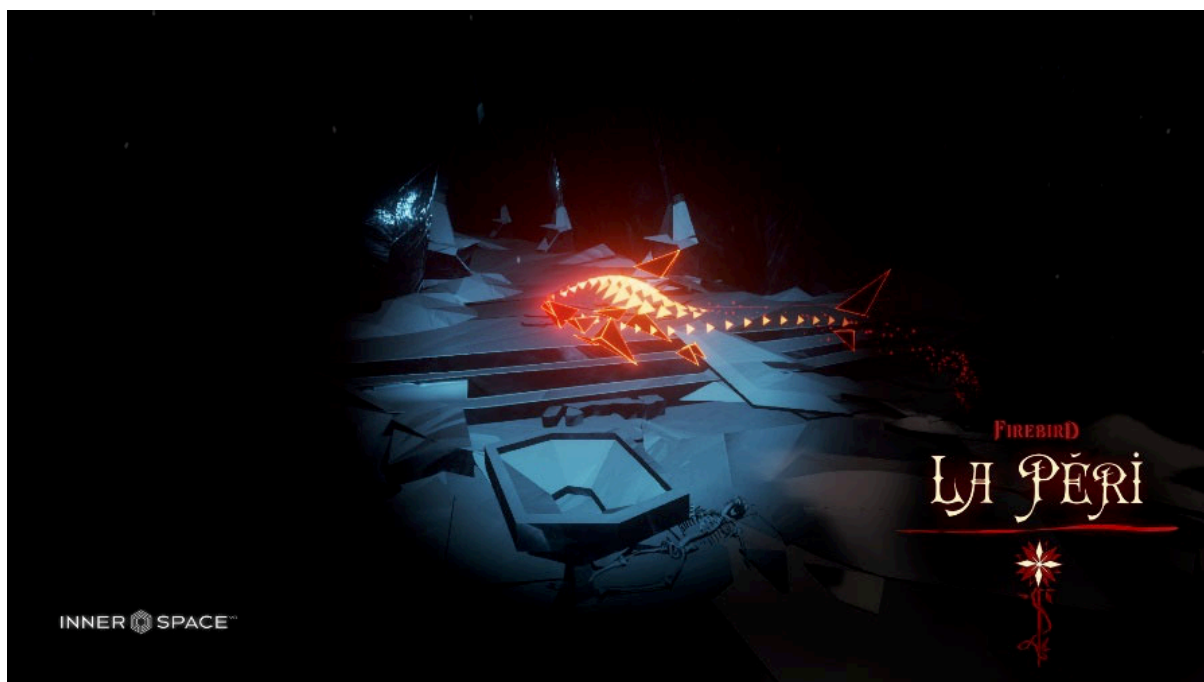


Figure 226 : Firebird : La Peri (Innerspace VR, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)

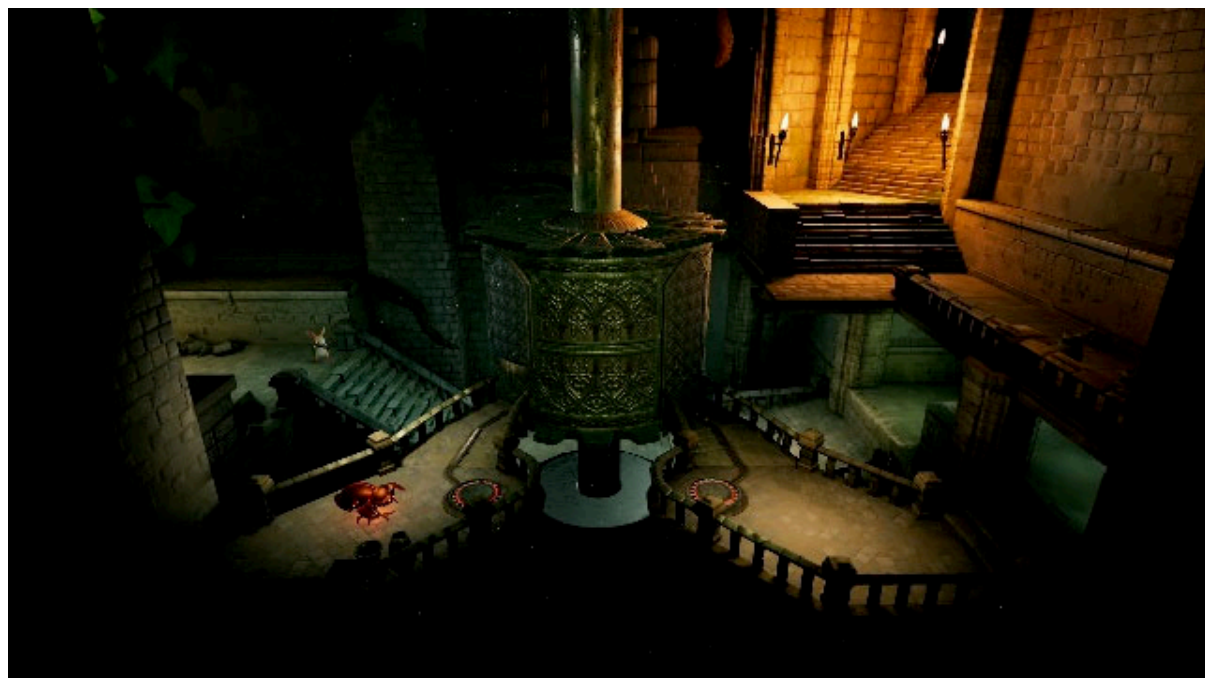


Figure 227 : Points de luminosité dans Moss (Polyarc, 2018, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)

¹²³⁷ FUCHS, Philippe, *Op. Cit.*, 2016, p.77.

- La direction du son : en partant du principe qu'il est *a minima* stéréophonique, mais il peut aussi être spatial (binaural¹²³⁸, « ambisonique », voire « holophonique »). Cette technique d'enregistrement est souvent utilisée dans le cadre des expériences de vidéo 360° - la spatialisation du son peut se faire directement dans les moteurs d'expérience *Unreal Engine* ou *Unity*, dans le cadre de la réalité virtuelle - car elle permet de *se mettre à la place du participant* ou de l'observateur, d'un point de vue sonore. À ce titre, le *Ghost Orchestra Project* (David Poirier-Quinot, Bart Postma, Julie Meyer, Cryil Verrecchia, Brian F. G. Katz, Jean-Marc Lyzwa, 2013-2017, vidéo 360°), consiste à l'élaboration d'une performance de son 3-D (ou ambisonique) en vidéo 360° ayant pour objectif de recréer un concert conforme aux conditions d'écoute habituelle, à l'intérieur de la cathédrale de Notre-Dame de Paris. Aussi, la spatialisation du son est percevable depuis différents points d'écoute, puisque l'individu « navigue » virtuellement dans l'image grâce à la prise de vue à 360° et les effets de travelling.



Figure 228 : *Ghost Orchestra Project* (David Poirier-Quinot, Bart Postma, Julie Meyer, Cryil Verrecchia, Brian F. G. Katz, Jean-Marc Lyzwa, 2013-2017, expérience de vidéo 360°)

¹²³⁸ Une technique parmi d'autres pour la prise de son binaurale consiste à disposer des microphones sur une tête de mannequin, à l'endroit de chaque oreille.

- Les phénomènes d'attention partagée : l'utilisateur « observe les yeux d'une personne et suit la direction de son regard, ce qui lui permet de déterminer ce sur quoi elle porte son attention¹²³⁹ ». Si la personne qui regarde un objet en particulier exprime à son contact une expression de dégoût (ou de peur, etc.), l'utilisateur utilisera cette réaction émotionnelle comme un commentaire négatif sur ledit objet : il s'agit ici d'un phénomène de « référence sociale ». Cet effet a notamment pour fonction notamment de connaître les intentions d'autrui.
- L'effet cocktail party¹²⁴⁰ : l'utilisateur redirige son attention (psycho-acoustique) afin de suivre le déroulement d'un discours tout en restant attentif aux autres signaux sonores. Cet effet est souvent produit par la perception soudaine du prénom du sujet dans une conversation à laquelle il ne participe pas. Cet effet nécessite d'obtenir des informations précises sur le participant.

Aussi, afin de clarifier au mieux le déroulé de l'expérience, dans le cadre de nos projets *Winter Break* et *The Burning Descent* nous avons aussi travaillé sur l'intégration multi-sensorielle des informations. Celui-ci repose sur un couplage sensoriel harmonieux qui favorise la cohérence entre le voir, l'entendre et le sentir. Par exemple, un participant attrapera plus facilement un objet en mouvement s'il l'entend venir en même temps qu'il le voit et si, lorsqu'il l'attrape, il sent virtuellement cet objet dans sa main. Une information venant du toucher, de la vue ou de l'audition va faciliter « le traitement des stimuli provenant d'autres modalités sensorielles¹²⁴¹ ».

1.3.2 Etat de flow émotionnel en réalité virtuelle

¹²³⁹ PACHERIE, Élisabeth, « L'empathie et ses degrés », dans BERTHOZ Alain, JORLAND Gérard (dirs.), *L'empathie*, Paris, Odile Jacob, 2004, p. 171.

¹²⁴⁰ Cet effet a été découvert par CHERRY, Colin, « Some experiments on the recognition of speech with one and two ears », *Acoustical Society of America*, n° 25, 1953, p. 975-979.

¹²⁴¹ TARROUX Philippe, AUVRAY Malika, « La perception visuelle », dans Michel Denis (dir.), *La Psychologie cognitive*, Fontenay-Le-Compte, Édition de la Maison des sciences de l'homme, « Cogniprisme », 2012. p.58.

Pour rappel, le *flow* émotionnel tel qu'il est décrit au chapitre précédent comprend neuf principes. Nous l'actualisons ici dans le cadre d'une expérience en réalité virtuelle (certains points ne changent pas). Le *flow* émotionnel en EV_Pro requiert donc :

1. Des objectifs émotionnels clairs et une manière sûre de les atteindre : le participant doit comprendre comment ses émotions interagissent avec l'expérience et de quelle manière il peut les maîtriser pour profiter au maximum des défis proposés. Dans le cadre d'une expérience en réalité virtuelle, la « manière sûre » d'atteindre des objectifs doit comprendre aussi la dimension proprioceptive du participant, et le concepteur-artiste doit maîtriser un savoir-faire propre aux I² sensorimotrices, cognitives, fonctionnelles et émotionnelles. Cette maîtrise comprend par exemple l'usage des Aides Logicielles Sensori-motrices (AL Sm), des Aides Logicielles Cognitives (AL Cog) et des Aides Logicielles émotionnelles (AL Emo).

2. Un retour d'information immédiat des émotions du joueur que celles-ci apparaissent dans leur forme taxonomique - par exemple, lorsqu'un capteur détecte un pic d'activation physiologique dans un contexte situationnel de peur, déduisant ainsi l'état émotionnel du participant - ou dimensionnelle. Celui-ci peut être diégétique, extradiégétique, implicite ou explicite. S'il est implicite, il devra quand même se faire sentir, notamment par la répétition de certains marqueurs (le participant doit finir par comprendre comment il peut maîtriser les contenus de l'expérience). Dans le cadre d'une expérience de réalité virtuelle, ce retour d'information peut être en lien avec une activité proprioceptive. Par exemple, dans *Superhot VR* (SUPERHOT Team, 2016, expérience de réalité virtuelle), la vitesse et l'amplitude des mouvements et gestes de l'individu ont une influence sur la vitesse de progression des éléments en 3-D dans l'environnement virtuel. Un effet de temps mort sur les ennemis, les armes et les balles est activé par la dimension proprioceptive de l'individu : lorsque celui-ci se déplace ou bouge, les contenus de l'expérience progressent plus vite jusqu'à lui.

3. Un juste équilibre entre les compétences émotionnelles et les défis émotionnels proposés au joueur qui met aussi au premier plan la dimension immersive et interactive (proprioceptive) du participant dans un environnement construit - esthétiquement, narrativement, fonctionnellement - à 360°. En fonction des choix effectués par le concepteur-artiste la dimension interactive est plus ou moins présente au sein de l'expérience.

Après étude de notre corpus d'œuvre et de nos propres créations, nous comprenons que l'interactivité se situe sur un continuum allant du moins interactif, le film ou le dessin animé en réalité virtuelle (voir l'expérience de réalité virtuelle *Battlescar*, Atlas V, Martin Allais, Nico Casavecchia, 2018, visiocasque) au plus interactif avec le jeu vidéo en réalité virtuelle (ou *gaming VR*). Les films ou dessins animés en réalité virtuelle limitent l'activité et la présence de l'individu dans l'environnement à 360° à ses déplacements et gestes, sans que ces derniers n'aient pour autant un impact sur l'expérience.



Figure 229 : *Battlescar*, Atlas V, Martin Allais, Nico Casavecchia, 2018, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque

Au centre de ce continuum, nous retrouvons l'expérience narrative en réalité virtuelle qui suppose un juste équilibre de co-création artistique : la narration est à l'avant plan de l'œuvre, toutefois l'interaction est aussi sollicitée afin que les participants s'approprient une partie l'expérience. Comme nous l'avons vu au chapitre 2, l'interaction a notamment pour effet de renforcer le sentiment de présence de l'utilisateur dans l'environnement (présence sensorimotrice). Enfin, le jeu vidéo en réalité virtuelle (*gaming VR*) implique une interactivité forte de la part du participant : ici les fonctionnalités du jeu sont plutôt mises en avant (voir nos œuvres *Winter Break* et *The Burning Descent*, par exemple).



Figure 230 : Continuum des formes créatives de réalité virtuelle en fonction de leur interactivité

4. L'action et la conscience sont des processus unifiés et permettent une immersion immédiate du joueur dans l'activité émotionnelle qui est proposée. Cette activité peut aussi être élaborée sur le plan proprioceptif. Par exemple, dans notre expérience de réalité virtuelle *Quand le cœur se serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022), lorsque le participant danse avec le personnage de sa fille, son rythme cardiaque s'intensifie, ce qui a pour effet d'augmenter la vitesse de l'animation du personnage de synthèse ainsi que le nombre et la vitesse de propagation des particules qu'il génère. Ainsi, l'activité physiologique du participant et l'activité comportementale du personnage virtuel se synchronisent pour représenter un lien parental, fusionnel.

5. Les distinctions ne sont pas prises en compte par le joueur qui se focalise uniquement sur « ce qui est pertinent ici et maintenant¹²⁴² » d'un point de vue émotionnel. Dans le cadre de la réalité virtuelle, il faut donc travailler autour d'une expérience transparente, c'est-à-dire surtout sans problème de cybercinétose¹²⁴³ (*motion sickness*).

6. Le joueur ne connaît ni inquiétude, ni échec dans la « maîtrise » de ses émotions lors du *flow*. Si tel est le cas, cela signifie qu'il n'est pas assez concentré sur son activité pour entrer dans un état (optimal) de *flow* émotionnel. Toutefois, cette maîtrise dépend aussi des systèmes physiologiques qu'il doit apprendre à réguler (voir chapitre 6 pour une taxonomie des types de mesure physiologiques en fonction de la régulation humaine).

¹²⁴² CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Beyond boredom and anxiety : the experience of play in work and games*, San-Francisco-Londres, Jossey-Bass Publishers, 1975, p. 112.

¹²⁴³ La cybercinétose est un trouble lié à l'activité de l'utilisateur dans les environnements virtuels, résultant d'une incohérence entre la perception visuelle et vestibulaire. Cette incohérence est perturbatrice, c'est-à-dire qu'elle empêche l'utilisateur d'agir à sa convenance (en provoquant des nausées, par exemple).

7. La conscience de soi disparaît, est mise de côté au cours de l'activité ou à l'inverse réapparaît sous des formes esthétiques, narratives et fonctionnelles dans le cadre des boucles de rétroaction médiées (pour plus de détail voir le chapitre 8).

8. La perception du temps est altérée et souvent « oubliée » au cours de l'expérience. La réalité virtuelle en particulier produirait un effet de « compression du temps¹²⁴⁴ » qui s'exprime par « une durée longue compressée en une expérience perçue plus courte¹²⁴⁵ ». D'après les dernières recherches effectuées et qui comparaient une conformation en EV_Ext et en EV_Pro, cette compression du temps serait relative au dispositif de réalité virtuelle plutôt qu'à son contenu¹²⁴⁶. Pour la diffusion des mêmes contenus, les EV_Pro susciteraient « une excitation plus élevée¹²⁴⁷ » que les EV_Ext. Les niveaux d'excitation (*arousal*) seraient directement associés aux échelles de « dilatation du temps¹²⁴⁸ », ce qui corrobore avec les principes de l'état de *flow*, d'attention et de plaisir optimal. Toutefois, cette dernière acception n'a toujours pas été confirmée par la recherche actuelle¹²⁴⁹. Les auteurs de cet article pensent surtout que la compression du temps est due à « la conscience corporelle [interoceptive]¹²⁵⁰ » plutôt qu'au facteur attentionnel, d'excitation ou de mémoire :

« Il a été constaté que la précision de l'estimation du temps est significativement corrélée à la fois par la capacité d'estimer sa propre fréquence cardiaque (Meissner et Wittmann, 2011) et à la variabilité de la fréquence cardiaque elle-même (Cellini et al, 2015). Une étude plus récente a révélé que les personnes ayant une précision intéroceptive élevée sont moins sensibles aux distorsions de la perception du temps induites par les émotions (Özoğlu & Thomaschke, 2020)¹²⁵¹ ».

¹²⁴⁴ MULLEN Grayson, DAVIDENKO Nicolas, « Time Compression in Virtual Reality », *Timing & Time Perception*, vol. 9, 2021, p. 377-392.

¹²⁴⁵ *Ibid.*, p. 377.

¹²⁴⁶ *Ibid.*, p. 387.

¹²⁴⁷ *Ibidem.*

¹²⁴⁸ *Ibidem.*

¹²⁴⁹ *Ibidem.*

¹²⁵⁰ *Ibid.*, p. 388.

¹²⁵¹ *Ibidem.*

En effet, dans le cadre des expériences de réalité virtuelle (hormis CAVE), le corps du participant s'efface - dans la plupart des cas il est surtout représenté par des mains virtuelles - à la différence des EV_Ext où le participant perçoit encore son corps.

9. L'activité devient autotélique et parfois autopoïétique (dans le cadre des expériences avec boucles de rétroactions médiées, voir les chapitres 6 et 7). Par conséquent, les expériences autopoïétiques de réalité virtuelle favorisent une attention sur toutes les formes de stimuli possibles : extéroceptifs, proprioceptifs et interoceptifs.

2. *Quand le Coeur se Serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022)

2.1 Hypothèses et expérimentations

Pour appréhender nos recherches sur les I² émotionnelles de manière empirique, nous avons notamment créé une expérience narrative de réalité virtuelle : *Quand le cœur se serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022). La première étape de création de *Quand le cœur se serre* a consisté à la conception du matériel (*hardware*) nécessaire aux I² émotionnelles et notamment sur le choix du capteur ECG que nous allions utiliser. Notre choix se portait sur trois capteurs différents, un capteur Protocentral HeartRate Sensor Pulse Oximeter, un capteur PulseSensor, et un capteur de la gamme Polar Beat. Nous avons opté pour le capteur PulseSensor, puisque le capteur Protocentral HeartRate Sensor Pulse Oximeter avait un rapport qualité/prix qui ne convenait pas à l'éventualité d'une production à grande échelle - or, notre objectif était de démontrer qu'il est possible de démocratiser ce type de création artistique - et le capteur Polar Beat contraint l'accès à ces paramètres¹²⁵², par conséquent nous n'avons pas pu les exploiter en temps réel.

¹²⁵² L'interface de programmation d'application (API) est « fermée », c'est-à-dire qu'elle n'est pas accessible par des tierces personnes.

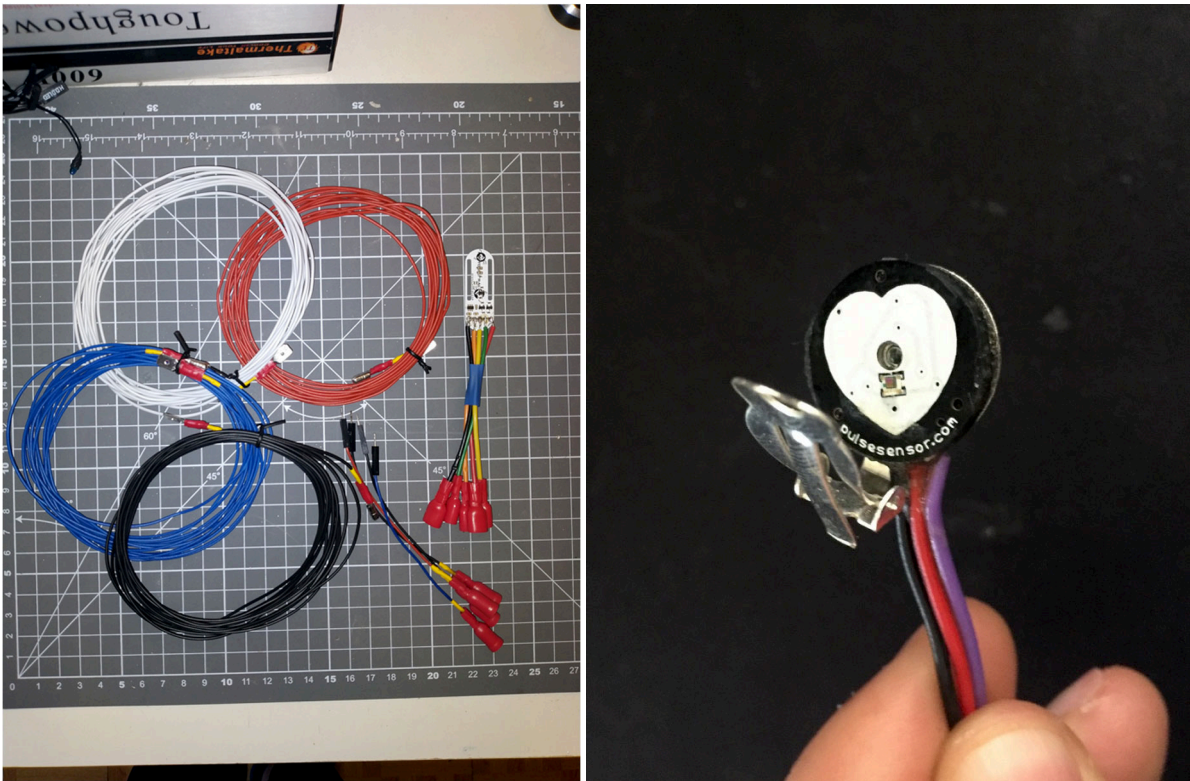


Figure 231 : Fabrication du capteur de pléthysmographie cardiaque Protocentral (à gauche) et PulseSensor (à droite)

Dans un deuxième temps, nous avons dû relier le capteur ECG à une carte Arduino Uno, afin de pouvoir en extraire les données cardiaques mais aussi pourquoi pas, oxymétriques, puisque le capteur que nous avons choisi permet de mesurer ces deux valeurs. Nous avons donc soudé les câbles de cuivres étamés au capteur ECG et nous les avons ensuite branchés sur une carte Arduino Uno de cette manière : le câble VCC est branché sur +5V (tension d'alimentation), SCL sur la connection A5 (horloge en série), SDA sur A4 (données en série) et GND sur GND (prise terre : sécurise le circuit électrique/résistance). Cette première phase de conception du matériel a été atteinte lorsque nous sommes parvenus à lire un rythme cardiaque sur le software Pulse Oximeter.

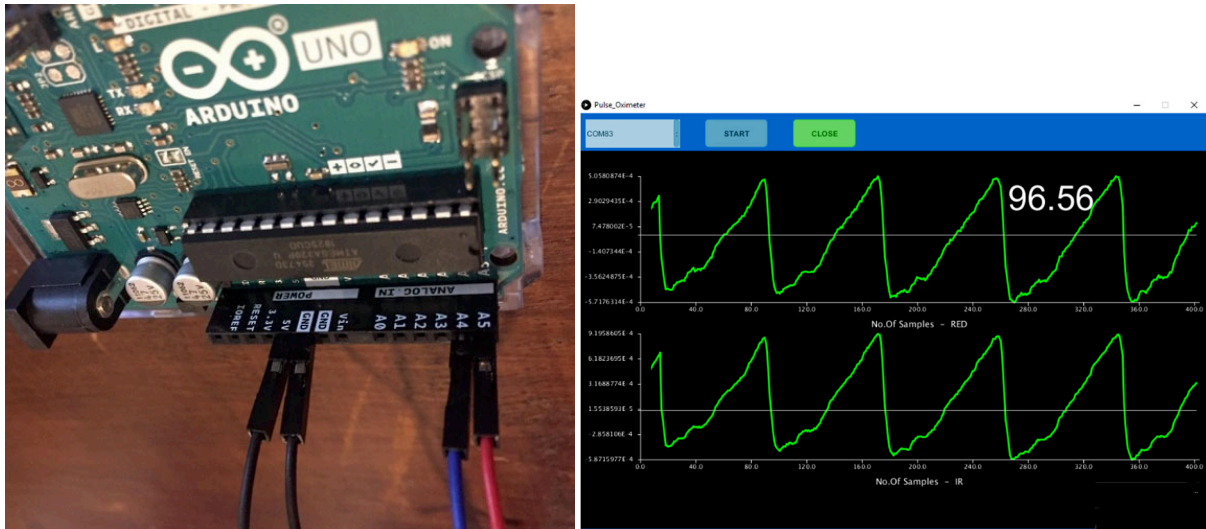


Figure 232 : à gauche, branchement du capteur sur la carte Arduino Uno
 À droite, activité cardiaque du participant sur le logiciel Pulse Oximeter

Après réalisation de la phase 1, nous cernons davantage les contraintes liées à l'utilisation du capteur ECG dans le cadre d'une expérience de réalité virtuelle. Dès que celui-ci bouge à la surface de la peau, du « bruit » s'ajoute à la mesure. Pour pallier cela, nous souhaitons donc optimiser notre dispositif en modifiant notamment sa configuration - peaufiner les soudures, les fils etc. ou réfléchir à un modèle en Wifi - et son ergonomie en changeant son emplacement du doigt ou du poignet, à l'oreille. Nous optons finalement pour une configuration du capteur ECG de type « boucle d'oreille ».

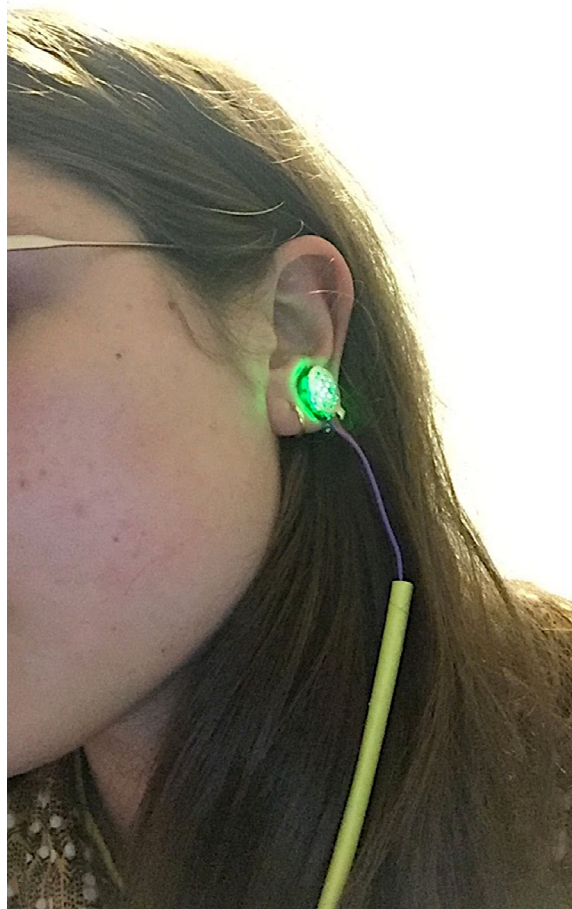


Figure 233 : Test du capteur ECG en boucle d'oreille

Une fois le capteur ECG relié à la carte Arduino, une nouvelle étape nécessitait de configurer la communication de la carte avec le logiciel de création d'expérience Unreal Engine. À ces fins, nous avons produit un module externe (*plugin*) permettant aux deux entités de communiquer en temps réel. Ce module externe permet aussi d'utiliser quelques outils en *blueprint* capables de modéliser les I² physiologiques et émotionnelles dans l'environnement virtuel. Si aucun capteur ECG n'est détecté, le module externe enclenche un mode « simulateur » (*simulate heartbeat*) qui feint la présence d'une activité cardiaque : ce mode nous a surtout servi dans le contexte de création artistique, afin de prototyper les interactions de base. Il nous a très peu servi dans le cadre des restitutions car le capteur ECG a toujours été fonctionnel, toutefois en cas de problème cette aide logicielle permettait de prendre le relais afin de ne pas sortir le participant de son expérience.

```

UE4Duino.uplugin  X
Schéma : <Aucun schéma sélectionné>
1  {
2  "FileVersion": 3,
3
4  "FriendlyName": "UE4Duino",
5  "Version": 2,
6  "VersionName": "2.2.4",
7  "CreatedBy": "Rodrigo Villani",
8  "Description": "Enables communication between UE4 and COM ports",
9  "Category": "Input",
10
11 "EnabledByDefault": false,
12
13 "Modules": [
14 {
15 "Name": "UE4Duino",
16 "Type": "Runtime",
17 "LoadingPhase": "PreDefault",
18 "WhitelistPlatforms": [
19 "Win32",
20 "Win64"
21 ]
22 }
23 ]
24 }

```

Figure 234 : Module externe (*plugin*) servant à la communication entre la carte Arduino Uno et le logiciel de création d'expérience Unreal Engine

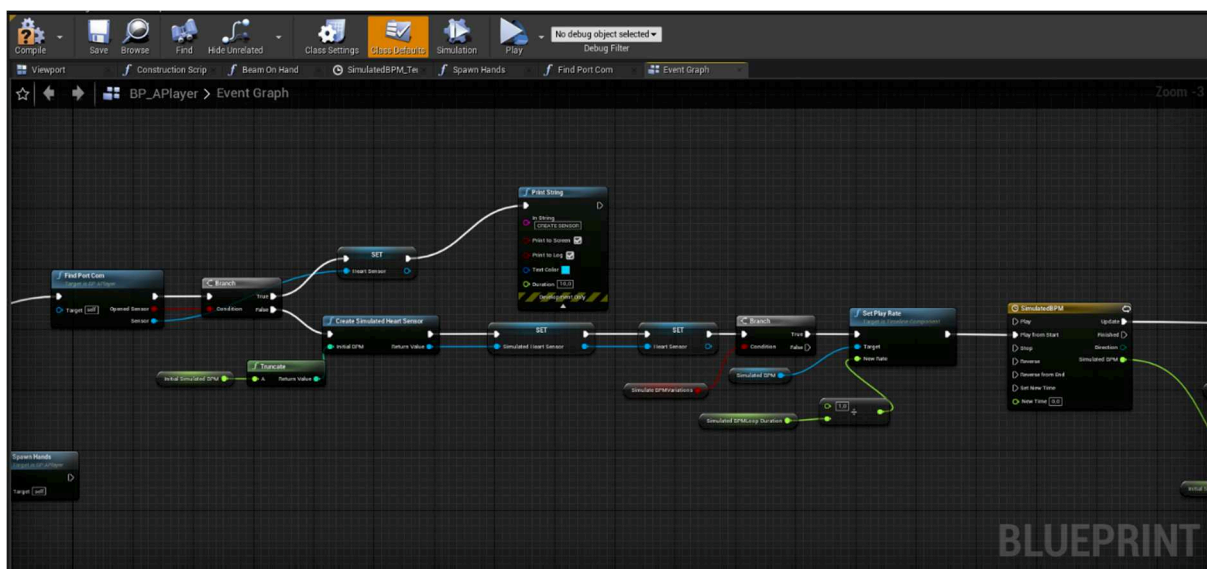


Figure 235 : Outils *blueprint* pour la création I² physiologiques et émotionnelles

Les étapes matérielles et logicielles étant désormais configurées, notre travail a consisté ensuite à produire des I² physiologiques, voire émotionnelles si l'on prend en compte l'élaboration et la maîtrise du contexte situationnel (induction émotionnelle).

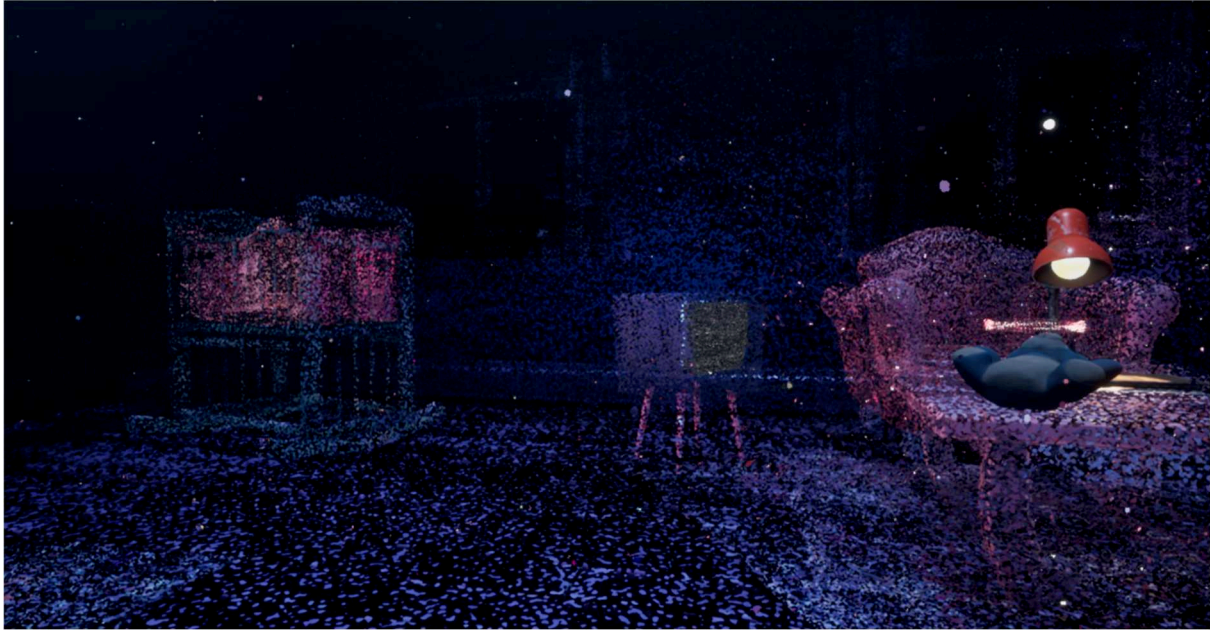


Figure 236 : Direction artistique en "pointillisme 3-D", salon en particules

Dans notre œuvre avec I² émotionnelles *Quand le cœur se serre*, le participant se retrouve dans un salon en particules contenant plusieurs souvenirs et réminiscences de sa vie passée (épisodes émotionnels). L'expérience est un conte eschatologique élaborée pour un visiocasque Oculus Rift S ou HTC Vive et elle bénéficie aussi d'un capteur ECG (Pulse Sensor) fonctionnant par pléthysmographie cardiaque (voir le chapitre 5). À ce stade de notre production, l'expérience fonctionne par boucle de rétroaction physiologique médiée puisque nous n'avons pas encore intégré de modèle d'analyse émotionnelle. Toutefois, pour constituer les épisodes émotionnels capables de générer un état de *flow* émotionnel chez le participant, nous nous sommes appuyés sur certaines théories abordées dans ce chapitre. Nous avons travaillé le récit afin qu'il intègre une tension narrative dans l'objectif de stimuler la curiosité et la surprise chez le participant : notre œuvre se situe donc à un troisième degré d'I² émotionnelles, avec capteur, avec modèle d'induction, toutefois sans modèle d'analyse. Ainsi, le participant se retrouve dans un salon, sans savoir ni pourquoi ni comment, et devra déceler la raison de sa présence en ces lieux en (re)vivant les souvenirs de son personnage. Il apprendra à la fin qu'il est en fait décédé (*plot twist*), puisqu'il a assisté à la fin du monde : la lune, présente au-dessus de lui tout ce temps s'écrase sur la terre et fait ainsi exploser le décor en particules (à cet instant les mains virtuelles du participant disparaissent aussi en particules pour signifier sa disparition).

Dans *Quand le cœur se serre*, nous avons utilisé une direction artistique en « pointillisme 3-D » grâce aux systèmes de particules de Unreal Engine (module externe Niagara, et *particles systems*) qui nous permettent de représenter des formes et des effets de « vortex¹²⁵³ » en trois dimensions (« effets 3-D »). Nous avons fait ces choix esthétiques afin d'observer *in fine* si ces « effets 3-D » ont plus d'impact émotionnel en réalité virtuelle (cette étude est en cours). Pour aller dans le sens de cette recherche, une comparaison avec un EV_Ext serait nécessaire, c'est une étude ultérieure que nous souhaitons produire. Nous les avons utilisés à des moments clés de la narration (au dénouement) afin d'accentuer la tension narrative. Les particules 3-D permettent aussi de symboliser les souvenirs comme des objets flottants et intemporels. Quand elles s'ajoutent à la technique du *morphing* (changement de formes d'un objet), elles permettent de souligner le caractère fantasmagorique, voire illusoire des éléments de la diégèse.



Figure 237 : Scène du vortex, explosion du décor en particules 3-D et *sprites* (2-D)

Enfin, nous avons travaillé à partir de l'approche d'humeur-indice de Greg M. Smith qui consiste à maintenir une ambiance, une humeur chez le participant (la nostalgie) qui fera émerger potentiellement une émotion (la tristesse, le deuil). Ainsi, nous avons disposé des éléments faisant référence à la fin du monde (tableau de *Mélancholia*, Lars Von Trier, 2011) et avons focalisé l'histoire du personnage sur sa relation avec sa fille. Cette dernière est présente dans l'environnement seulement par le souvenir, sous la forme de particules.

¹²⁵³ BARNIER Martin, KITSOPANIDOU Kira (dir.), *Op. Cit.*, p. 123.

2.2 Discussion

Cette expérience a été inaugurée lors d'une résidence croisée entre le Laval Virtual et Stéréolux et exposée trois fois : pendant le festival Recto VRso de 2021 (l'expérience sortait tout juste de sa phase d'écriture), pendant le festival Recto VRso de 2022 où elle a fait l'objet de nombreuses participations (environ cinq cents personnes) et lors du festival Virtual Reality Experience (VRE) à Rome, Bologne, Palerme et Potenza. Suite à ces restitutions, nous avons fait plusieurs constats :

- L'expérience de réalité virtuelle et en particulier l'expérience avec I² émotionnelles, ne dépend pas que de l'élaboration de l'œuvre virtuelle. Elle débute avant que le participant ne mette le visiocasque et cela pour deux raisons principales :

1. En premier lieu, parce que le participant arrive dans l'expérience avec un certain constructivisme individuel et culturel (vu au chapitre 1). Ainsi, nous avons pu observer plusieurs réactions face à notre expérience et les individus ayant vécu des événements similaires (en l'occurrence, la perte d'un être cher) étaient beaucoup plus touchés par l'histoire que nous proposons.

2. En second lieu, parce que le contexte situationnel dans laquelle nous retrouvons une œuvre - ici dans le cadre du festival d'art numérique Recto VRso, majoritairement - a déjà beaucoup d'influence sur l'état émotionnel des participants. À ce titre, Judith Guez a développé des « schémas de plongée¹²⁵⁴ », étapes d'immersion progressives, qui sont expérimentées par l'individu lors de son passage de l'environnement réel à l'environnement virtuel. Au festival Recto VRso, la scénographie dans laquelle se trouvait notre expérience était plutôt simpliste : une stèle sur laquelle était posé un visiocasque, accompagnée d'un écran d'ordinateur pour diffuser l'expérience au reste des observateurs. À l'avenir, nous souhaitons restituer notre œuvre dans un espace clos (une pièce fermée) - puisque notre expérience est plutôt intimiste - et qui possède un grand écran et des enceintes afin de diffuser l'expérience narrative au reste des spectateurs. Par conséquent, nous aimerions suivre une logique d'exposition qui serait

¹²⁵⁴ GUEZ Judith, *Op. Cit.*, 2015, p. 421-422.

davantage filmique : le participant est dans une expérience de réalité virtuelle (EV_Pro) et les spectateurs autour, vivent l'expérience d'un point de vue cinématographique (EV_Ext).



Figure 238 : Restitution de *Quand le coeur se serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022) au festival d'art numérique, Recto VRso, 2022

- L'expérience de réalité virtuelle avec I² émotionnelles doit faire comprendre au participant de manière implicite (mais répétée) ou explicite, son fonctionnement émotionnel et par conséquent, les moyens qu'il doit mettre en œuvre pour maîtriser son activité émotionnelle (régulation émotionnelle) afin de réaliser les challenges émotionnels proposés par l'œuvre (pour plus de détail sur ce point, voir au chapitre 8). Dans le cadre d'une exposition collective, comme au festival Recto VRso ou au festival VRE, il peut être intéressant de montrer l'activité émotionnelle du participant au reste des spectateurs. En effet, ce jeu entre les activités émotionnelles implicites et explicites peut aussi avoir lieu en fonction des différents espaces réels et virtuels, EV_Ext et EV_Pro, dédiés à l'expérience :

1. Les spectateurs observent le participant et peuvent voir l'activité émotionnelle de celui-ci grâce à la diffusion de l'expérience sur un écran, mais le participant ne peut pas voir explicitement son activité émotionnelle dans le visiocasque.

2. Inversement, les spectateurs ne peuvent pas voir l'activité émotionnelle du participant - ils ne peuvent voir que les effets de cette activité dans l'environnement virtuel -, mais le participant peut voir explicitement son activité émotionnelle et ainsi la maîtriser.

Quand le cœur se serre est une première expérimentation avec I² physiologiques et émotionnelles dans le cadre artistique de réalité virtuelle. Pour poursuivre notre recherche-création nous avons pour objectif d'enrichir les outils créatifs à notre disposition en créant par exemple, un module externe plus complet sur Unreal Engine dédié à la création artistique avec I² émotionnelles (voir les perspectives en fin de thèse). Ce module externe s'appuierait sur les recherches empiriques que nous avons produites et sur les modèles d'induction émotionnelle que nous avons étudiés et que nous voyons plus en détail dans une prochaine partie.

3. Modèles d'induction émotionnelle en environnement virtuel proprioceptif

3.1 Modèle artistique d'induction avec ou sans boucle de rétroaction médiée

Les techniques les plus utilisées pour manipuler les données d'induction dépendent de critères « basés sur des paramètres » (en anglais *parameter-based*), auquel cas les données physiologiques produisent directement les valeurs narratives, esthétiques et fonctionnelles de l'expérience. Comme nous l'avons vu précédemment, pour qu'une expérience fonctionne sur le mode d'une I² émotionnelle, celle-ci doit obligatoirement être « basée sur un modèle » d'analyse émotionnelle ou d'induction émotionnelle (en anglais *model-based*). Dans le premier cas, valable uniquement en cas d'utilisation de boucle de rétroaction médiée, les données physiologiques sont interprétées au prisme d'un logiciel permettant d'analyser les émotions du participant (chapitre 5). Dans le second cas, valable avec ou sans boucle de rétroaction médiée, les modèles d'induction émotionnelle aident à penser et générer les contenus d'un épisode émotionnel à partir d'effets émotionnels, narratifs, esthétiques et fonctionnels. Ces effets sont utilisés par les concepteurs-artistes pour maintenir le spectateur ou le participant dans un état de *flow* émotionnel (approche de Greg M. Smith).

Comme dit au chapitre 4, nous pensons que les émotions sont des phénomènes multidimensionnels et que par voie de conséquence, elles « sont des groupes de réponses à

plusieurs systèmes déclencheurs possibles¹²⁵⁵ ». Parmi les systèmes impliqués dans l'induction des émotions nous retrouvons « les nerfs faciaux et les muscles¹²⁵⁶ », « la prosodie » (la voix, la vocalisation, en anglais *vocalization*), « les postures corporelles et les muscles squelettiques », le « système nerveux autonome », « la cognition consciente » et le « système nerveux central non conscient¹²⁵⁷ ». Concernant la « cognition consciente » - pour rappel, au chapitre 1 nous évoquons l'existence d'une double voie de l'émotion -, elle influence le phénomène émotionnel en ajoutant dans un premier temps « une saveur qui donne à l'information son émotivité¹²⁵⁸ » et dans un second temps, en examinant « le signal émotif et les données sensorielles et décide si la réaction émotionnelle doit être augmentée ou inhibée¹²⁵⁹ ». Sur la base du fonctionnement du système limbique (le cerveau des émotions), nous pouvons donc proposer un « modèle de réseau associatif qui concerne le système émotionnel¹²⁶⁰ ». Dans le modèle de Greg M. Smith, un « nœud¹²⁶¹ » se focalisant sur l'émotion de peur par exemple, est associé à plusieurs stimuli capables de susciter l'émotion correspondante : « un souvenir d'enfance d'une chute de hauteur, une voix tremblante, l'action de courir [fuir], une accélération du rythme cardiaque, une

¹²⁵⁵ SMITH, Greg M., *Op. Cit.*, p. 23.

¹²⁵⁶ *Ibid.*, p. 24.

¹²⁵⁷ *Ibidem.*

¹²⁵⁸ *Ibid.*, p. 27. La théorie de Greg M. Smith s'inspire aussi de la double voie des émotions : « Les données provenant des sens passent par une porte sur leur route principale vers le cortex pour un traitement conscient. Une décision cruciale doit être prise à ce stade. Le thalamus qui garde la porte doit juger si les données qu'il vient de recevoir ont une signification émotionnelle. S'il décide que le signal nécessite une réponse émotionnelle, il relaie le signal par une voie secondaire vers le noyau émotionnel du son (appelé amygdale). Ce noyau émotionnel "pimente" les données, ajoutant une "saveur" qui confère à l'information son caractère émotionnel [...] Le noyau émotionnel (l'amygdale) est également connecté au traitement conscient dans le cortex. Le cortex examine le signal émotionnel et les données sensorielles et décide si la réaction émotionnelle doit être augmentée ou inhibée. Le cortex communique ensuite avec le noyau émotionnel, lui ordonnant d'inhiber ou d'intensifier le sentiment émotionnel. Les informations relatives à l'état des viscères commencent à parvenir au cortex dès le début du comportement émotionnel, et cette rétroaction entre dans le traitement global de l'information. Plusieurs signaux sont maintenant traités simultanément et de manière interactive : les données sensorielles, la tonalité de la sensation, les commandes du cortex pour inhiber ou intensifier les émotions, les commandes pour déclencher et poursuivre le comportement, et les informations sur l'état des viscères », *Ibid.* p. 27-28.

¹²⁵⁹ *Ibid.*, p. 27.

¹²⁶⁰ *Ibid.*, p. 29. Il est important de re-préciser ici que ce système associatif varie en fonction des cultures et donc de la construction sociale des émotions chez les individus.

¹²⁶¹ En anglais *node*, qui pour nous représente une fonction sous forme de « point » ou de « boîte » (dans le système Unreal Engine, par exemple) au sein d'un réseau, le plus souvent à l'intersection de deux branches.

augmentation de l'activité de l'hémisphère frontal droit dans le cerveau et un élargissement des yeux¹²⁶² ». Avec le modèle de Greg M. Smith, « si un seul de ces six systèmes est activé, les chances que le nœud de peur soit activé dans un réseau associatif sont faibles ». Autrement dit, plus le nombre de nœuds activés est grand et aussi, plus l'intensité des signaux d'émotion est élevée, plus il existe de chances pour que l'émotion dédiée soit « vécue et exprimée¹²⁶³ ». Les nœuds sont aussi connectés entre eux, autrement dit ils sont connectés à d'autres nœuds émotionnels, tels que la colère et la dépression, afin de démontrer que « certaines émotions peuvent souvent être vues ensemble¹²⁶⁴ ».

À partir des recherches de Greg M. Smith notamment, nous souhaitons poursuivre notre recherche-crédation en nous focalisant sur les outils de création d'I2 émotionnelles. À ce titre, nous souhaitons améliorer notre module externe compatible avec Unreal Engine, en lui ajoutant des paramètres d'induction émotionnelle et d'analyse émotionnelle (AL Emo) dédiés à la création artistique.

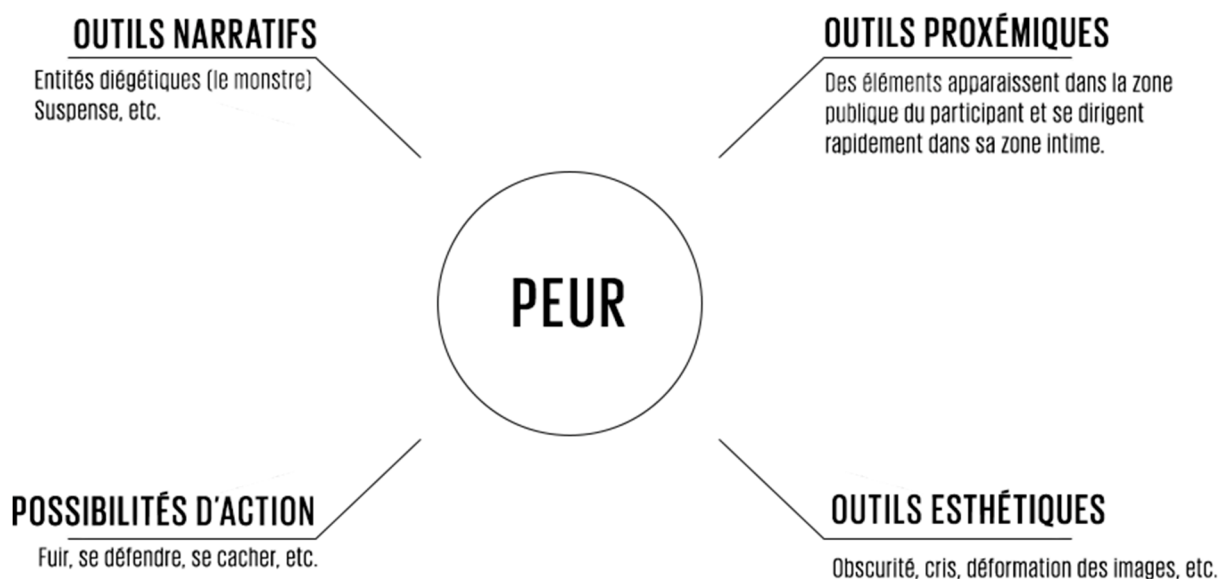


Figure 239 : Exemple d'un nœud (« node ») *blueprint* dédié au modèle inductif de la peur (dessin de l'auteure)

¹²⁶² SMITH, Greg M., *Op. Cit.*, p. 29.

¹²⁶³ *Ibidem.*

¹²⁶⁴ *Ibid.*, p. 30.

Un premier module externe (*plugin*) serait représenté sous forme de « nœuds » (*node*) et consisterait en une typologie d'éléments inductifs, renseignés en fonction d'une émotion de base¹²⁶⁵. Si le concepteur-artiste souhaite générer une émotion de peur, il a alors tous les paramètres accessibles à ses fins grâce au module externe : par exemple, il peut choisir de doter une IA d'un comportement agressif prédéfini (déplacement rapide vers le participant, par exemple). Ainsi, les typologies d'éléments esthétiques, narratifs, fonctionnels se mettraient au service des concepteurs-artistes souhaitant élaborer un contexte situationnel répondant aux logiques I² émotionnelles. Cela leur permettrait, entre autre, de naviguer entre différents affects dans le cadre de leur réflexion autour de l'œuvre - ce qui constitue donc une manière de mettre les I² émotionnelles au premier plan de la création - et de tester la réception de leur œuvre sur le plan émotionnel. D'après ce que nous avons vu tout au long de cette thèse, nous souhaitons que ces « nodes » émotionnels se composent de quatre types d'outils : les outils proxémiques, les outils esthétiques, les possibilités d'action et les outils narratifs. Par exemple, dans *Alien : Isolation* (Creative Assembly, Feral Interactive, 2014, jeu vidéo), la tension narrative repose sur la présence du monstre - l'alien (entité diégétique) - mais aussi sur notre seul moyen de lui faire face : se cacher (possibilité d'action). Ce modèle d'induction par « node » pourrait répondre à l'usage des boucles de rétroaction médiées telles que nous les avons conçues dans *Quand le cœur se serre* : si l'activité physiologique du participant augmente rapidement dans une expérience de réalité virtuelle horrifique, par exemple, alors l'individu ne peut plus fuir (possibilité d'action), l'environnement se déforme et les cris se font davantage entendre (outils esthétiques).

Dans le cadre de notre thèse, nous n'avons pas pu aller aussi loin que les recherches de Greg M. Smith, néanmoins nous avons pour ambition d'intégrer aussi dans *Quand le cœur se serre*, un deuxième modèle d'analyse émotionnelle capable de comparer l'activité physiologique (liée au capteur ECG), à l'activité narrative, esthétique présentée par l'expérience en temps réel. Par exemple, si le rythme cardiaque augmente soudainement quand la lune percute la maison dans laquelle se trouve le participant, alors nous pouvons en déduire que le participant est surpris, ou effrayé. Évidemment, un moyen de certifier cette information émotionnelle consisterait à croiser différentes informations sensorielles, cognitives etc. comme le fait Greg M. Smith à travers son modèle multidimensionnel.

¹²⁶⁵ Nous les choisissons comme premier cas d'étude puisqu'elles sont universelles.

3.2 *Modèle artistique d'induction avec boucles de rétroaction médiée*

Dans le cadre artistique, les interfaces émotionnelles peuvent être instrumentées par les participants au moyen de boucles de rétroaction médiée (*biofeedback*). Dans ces cas de figure les modèles d'induction doivent prendre en compte l'activité émotionnelle des participants et la retranscrire dans les EV_Ext et EV_Pro de manière implicite ou explicite, diégétique ou extra-diégétique, selon des coordonnées :

- Narratives, l'activité émotionnelle mesurée chez le participant à un effet sur la construction de l'histoire.

- Esthétiques, l'activité émotionnelle mesurée chez le participant à un effet sur ce qu'il « sent ou perçoit », autrement dit les paramètres sensibles de l'œuvre (forme, couleur, sons, etc.). Dans un article¹²⁶⁶, nous avons commencé à recueillir les pratiques artistiques - la *brainwave music* par exemple, et d'autres formes d'art numérique - qui utilisent des processus de surveillance des signaux biologiques (en anglais, *biosignal monitoring*). Ces créations utilisent différents modèles et paramétrages de « *mapping* », basés sur les paramètres ou basés sur un modèle, consistant à mettre en correspondance (*mapped*) « un objet d'un domaine source [...] en un autre objet dans un co-domaine¹²⁶⁷ ». Les paramètres exploités par les concepteurs-artistes usant de boucle de rétroaction médiée sont auditifs (audification¹²⁶⁸, sonification¹²⁶⁹),

¹²⁶⁶ DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021a, p. 137-158.

¹²⁶⁷ BARRASS Stephen, VICKERS Paul, « Sonification Design and Aesthetics », dans Thomas Hermann, Andy Hunt, John G. Neuhoff (dirs.), *The Sonification Handbook*, Berlin, Logos Verlag, 2011, p. 153.

¹²⁶⁸ L'audification correspondant à « l'amplification sonores des données psychophysiologiques mesurées. Cette technique est appliquée afin qu'un objet ou même un son inaudible d'ordinaire (les ondes cérébrales, par exemple) parvienne dans les seuils de perception de l'oreille humaine », DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021a, p. 147.

¹²⁶⁹ La « sonification » correspondant à une « technique de *mapping* s'effectuant à partir de modèles et qui suppose « la relation entre les données en relations perçues dans un signal acoustique dans le but de faciliter la communication ou l'interprétation », KRAMER Gregory, BONEBRIGHT Terri, COOK Perry et *alii*, « The Sonification Report : Status of the Field and Research Agenda », *National Science Foundation by members of the International Community for Auditory Display* (Rapport), Santa Fe, 1999, p. 3. La technique de sonification se divise en sous-catégories afin de créer du sens à partir des informations sonores : « “ les alarmes, alertes et avertissements ” (un message simple traduisant une urgence, un *beep* par exemple), “ message d'état, de processus et de surveillance ” (un son dont la moindre variation indique une information de changement : un moniteur patient [scope] de fréquences cardiaques, par exemple) “ l'exploration des données ” (un aperçu général, holistique des

visuels (visualisation¹²⁷⁰), haptiques (ou tactiles¹²⁷¹) et proprioceptifs. Dans ce dernier cas de figure, les signaux physiologiques ou émotionnels permettront aussi d'agir sur la manière dont l'individu se déplace virtuellement (par exemple, en accélérant ses mouvements ou déplacements). De la même manière, ces signaux peuvent influencer les déplacements des objets ou personnages (AI) dans l'environnement en modifiant ainsi leur positionnement proxémique. Les données physiologiques ou émotionnelles qui sont ainsi capturées pourront prendre des formes irréalistes, déconnectées du fonctionnement habituel du participant, puisque les fonctions vitales (et d'ordinaire végétatives) comme la respiration ou le rythme cardiaque peuvent en résumé, être utilisées pour accomplir des activités proprioceptives.

- Fonctionnelles, l'activité émotionnelle mesurée chez le participant à un effet sur les actions qu'il peut effectuer au cours de l'expérience. Dans ces derniers cas de figure, les modèles utilisés sont souvent adaptatifs, ils ajustent, personnalisent les contenus de l'expérience - aides logicielles ou capacité d'action - aux émotions de l'individu comme vu aux chapitres 6 et 7.

- Meta-artistiques (l'œuvre s'analyse elle-même), l'activité émotionnelle perçue chez le participant éclaire de manière générale et *a posteriori* sur la manière dont il a vécu l'expérience (trace physiologique, émotionnelle de l'expérience, voir le « senti-mètres » au chapitre 1).

4. Conclusion

signaux biologiques en paysages sonores) et ce que nous étudions plus particulièrement ici “ l'art, les loisirs, les sports et les divertissements ” », WALKER Bruce, NEES Michael, « Theory of Sonification », dans Thomas Hermann, Andy Hunt, John G. Neuhoff (dirs.), *The Sonification Handbook*, Berlin, Logos Verlag, 2011, p. 13-15.

¹²⁷⁰ La visualisation est par définition l'« action de rendre visible un phénomène qui ne l'est pas », -, « visualisation », *lalanguefrançaise*, pas de date de publication, consulté le 26 Septembre 2021, [<https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/visualisation>]. Ici il s'agit donc de l'activité physiologique du participant telle qu'elle est exprimée par des éléments visuels dans l'environnement (couleurs, lumières, etc.) et observée.

¹²⁷¹ Dans cette conjoncture, moins étudiée à un niveau émotionnel, les interfaces permettent idéalement à l'individu de percevoir le *feedback* de ses signaux physiologique ou émotionnels « d'après les modalités haptiques de formes, de textures et de températures (tactile), mais aussi de forces (proprioception musculaire) », DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 2021a, p. 148.

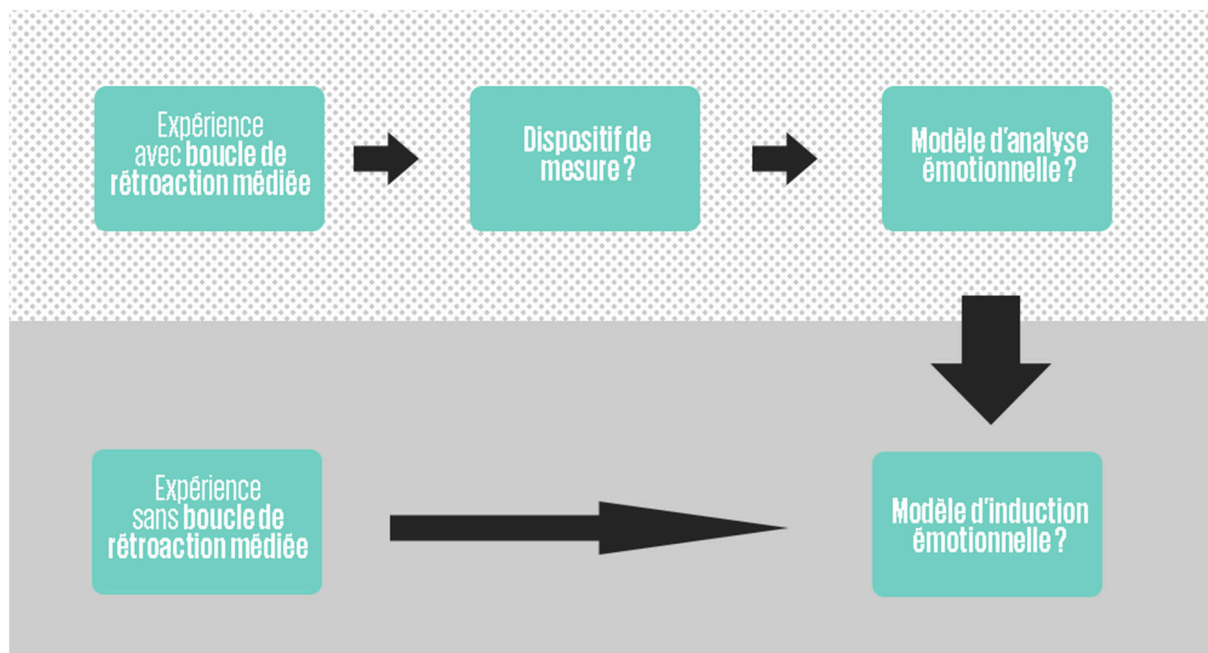


Figure 240 : Synthèse de l'élaboration des I² émotionnelles pour les concepteurs-artistes

Pour résumer notre approche de la création avec I² émotionnelles, deux cas de figure majeurs se proposent au concepteur-artiste. Dans un premier temps, celui-ci peut utiliser des boucles de rétroaction médiée, il aura alors besoin de bien choisir et de maîtriser un dispositif de mesure (voir le chapitre 5). S'il utilise un dispositif de mesure sans discours émotionnel, son expérience s'effectuera plutôt sur le mode des boucles de rétroaction physiologique (I² émotionnelle de deuxième degré, avec capteur mais sans modèle d'induction). Pour que celle-ci s'effectue sur le mode des boucles de rétroaction émotionnelle, il devra aussi employer un modèle d'analyse émotionnelle (comme celui de Greg M. Smith, par exemple). S'il utilise un dispositif de mesure avec un modèle d'induction émotionnel - modélisant sous des formes narratives, esthétiques, fonctionnelles et méta-artistiques l'activité émotionnelle de l'utilisateur - mais sans modèle d'analyse émotionnelle, son expérience s'effectuera à un troisième degré d'I² émotionnelles, avec capteur, avec discours émotionnel, sans modèle d'analyse des émotions. Dès lors, les configurations de troisième degré d'I² émotionnelles sollicitent donc des « boucles de rétroaction émotionnelles médiées ».

Toutefois, il serait faux de dire que toutes les œuvres I² émotionnelles passent par l'usage des boucles de rétroaction médiées. Nous avons vu au cours des deux chapitres

précédents, que dans certains processus d'écriture filmique, vidéoludique ou de réalité virtuelle, les I² émotionnelles sont au principe de la réflexion artistique : comment construire un récit qui impactera émotionnellement le spectateur ou le participant (tension narrative) ? Quels sont les moyens esthétiques que le concepteur-artiste peut solliciter pour générer des stimuli émotionnels (effets 3-D, par exemple) ? Comment maintenir le participant dans un état d'attention émotionnelle (*flow* émotionnel) ? Par conséquent, dans un deuxième temps de la création artiste avec I² émotionnelles « sans boucle de rétroaction médiée », les concepteurs-artistes devront élaborer un contexte situationnel propice à l'émergence d'un dialogue émotionnel usager-œuvre (autrement dit, un modèle d'induction émotionnel). Celui-ci est élaboré en amont d'après les paramètres narratifs (effets émotionnels narratifs), esthétiques (effets émotionnels esthétiques), fonctionnels (effets émotionnels participatifs) et a pour objectif de concevoir des « épisodes émotionnels » et de maintenir un « état de flow émotionnel » chez le spectateur ou le participant. Ces paramètres narratifs, esthétiques et fonctionnels portent sur des effets ou stimuli émotionnels perçus à distance dans le cas des EV_Ext (cinéma et jeu vidéo) qui peuvent dans certains cas, déjà avoir un bref impact proprioceptif. Dans le cas d'œuvres conçues en EV_Pro, ces effets ou stimuli émotionnels peuvent provenir d'informations extéroceptives comme proprioceptives (par exemple, proxémiques).

Conclusion et Perspectives

Par quels moyens les concepteurs-artistes peuvent-ils se réappropriier l'usage d'un dialogue émotionnel entre l'humain et l'œuvre de réalité virtuelle ? Quelles sont les notions fondamentales du fonctionnement émotionnel que le concepteur-artiste doit connaître ? Comment créer une œuvre sur le modèle de l'immersion et des interactions émotionnelles ? Vers quels outils de mesure, modèles d'induction ou modèles d'analyse, le concepteur-artiste peut-il s'orienter dans le cadre d'une telle création ? Qu'en est-il de la présence émotionnelle de l'utilisateur dans les œuvres conçues pour des environnements virtuels à distance et des environnements virtuels avec immersion proprioceptive ?

1. Guide pédagogique des méthodes immersives et interactives sur le plan émotionnel, en réalité virtuelle et pour les concepteurs-artistes

La partie théorique de notre thèse en convention industrielle de formation par la recherche nous a permis de comprendre le fonctionnement général des émotions, que nous avons ensuite appliqué à deux cadres artistiques en particulier : les environnements virtuels à distance ou les environnements virtuels avec immersion proprioceptive. Ces conformations usager(s)-œuvres dépendent aussi de sous-critères tels que le fait qu'elles soient passives ou interactives et individuelles, intersubjectives ou collectives. Nous en avons ensuite déduit des propositions sur le fonctionnement de l'immersion et de l'interaction émotionnelles dans le cadre artistique pour les concepteurs-artistes et les spectateurs ou les participants (étude de la réception).

Notre thèse répond à la nécessité d'envisager de nouvelles méthodes, de nouvelles notions ou d'en compléter certaines, au croisement de lectures et d'expérimentations en entreprise. À ce titre, nous avons produit un glossaire des notions définies et expliquées dans le corps de la thèse (voire en annexe) : boucle de rétroaction émotionnelle, interfaces émotionnelles, récompense émotionnelle, modèle autopoïétique, etc. Notre thèse possède donc un fort intérêt pédagogique et réflexif à destination des concepteurs-artistes. Voici dans le détail

quelques réponses à leurs questionnements sur les immersions et les interactions émotionnelles en environnement proprioceptif :

a. Qu'est-ce que sont les émotions ? Comment évoluent-elles à l'intérieur du corps humain et dans le corps social ?

Notre thèse débute par des rappels sur le fonctionnement des émotions qui permettront aux concepteurs-artistes de replacer leur création au sein d'un contexte scientifique éclairé. Ces rappels nous engagent dans une réflexion qui prend du sens, puisqu'elle est initiée à partir des dernières théories de sciences cognitives, de neurosciences et de physiologie afin d'envisager leur portabilité dans le domaine des arts. Nous avons souligné les postulats de la recherche sur les émotions, que les concepteurs-artistes doivent connaître, avec en priorité :

- La théorie périphéraliste, inaugurée par William James et qui suppose que l'émotion-consciente est la conséquence de la perception des changements corporels (de la sensation) : je tremble *donc* j'ai peur ou je pleure *donc* je suis triste. Cette approche de l'émotion-consciente suggère une implication forte du processus d'évaluation cognitive.

- Le modèle de Joseph Ledoux, qui suppose l'existence d'une « double voie » du phénomène émotionnel dans le cerveau. Ce modèle contient une voie rapide, directe, basse (sous-corticale) : le stimulus sensoriel prend la direction de l'amygdale en passant par le thalamus. L'information n'est pas traitée cognitivement et est par conséquent diminuée. Il contient aussi une voie lente, indirecte, haute (corticale) : le stimulus prend la direction du cortex cérébral (hippocampe) avant de parvenir jusqu'à l'amygdale. L'information est ici traitée cognitivement et est donc plus détaillée.

- Les modèles taxonomiques (émotions de base) et dimensionnels, qui permettent d'évaluer les contenus émotionnels sur trois modes (le plus souvent) : plaisir-déplaisir (valence), excitation-apaisement (arousal) et de contrôle (dominance). Dans cette thèse nous utilisons surtout le modèle circomplexe de James Russell et un modèle d'analyse et d'interprétation du ressenti que nous avons conçu sur la base d'un croisement entre l'approche taxonomique et dimensionnelle. Celui-ci nous permet d'estimer les taux d'activation d'une émotion en particulier afin de valider l'impact d'un contexte situationnel (ou d'un épisode émotionnel).

- Au premier chapitre, nous avons rappelé la fin de l'opposition entre les émotions et la cognition (le dualisme cartésien), pour faire valoir l'intérêt d'une recherche transdisciplinaire du phénomène émotionnel, à mi-chemin entre les études d'art et l'étude du corps humain. Sur le sujet, nous avons postulé que le corps et l'esprit fonctionnent via les deux voies qui les relient - les nerfs périphériques sensoriels et moteurs ainsi que la circulation sanguine - comme une « unité interne¹²⁷² » et non seulement comme un « je » (*je pense donc je suis*), mais aussi comme un « nous » intersubjectif et/ou collectif. Comme un « nous », la construction sociale du phénomène émotionnel fait varier (encourager, brider, neutraliser) l'expression de certaines émotions en fonction des cultures (les règles d'expression). Comme un « nous » intersubjectif, le phénomène émotionnel met en œuvre des processus qui relèvent d'un décentrement de soi, tel que l'empathie. Enfin, comme un « nous » collectif, anthropologique, le phénomène émotionnel peut aussi être abordé comme un fait biologique, héréditaire et universel (Charles Darwin), à travers les concepts d'émotions de base (Paul Ekman) et de déterminisme social qui impliquent des « processus de comparaison aux autres (comparaison sociale) et d'évaluation de soi¹²⁷³ ». Aussi, dans le troisième chapitre, nous distinguons les émotions intersubjectives qui apparaissent dans le cadre d'une relation de personne à personne, des relations collectives qui ont lieu à l'intérieur d'un « corps » social. Nous nous interrogeons sur la validité de ces processus dans le cadre d'une création numérique s'élaborant donc sans contact réel et immédiat entre les participants (médiation numérique). À ce propos, nous avons notamment réfléchi à des expressions émotionnelles numériques qui seraient compatibles avec des environnements virtuels bénéficiant d'une immersion proprioceptive (s'élaborant en fonction des déplacements et des gestes de l'utilisateur).

- Les émotions intersubjectives nécessitent qu'un individu puisse se *mettre à la place* d'un autre individu. Elles relèvent donc d'un décentrement de soi qui est notamment rendu possible par les technologies numériques en environnement virtuel perçu visuellement à distance ou avec immersion proprioceptive, à travers la question du point de vue qui est adopté (point de vue subjectif, en l'occurrence) et grâce aux opportunités d'interactions et d'expressions émotionnelles numériques : compétences expressives des avatars, *smiley*, *chat*

¹²⁷² DAMASIO, Antonio R. *L'Erreur de Descartes. La raison des émotions* [1994]. Trad. de l'anglais par Marcel Blanc. Poche Odile Jacob : Paris, 2017. (Coll. Sciences). p. 126.

¹²⁷³ BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia. *La face cachée des émotions*. Paris : Le Pommier, 2011. p. 68.

ou *streaming* de voix entre les participants, etc. Toutefois, ces phénomènes sont beaucoup plus prégnants en réalité virtuelle du fait de l'immersion proprioceptive qui engage davantage le corps des participants dans l'expérience. Dans cette configuration, la réalité virtuelle permet notamment de créer un « effet de présence » à l'intérieur de certains aspects de la vie d'autrui. Ce croisement des perceptions - égocentrée et hétérocentrée sur un objet - suppose aussi la conception d'une « empathie secondaire » qui permet d'appréhender le monde de manière objective.

- Les émotions vécues à plusieurs se distinguent à travers deux configurations qui regroupent trois individus et plus : les émotions de groupe et les émotions collectives. Le groupe influence notamment l'intensité des émotions ressenties - plus la cohésion est forte plus les émotions sont intenses - et possède un aspect normatif qui a pour effet de modeler les règles d'expressivité. Quant aux émotions collectives, elles constituent une réponse partagée, souvent simultanée et identique à un même stimulus, qui a pour effet de produire une « convergence émotionnelle entre les individus¹²⁷⁴ ». Dans les environnements virtuels, des modes de diffusion (numériques) permettent à l'émotion collective d'exister malgré la distance, tels que le partage social des émotions qui peut être médiatisé puisqu'il consiste en « l'évocation dans un langage socialement partagé des expériences émotionnelles de la vie quotidienne¹²⁷⁵ ». La contagion émotionnelle - qui ne nécessite pas d'être physiquement présent avec autrui - est quant à elle facilitée, voire renforcée du fait de leur viralité et de leur capacité à générer un phénomène d'abstraction avec le monde réel : dans ces milieux numériques, les usagers sont plus à l'aise à l'idée de partager leurs ressentis.

b. Quid du rapport usager-œuvre (ordinateur) sur le mode émotionnel ?

Dans le deuxième chapitre, nous avons souhaité comprendre le fonctionnement et le rôle de la boucle Perception - Cognition (Décision) - Action dans le cadre des expériences artistiques en environnements réels, virtuels perçus visuellement à distance ou virtuels avec immersion proprioceptive. Nous avons postulé que dans le cadre d'un environnement artistique réel, la boucle Perception - Cognition (Décision) - Action fonctionne « naturellement » puisqu'elle

¹²⁷⁴ DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc. *Op. Cit.* p. 4.

¹²⁷⁵ CHRISTOPHE, Véronique. *Le partage social des émotions du point de vue de l'auditeur*. Thèse de doctorat, Université de Lille III, France. 1997. p. 60.

répond à des règles ordinaires humaines¹²⁷⁶, celles de notre milieu de naissance (géocentrique). Dans le cas des environnements virtuels perçus visuellement à distance ou virtuels avec immersion proprioceptive, la boucle Perception - Cognition (Décision) - Action fonctionne selon la logique numérique et prend ainsi des formes interactives extra-ordinaires : pseudo-naturelles, symboliques (ou métaphoriques) et irréalistes. La capacité de vicariance du cerveau humain lui permet, notamment, d'explorer ces alternatives créatives. L'expérience de Michel Bret et Marie-Hélène Tramus, *La Funambule Virtuelle* (2000-2006, réalité virtuelle), nous offrait à ce titre un bon exemple de créativité vicariante sur le plan comportemental. En outre, la vicariance opère aussi dans le champ des immersions et interactions émotionnelles. Nous l'avons constaté avec l'expérience *Deep* de Marieke Van Rooij et *alii* (2016) par exemple, puisque dans cette œuvre la gestion de l'anxiété permet à l'individu de se déplacer dans l'environnement. Dès lors les fonctions de la régulation émotionnelle sont détournées pour produire une action extra-ordinaire, irréaliste, dans l'environnement virtuel. En effet, dans le cas des environnements virtuels perçus visuellement à distance ou virtuels avec immersion proprioceptive, les schèmes cognitifs et schèmes d'action que nous connaissons depuis notre enfance peuvent être perturbés : c'est le cas lorsque l'utilisateur rencontre des incohérences sensori-motrices perturbatrices qui peuvent par ailleurs aussi empêcher l'immersion et l'interaction émotionnelles (*motion sickness*). Ces incohérences sensori-motrices peuvent aussi être bénéfiques à la création artistique, comme nous l'avons vu à travers l'exemple des émotions tactiles (chapitre 5).

La décision au sein de ces environnements peut être influencée par des phénomènes émotionnels tels que les marqueurs somatiques, qui fonctionnent comme « un signal d'alarme automatique¹²⁷⁷ », en prévenant les actions de l'individu en fonction des résultats (souvent néfastes) qu'elles peuvent provoquer. Le phénomène émotionnel, en général, possède un rôle modérateur et motivationnel qui influence les décisions et actions entreprises par les individus. Par exemple, la capacité de l'individu à anticiper les conséquences émotionnelles de ses décisions et actions, a pour effet d'orienter ses choix dans l'objectif de maximiser ses chances de provoquer un résultat positif. Un autre exemple, les émotions immédiates (l'anxiété, par exemple), qui apparaissent au cours de la décision, peuvent aussi avoir un impact direct sur les

¹²⁷⁶ Dans le cadre artistique, certaines règles peuvent être déformées.

¹²⁷⁷ DAMASIO, Antonio R. *Op. Cit.* p. 240.

décisions prises par l'individu. Enfin, les émotions peuvent avoir un impact indirect, en modifiant la manière dont les conséquences émotionnelles sont traitées, jugées, par l'individu.

Notre réflexion au croisement de l'art et des sciences cognitives a donc débouché sur un modèle à quatre niveaux d'immersion et d'interaction, que nous avons augmenté et revisité en lui incorporant notamment des nouveaux concepts de « présence émotionnelle » et « d'aides logicielles émotionnelles » (voir glossaire), de « séquence émotionnelle dédiées aux concepteurs-artistes », des dispositifs et systèmes de mesure et d'analyse, ainsi que du rôle modérateur et motivationnel de l'émotion. Par le prisme de la régulation émotionnelle humaine, nous avons aussi proposer que le nombre d'actions comportementales virtuelles que l'individu peut effectuer dans le cadre des environnements virtuels avec immersion proprioceptive, comprend désormais cinq occurrences : observer, se déplacer, manipuler, communiquer et *réguler*. De plus, nous avons situé les émotions en deçà des immersions et interactions cognitives, pour faire valoir leur rôle modérateur et motivationnel.

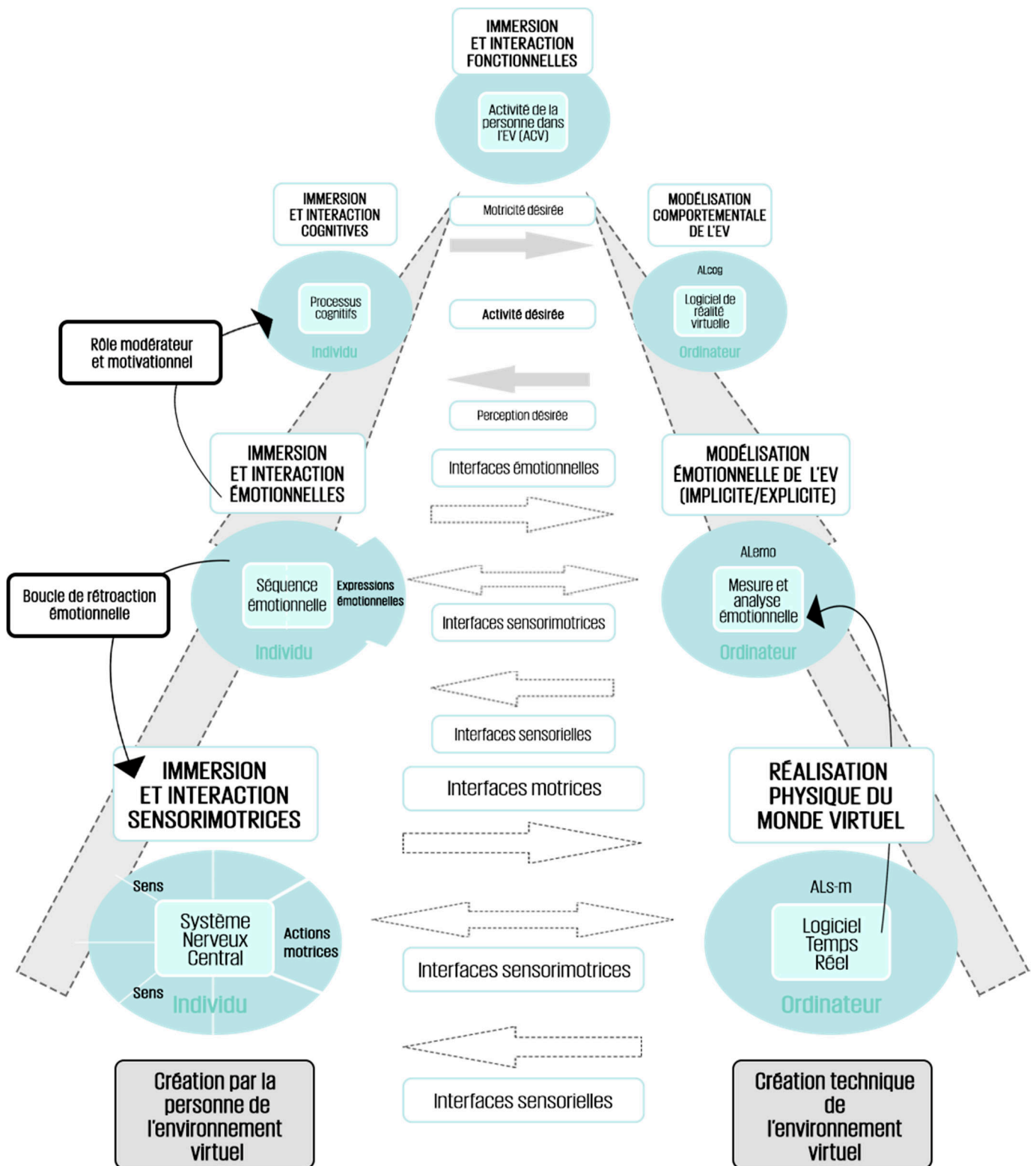


Figure 241 : Schéma global du modèle à quatre niveaux d'immersion et d'interaction en réalité virtuelle (rappel)

c. Quelle méthodologie générale le concepteur-artiste doit-il suivre, pour penser la création artistique avec immersion et interaction émotionnelles ?

Au cours de la phase de création, les concepteurs-artistes doivent penser le statut comportemental ou émotionnel de l'utilisateur, la narration, les enjeux esthétiques et les possibilités d'actions de l'expérience afin de valoriser leur œuvre sur le mode de l'immersion et des interactions émotionnelles. Dans le quatrième chapitre, nous partons des hypothèses présentées via le modèle componentiel de Klaus Scherer, qui implique que le phénomène émotionnel agit « en cascade » sur trois plans différents de l'individu : corporel, mental et comportemental. Les changements provoqués sont déterminés à partir de cinq « composantes » qui agissent majoritairement en synchronie : cognitive, subjective, expressive, physiologique et motivationnelle. D'après ses postulats, nous avons élaboré une séquence émotionnelle dédiée à la création et à la réception artistique, sur un mode d'interfaçage usager(s)-œuvre. Celle-ci fonctionne à partir de trois mécanismes qui appartiennent au phénomène émotionnel :

- L'induction des émotions, qui correspond à l'épisode de la création artistique par les concepteurs-artistes. Pour que l'information exploitée par l'œuvre (l'ordinateur) soit de nature émotionnelle, notre approche suppose que les signaux comportementaux ou physiologiques doivent être associés à des modèles d'analyse. Ces signaux doivent, entre autres, émerger depuis un contexte situationnel - ou épisodes émotionnels - élaboré par les concepteurs-artistes afin de provoquer une réaction émotionnelle (modèles d'induction).

- L'évaluation cognitive, qui correspond, dans le cadre d'un interfaçage usager(s)-œuvre, à un épisode de mise en phase de l'œuvre et des participants qui s'effectue souvent grâce aux outils de mesure et d'analyse. Par exemple, dans *Quand le cœur se serre*, l'expérience moyenne en début de partie le rythme cardiaque du participant - nous avons nommé celle-ci la « fréquence de base » - afin de pouvoir l'exploiter par la suite (chapitre 7).

- Pour finir, elle implique le phénomène de la réponse émotionnelle, qui correspond dans notre cas d'étude, à l'épisode de « réception » d'un contenu émotionnel. Cette réponse peut être mesurée par des dispositifs de type capteurs (électrodermal, de suivi de mouvement, etc.) et évaluée grâce à des modèles d'analyse, taxonomique ou

dimensionnels (ou les deux). Ces derniers traduisent les signaux physiologiques ou comportementaux en informations émotionnelles.

Dans la suite du quatrième chapitre, nous abordons la question des réponses émotionnelles sous trois aspects, physiologiques, comportementaux et subjectifs dans l'objectif d'amorcer la configuration d'un dialogue émotionnel entre l'utilisateur et les expériences numériques. Ce traitement a été aussi effectué selon trois approches : une première approche qui catégorise les réponses émotionnelles en fonction de systèmes invoqués (respiratoire, cardiaque, etc.), une seconde approche qui les catégorise en fonction de la taxonomie dite « de base » des émotions et une dernière que nous avons conçue au croisement des approches taxonomiques et dimensionnelles afin de soutenir méthodologiquement le concepteur-artiste dans sa création sur le mode émotionnel.

Dans le sixième chapitre, nous adaptons le schéma de cette séquence émotionnelle artistique dédiée à la création avec immersion et interaction émotionnelles, dans des configurations utilisant des boucles de rétroaction émotionnelles médiées.

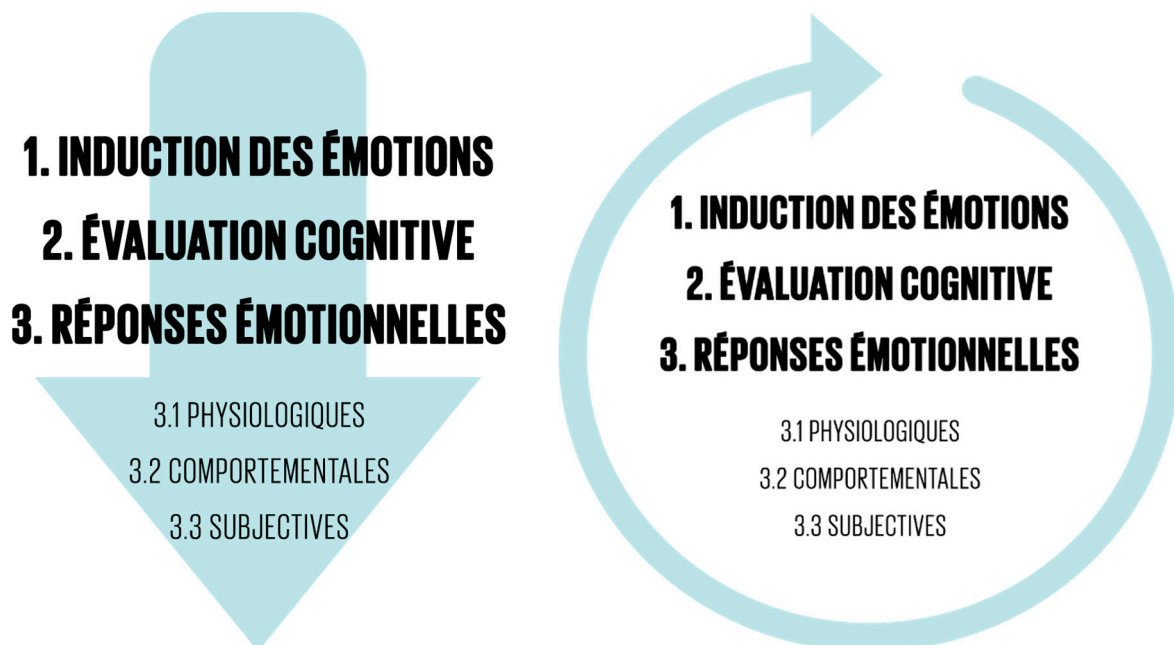


Figure 242 : à gauche, la séquence émotionnelle dédiée à la création I² pour les concepteurs-artistes à droite, développements de la séquence émotionnelle dans un contexte situationnel numérique usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteure, rappel)

d. Quels types de mesures le concepteur-artiste doit-il utiliser en fonction des contenus proposés par son expérience ?

Dans le cinquième chapitre, nous avons abordé les moyens techniques et artistiques qui sont utiles pour une création sur le mode des immersions et interactions émotionnelles. Ces dispositifs de mesure, majoritairement empruntés à la pratique scientifique (médicale), impliquent des moyens de mesure physiologiques, comportementaux et subjectifs tels que les électrocardiogrammes, les systèmes de suivi de mouvement (*tracking*) et les tests papier-crayon. Ils sont associés à des modèles d'analyse - capables de transformer les signaux corporels en information émotionnelle - et sont aussi conjugués à des systèmes d'exploitation qui modulent les réponses émotionnelles sous une forme artistique.

Les dispositifs de mesures physiologiques les plus utilisés dans le domaine artistique concernent l'activité cérébrale, cardio-vasculaire, respiratoire et dermale, car ils répondent à des contraintes de production liées à ce secteur en particulier : leur prix est peu cher sur le marché, ils sont pratiques (techniques ambulatoires et non invasives) et la qualité du signal est électrique et donc interfaçable par ordinateur.

Les dispositifs de mesures comportementales, faciales et vocales fonctionnent via des méthodes d'inspection visuelle par codage des mouvements faciaux (vidéos ou photos) et grâce à des électrodes (l'électro-oculographie, par exemple) qui mesurent l'activité électrique de certaines régions du visage (la rétine, par exemple) et des muscles. Ces dispositifs permettent notamment aux concepteurs-artistes de créer des immersions et interactions émotionnelles prenant en compte le regard du participant. Celui-ci pourra alors déclencher des événements ou des éléments visuels en fonction de l'endroit qu'il observe, par exemple. Elles permettent d'effectuer des cartes de chaleur, d'occultation et de chemin qui facilitent l'analyse de la réception d'une œuvre (*playtest*) et dans certains cas permettent aussi d'optimiser le rendu général de l'expérience par l'utilisation d'un rendu fovéal. La composante comportementale dispose d'un grand nombre de dispositifs de mesure, toutefois ces derniers sont rarement associés à une réflexion sur l'immersion et l'interaction émotionnelle : ils occupent plutôt une fonction de commande dans le rapport usager-œuvre. Une recherche et des aides logicielles émotionnelles compatibles avec ces dispositifs de mesure en particulier, devront donc être produites. En plus de l'information émotionnelle, nous avons postulé que la composante vocale

permettait aussi d'obtenir des informations sur l'individu qui parle (son âge, son genre, ses états affectifs, etc.).

Les méthodes de mesure du sentiment subjectif sont surtout utilisées pour évaluer *a posteriori* l'expérience vécue par le participant. Elles comprennent surtout des méthodes d'auto-évaluation dites « papier-crayon », qui ne s'effectuent pas en temps réel et possèdent donc un biais d'attente. Elles sont aussi impactées par les compétences de verbalisation des émotions propres à chaque individu (alexithymie). Pour chaque typologie de dispositifs de mesure, nous avons évoqué les principaux biais et contraintes méthodologiques qui doivent être anticipés par les concepteurs-artistes dans le cadre de leur création. Nous considérons que l'idéal des créations avec immersion et interaction émotionnelles dans le cadre artistique, sera atteint lorsque les dispositifs de mesure se croiseront pour valider, selon différents facteurs expressifs, l'expérience émotionnelle vécue par le participant.

e. Comment concevoir techniquement l'interfaçage émotionnel usager(s)-œuvre ?

Dans le cadre de cette thèse, nous postulons qu'il existe un type d'interfaçage émotionnel, les boucles de rétroaction médiées, qui implique concrètement l'existence d'aides logicielles émotionnelles (des modèles d'analyse et des modèles d'induction). Les boucles de rétroactions médiées permettent notamment à l'utilisateur de maîtriser, par la régulation émotionnelle et les méthodes d'auto-disciplines somatiques, les contenus de son expérience. Nous avons donc proposé une taxonomie des types de mesures en fonction de la régulation émotionnelle humaine. Cette taxonomie permet aux concepteurs-artistes de comprendre les dispositifs de mesure compatibles avec leurs expériences. Par exemple, si le concepteur-artiste veut créer une œuvre « d'art-thérapie » (voir le chapitre 7), qui permet la réduction du stress ou de l'anxiété chez l'utilisateur, il devra choisir les modalités de mesure émotionnelle correspondantes (fréquence respiratoire, fréquence cardiaque, activité électrodermale, surtout). Il devra aussi penser les modalités de la mesure en fonction des compétences émotionnelles de l'individu : celui-ci a moins de contrôle sur sa sudation, que sur sa fréquence respiratoire, par exemple. Le concepteur-artiste devra ensuite comprendre de quelle manière il peut effectuer la mesure, et de quelle manière il peut analyser cette mesure, pour transformer le signal physiologique ou comportemental en signal émotionnel. Enfin, il devra imaginer par quels moyens esthétiques, narratifs, fonctionnels, il peut exploiter ces données émotionnelles dans un

moteur de création d'expériences en environnement virtuel à distance ou en environnement virtuel avec immersion proprioceptive.

f. Comment évaluer le degré d'immersion et d'interaction émotionnelles de l'œuvre ?

À ce titre, nous avons proposé au sixième chapitre plusieurs catégories qui réfléchissent au degré d'immersion et d'interaction émotionnelles de l'œuvre. Toutes les œuvres, puisque conçues dans un cadre artistique, sont considérées par nous comme le résultat d'une réflexion s'effectuant *a minima* sur le mode émotionnel. Toutefois, chaque œuvre ne présente pas le même niveau de réflexion. Les œuvres de premier degré d'immersion et d'interaction, n'utilisent pas de boucle de rétroaction médiée (sans capteur) mais ont une approche créative qui porte sur les émotions. À ce titre, elles bénéficient de modèles d'induction - modèles permettant de réfléchir à l'œuvre afin que celle-ci provoque des réactions émotionnelles chez l'utilisateur - et se présentent avec un discours artistique général qui met au premier plan la dimension émotionnelle de l'expérience. Les œuvres de deuxième degré, utilisent des capteurs, toutefois elles n'utilisent pas d'interfaçage émotionnel à proprement parlé : elles se contentent d'un interfaçage physiologique ou comportemental. Les œuvres de troisième degré, utilisent des capteurs et sollicitent un discours artistique portant sur les émotions (modèle d'induction, discours général), toutefois elles ne bénéficient pas de modèle d'analyse capable de convertir l'information physiologique ou comportementale mesurée, en donnée émotionnelle claire. Enfin, les œuvres de quatrième degré - schéma d'interfaçage émotionnel le plus complet - utilisent des dispositifs de mesure (capteur), des modèles d'induction permettant de générer des stimuli émotionnels et des modèles d'analyse capables de traduire les signaux corporels perçus en temps réel par l'ordinateur, en informations émotionnelles. Aussi, nous présentons dans la sous-partie dédiée aux perspectives, une future recherche qui permettrait aux concepteurs-artistes de bénéficier d'un questionnaire papier-crayon standardisé, qui serait dédié à l'évaluation des œuvres conçues sur le mode émotionnel.

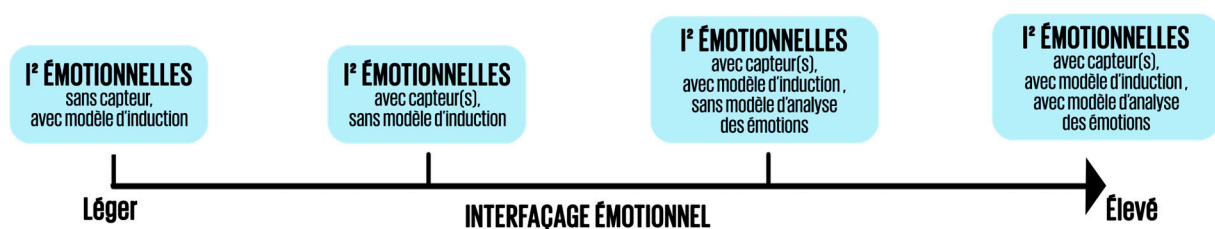


Figure 243 : Les quatre degrés d'immersion et d'interaction émotionnelles (rappel)

g. De quelle manière les autres médias artistiques peuvent-ils inspirer la création en réalité virtuelle sur le mode émotionnel ?

Au regard des croisements médiatiques¹²⁷⁸ et disciplinaires¹²⁷⁹ que nous avons évoqués au cours de cette thèse, il apparaît que la sensibilité des artistes contemporains de réalité virtuelle se soit construite par l'exploration d'autres médias : le cinéma, les jeux vidéo, le théâtre, la danse, majoritairement. Ainsi, Elisha Karmitz qui avait été interviewé pour notre mémoire de Master 2 disait :

« Les grandes créations de réalité-virtuelle viendront de réalisateurs de cinéma, d'abord. Parce qu'ils ont des choses à dire, et pas forcément parce qu'ils ont les moyens de production, ce qui est faux [...] Aujourd'hui ce que je vois, quand vous voyez un réalisateur de cinéma qui s'intéresse à la VR, il va vous faire croire qu'il s'intéresse beaucoup à la technique mais en fait une seule chose l'intéresse vraiment : est-ce qu'il peut raconter l'histoire qu'il a dans sa tête et est-ce que la VR lui permet de le faire autrement ».

Cette citation est certes teintée d'intérêts - Elisha Karmitz était le directeur de MK2 VR et est le directeur actuel du groupe MK2 puisqu'il a pris la succession de son père Marin Karmitz, par conséquent il est un des producteurs de cinéma important en France -, toutefois elle n'en reste pas moins intéressante puisqu'elle préfigure le caractère intermédial de la réalité virtuelle. Ce caractère intermédial, voire transmédial, nous le retrouvons par ailleurs dans la configuration des emplacements géographiques dédiés à la réalité virtuelle¹²⁸⁰, puisque celle-ci s'agglomère à l'intérieur des salles de cinéma, des salles d'arcade etc. Cette intermédialité suppose tacitement une « double naissance¹²⁸¹ » du média de réalité virtuelle - de son apparition

¹²⁷⁸ Intermédialité : art numérique, cinéma, jeu vidéo et réalité virtuelle.

¹²⁷⁹ Transdisciplinarité : sciences cognitives, physiologie et arts.

¹²⁸⁰ Voir ici encore notre colloque à paraître en actes : DEDOLA, Léa, « Pour une actualisation de la notion hétérotopique à l'ère du numérique : Quid des "contre-espaces" de réalité-virtuelle ? », *Modernité des hétérotopies*, Besançon, Juin 2021.

¹²⁸¹ « Il naît une première fois comme prolongement de pratiques antérieures à son apparition et auxquelles il a été inféodé dans un premier temps [...] Et il naît une deuxième fois lorsqu'il emprunte une voie au sein de laquelle les moyens qu'il a développés ont acquis cette légitimité institutionnelle qui reconnaît leur spécificité », GAUDREAU André, MARION Philippe, « Un média naît toujours deux fois... », *Sociétés et représentations*, n° 9,

à son avènement -, qui a pour finalité de recentrer la réalité virtuelle sur elle-même (elle doit devenir « médiacentrée ») en résistant notamment aux institutions qui ont permis sa première naissance. Cet objectif - l'autonomie médiatique de la réalité virtuelle - qui découle d'abord d'une forme intermédiaire, est un fil conducteur qui nous a servi de guide dans la théorie comme dans la pratique au cours de cette thèse.

Par conséquent, notre approche sur les immersions et interactions émotionnelles en environnement virtuel perçu visuellement à distance est centrée « sur le langage » cinématographique ou vidéoludique ainsi que centrée « sur la réception¹²⁸² » des spectateurs ou des participants. À ce titre, nous avons inauguré plusieurs concepts tels que les « effets émotionnels narratifs » qui s'intéressent à l'induction émotionnelle d'après la construction textuelle du récit et de l'intrigue pour fonder l'expérience émotionnelle de l'utilisateur. Au cours de notre recherche sur les effets émotionnels narratifs, nous avons développé une réflexion sur le sujet de la tension narrative, en prenant l'exemple des motifs du suspense, de la curiosité et de la surprise. Ces effets disposent par ailleurs d'une fonction thymique qui les associe à « disposition affective de base¹²⁸³ ».

Nous avons aussi évoqué l'importance des effets émotionnels esthétiques qui utilisent la grammaire d'un média - les notions de plan, de séquence, de son et leurs composantes - dans l'objectif de construire des contextes situationnels propices à l'émergence des émotions chez l'individu. Nous partons du postulat de Greg M. Smith qui suggère que le maintien « d'un attrait émotionnel constant tout au long de leur durée¹²⁸⁴ » dépendrait de l'humeur (*the mood-cue approach to filmic emotion*) ou autrement dit « l'attention émotionnelle ». L'humeur associée à des stimuli émotionnel constituerait pour l'auteur des « épisodes émotionnels » qui correspondent bien à ce que nous avons nommé les « contextes situationnels » : des stimuli sont intégrés « en séquence » dans le cadre de la production artistique, afin de faire émerger un éprouvé émotionnel chez le spectateur ou le participant. Parmi le stimulus en capacité de

Paris, Credhess, 2000, p. 23. Voir aussi, GAUDREULT André, MARION Philippe, *La fin du cinéma ? Un média en crise à l'ère du numérique*, Paris, Armand Colin, 2013.

¹²⁸² TRUJILLO, Gabriela. « Cinéma ». Dans *Arts et émotions*. Bernard, Mathilde, Alexandre Gefen, et Carole Talon-Hugon (eds.). Armand Colin, 2016. p. 70.

¹²⁸³ BARONI, Raphaël. *La tension narrative. Suspense, curiosité et surprise*. Éditions du Seuil : Paris, 2007. p. 20.

¹²⁸⁴ SMITH, Greg M. *Film structure and the emotion system*. Cambridge University Press : Cambridge, 2003. p. 41.

générer un pic émotionnel nous retrouvons des effets esthétiques en particulier : les « effets 3-D » stéréoscopiques, le cinéma sphérique, l'image « haptique » (au sens deleuzien), la ségrégation des espaces, les dynamiques de plans, etc.

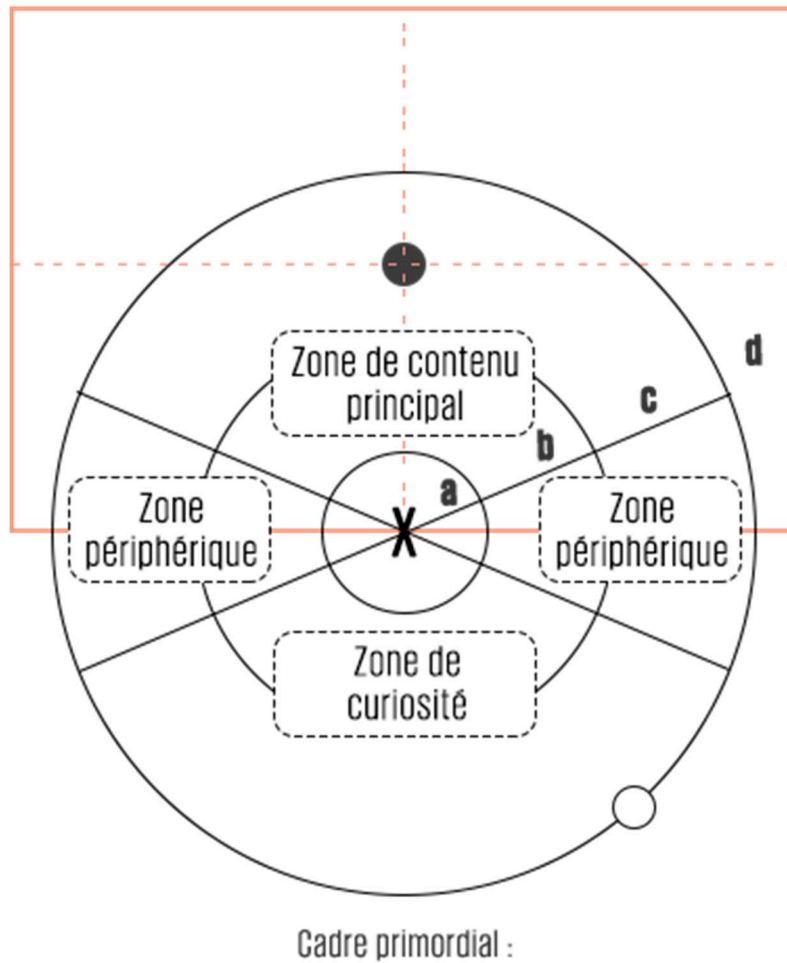
Enfin, nous avons parlé « d'effets émotionnels fonctionnels » pour aborder le sujet des fonctionnalités d'expérience et des aspects participatifs en lien avec l'immersion et l'interaction émotionnelles du joueur. Nous avons en ce sens exploité à notre intérêt la notion de *flow* de Mihaly Csikszentmihalyi en revisitant les neuf facteurs de sa théorie pour la création avec immersion et interaction émotionnelles en environnement virtuel perçu visuellement à distance, afin que celle-ci serve de base à nos futures réflexions et aux créations des concepteurs-artistes. Nous avons nommé cette nouvelle notion « état de flow émotionnel », qui correspond à un état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du participant dans une expérience.

h. Comment réaliser un contexte situationnel (ou épisode émotionnel) propice à l'émergence d'une réaction émotionnelle - en particulier (approche taxonomique) ou en général (approche dimensionnelle) - chez le spectateur ou le participant ?

À ces fins, nous avons proposé au huitième et neuvième chapitre des hypothèses sur l'induction des émotions dans les contextes virtuels à distance et avec immersion proprioceptive. Dans le huitième chapitre, notre approche s'appuie sur les recherches déjà effectuées dans le cadre des expériences en environnement virtuel perçu visuellement à distance - notamment autour de notre hypothèse d'un *flow* émotionnel - afin de les développer dans le cadre des environnements virtuels avec immersion proprioceptive. Un intérêt de cette étude était de mettre en lumière les outils créatifs de la réalité virtuelle en particulier dans le cadre des narrations, esthétiques et fonctionnalités immersives et interactives émotionnelles. Les effets émotionnels narratifs dans les environnements virtuels avec immersion proprioceptive ont lieu dans un environnement à 360° et en trois dimensions, ce qui nous permet d'envisager qu'un changement important repose sur la question du point de vue : *quel(s) personnage(s) j'incarne ? Quel est le point de vue exploité ? Suis-je dans l'action ou suis-je passif ?*

La question des effets émotionnels esthétiques se (re)pose également pour la réalité virtuelle. Toutefois, nous avons supposé que la notion de cadre soit toujours opérante dans le

cadre de la réalité virtuelle, puisque celui-ci se situe finalement dans les limites du champ de vision et d'attention humain, ainsi que le champ de vision qui est permis par le dispositif (110° en moyenne, pour les visiocasques). Ainsi, nous avons postulé que « le participant créait les cadres de son expérience », même si ces derniers sont plus ou moins fortement dictés par les concepteurs-artistes (voir l'étude de Karin Soukup et Katy Newton au chapitre 9). À l'intérieur de ces expériences à 360°, le montage prend aussi un autre sens pratique : c'est au concepteur-artiste de construire les zones d'intérêt sur lesquelles le spectateur ou le participant porte son regard. Ainsi, il crée une « logique spatiale dans l'espace défini par la carte » qui est basée sur l'attention de l'individu et qui lui permet donc d'élaborer un montage fluide des différentes séquences de l'expérience. Enfin, les espaces de proxémie permettent d'envisager l'expérience environnementale d'une nouvelle manière, à travers les notions de distance intime, personnelle, sociale et publique. Ils permettent de créer une scénographie émotionnelle de l'environnement de réalité virtuelle qui s'appuie sur une organisation affective de l'espace et du mouvement. Nous avons proposé en ce sens un *story-board* dédié à la création d'immersion et d'interaction émotionnelles en réalité virtuelle, qui permettra aux concepteurs-artistes de conceptualiser leur expérience durant la phase de création (chapitre 9).



Points d'intérêts (POIs) :

X = utilisateur ; **a** = distance intime ; **b** = distance personnelle ; **c** = distance sociale ; **d** = distance publique

Figure 244 : Conception d'un storyboard spécifique à la réalité virtuelle avec l'émotionnelles (dessin de l'auteure, rappel)

Aussi, dans le cadre des effets fonctionnels émotionnels (règles de l'expérience et aspects participatifs), nous développons les neuf principes de l'état de *flow* émotionnel artistique dédié aux œuvres de réalité virtuelle, que le concepteur-artiste peut exploiter pour réfléchir son œuvre.

i. Comment le participant peut-il maîtriser les aspects esthétiques, narratifs et fonctionnels de son expérience lorsque l'œuvre est conçue sur le mode émotionnel ?

Dans le cadre artistique, les interfaces émotionnelles peuvent être instrumentées par les participants au moyen de boucles de rétroaction médiée (*biofeedback*). À ce titre, plusieurs théories et méthodes réfléchissent à la maîtrise des émotions au moyen de pratiques

d'autodisciplines corporelles et émotionnelles : la régulation émotionnelle, le yoga, la méthode Feldenkrais, la soma-esthétique, la cognition incarnée (l'autopoïèse), la méthode Alexander, l'art thérapie, etc. Ces pratiques d'autodisciplines somatiques donneront aux concepteurs-artistes, la possibilité de réfléchir à la dimension participative de l'œuvre conçue sur le mode émotionnel, permettant aussi à l'usager de contrôler sa propre expérience et ainsi de progresser du « jouir de l'art » à un « art de jouir¹²⁸⁵ ».

Pour exemplifier le phénomène de la régulation physiologique ou émotionnelle, nous avons développé une réflexion appuyée d'un corpus d'expériences qui porte sur l'usage des boucles de rétroaction médiée dans différents types de conformation usager(s)-œuvre : en environnement réel, virtuel perçu visuellement à distance ou avec immersion proprioceptive et dans le cadre d'œuvres individuelles, intersubjectives ou collectives. Celle-ci débouche sur une taxonomie des types de conformation usager(s)-œuvre qui met en avant les facteurs technologiques, médiatiques, sociaux et artistiques du façonnement de soi (processus d'autopoïèse), dans le cadre des œuvres immersives et interactives émotionnellement (chapitres 6 et 7).

j. L'expérience met-elle en avant des retours d'information émotionnelle (*feedback*) implicites-passifs ou explicites-actifs et pourquoi ?

Durant la phase de réception de l'expérience avec immersion et interactions émotionnelles, l'expérience dépendra aussi des capacités de l'individu à maîtriser son activité physiologique, comportementale ou émotionnelle, afin de se focaliser sur ses ressentis ou d'instrumentaliser les contenus de l'expérience via la boucle de rétroaction médiée (voir les chapitres 6 et 9). Nos recherches et créations nous poussent (pour l'instant) à croire que le participant a besoin de connaître de quelle manière il peut influencer l'œuvre, afin de s'immerger complètement dans celle-ci (état de *flow* émotionnel).

2 - Apports pratiques de la thèse

¹²⁸⁵ LONTRADE, Agnès. « Quelle place pour le corps dans l'expérience esthétique ? ». FORMIS, Barbara (dir.). [in] *Penser en corps. Soma-esthétique, art et philosophie*. Paris : L'Harmattan, 2009. (Coll. L'art en Bref). p. 79.

La partie expérimentale de notre thèse réalisée en Convention Industrielle de Formation par la Recherche, nous a permis de valider ou invalider nos approches théoriques sur le terrain, via notamment la création d'expériences de réalité virtuelle (*Winter Break, The Burning Descent, Quand le cœur se serre*). Nous avons pu vérifier ainsi la portabilité de nos hypothèses des environnements virtuels à distance, aux environnements virtuels avec immersion proprioceptive. Nous avons inauguré plusieurs concepts au titre de la création avec immersion et interactions émotionnelles, tels que les « effets émotionnels narratifs » - tension narrative, suspense, curiosité, surprise - les « effets émotionnels esthétiques » - les notions de plan, de séquence, de son et leurs composantes -, les « effets émotionnels fonctionnels », que nous avons ensuite testés au sein de nos œuvres (notamment dans *Quand le cœur se serre*, Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022).

2.1 – Effets émotionnels

Dans *Quand le cœur se serre*, nous avons expérimenté des effets esthétiques en particulier, capables de provoquer une réaction physiologique, voire émotionnelle chez l'utilisateur. Notre travail a porté sur les « effets 3-D » (notamment de « jaillissement » et de « vortex¹²⁸⁶ »), sur différents points de vue immersifs ou subjectifs, sur les *jump scare*¹²⁸⁷, afin d'observer leur impact dans un cadre virtuel avec immersion proprioceptive.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, nous avons aussi eu l'occasion d'expérimenter des effets émotionnels fonctionnels dans le cadre de notre Convention Industrielle de Formation par la Recherche avec l'entreprise RyseUp Studios. À ce titre, nous avons pu prototyper des modèles d'immersion et interaction physiologiques irréalistes et des fonctionnalités science-fictionnelles (travail du matériau spatio-temporel en réalité virtuelle¹²⁸⁸). Nous avons aussi travaillé sur le sujet des « fonctionnalités émotionnelles de l'expérience » pour aborder les aspects participatifs, interactifs, en lien avec l'expérience émotionnelle du joueur. Nous avons ainsi exploité empiriquement la notion de *flow*

¹²⁸⁶ BARNIER Martin, KITSOPANIDOU Kira, *Op. Cit.*, p. 130.

¹²⁸⁷ Nous avons supposé que la notion de cadre était toujours opérante dans le cadre de la réalité virtuelle, puisqu'il se situe finalement dans les limites du champ de vision et d'attention humain, ainsi que le champ de vision qui est permis par le dispositif (110° en moyenne, pour les visiocasques).

¹²⁸⁸ DEDOLA, Léa, *Op. Cit.*, 22 Octobre 2020.

émotionnel en environnement virtuel avec immersion proprioceptive (voir glossaire) : à la différence des environnements perçus à distance, ce *flow* émotionnel prend en compte les gestes, les déplacements et les espaces de proxémie dans lesquels nous retrouvons l'utilisateur.

2.2 – Apports des différents cadres de la recherche-crédation en convention industrielle de formation par la recherche

Notre projet de thèse porte sur la création artistique avec immersion et interaction émotionnelles dans les environnements de réalité virtuelle. Il consiste à appliquer des concepts de physiologie, de sciences cognitives et de neurosciences, afin de parfaire l'immersion et l'interaction émotionnelle pour l'utilisateur dans un contexte visuel à 360°. Il interroge le fonctionnement de nos émotions afin de déterminer un futur langage émotionnel de la réalité virtuelle (numérique, immersif et interactif corporellement) afin qu'il soit utilisé, sollicité, remis en cause, par les concepteurs-artistes. Pour expérimenter ce langage, lors de notre temps à RyseUp Studios, nous avons eu l'occasion de participer à la co-crédation de deux expérences vidéoludiques de réalité virtuelle (*gaming VR*), *Winter Break* (2020) et *The Burning Descent* (2020). Ces œuvres ont été matière à notre réflexion sur les processus de co-crédation en réalité virtuelle. Nous avons organisé des séances de tests (*playtest*) afin de confirmer ou d'infirmer nos hypothèses et d'envisager des solutions concrètes sur le sujet de l'immersion et l'interaction (générale ou à « quatre niveaux ») en environnement virtuel avec immersion proprioceptive. L'entreprise de jeu vidéo et d'expérences de réalité virtuelle RyseUp Studios nous a aussi assisté dans nos recherches en nous permettant de travailler avec des techniciens et artistes aguerris - *game designer, level designer, concept artist, animateur, programmeur, etc.* - qui nous ont beaucoup appris sur la création d'une œuvre émotionnelle de jeu vidéo ou de réalité virtuelle. Nos postes de « producer », « game designer » et « chercheuse » au sein de l'entreprise, nous ont permis d'embrasser une grande partie des processus de production d'une œuvre de réalité virtuelle et nous avons ainsi pu comprendre son écosystème global (artistique, divertissement, jeu vidéo).

Aussi, cette thèse nous a permis d'apprécier empiriquement les liens entre le cerveau, le corps de l'utilisateur et l'ordinateur (l'œuvre numérique) sur le mode émotionnel. Nous avons eu l'opportunité d'effectuer des résidences en partenariat avec le Laval Virtual (Recto VRso) et Stereolux, dans différentes régions de France (à Nantes et Laval). Ainsi, nous avons rencontré

des équipes de recherche différentes, qui ont apporté de nouvelles perspectives à notre étude. Par exemple, notre passage en résidence nous a permis de cerner les clés de la création artistique en réalité virtuelle avec immersion et interaction émotionnelles (notamment, l'importance des retours d'informations ou *feedback*). Nous détaillons tous les processus mis en place et qui nous ont permis d'atteindre notre objectif dans le neuvième chapitre. Nous avons pu exposer *Quand le cœur se serre*, dans des festivals d'arts numériques et de réalité virtuelle et ainsi étudier la réception de l'œuvre auprès du public¹²⁸⁹ (chapitre 9). À cet égard, les recherches et créations que nous avons réalisées, nous ont permis d'embrasser d'autres versants de la recherche-création et de l'écosystème de réalité virtuelle (sphère artistique, expériences narratives), là où l'entreprise nous a plutôt permis de découvrir un marché dédié aux expériences de type arcade (*gaming VR*).

Pour finir, au cours de cette thèse, nous avons pu profiter de nombreux conseils et échanges sur le sujet de la réalité virtuelle, via l'organisation d'un « meet-up » que nous avons cofondé (XVR Aura) et qui réunissait les principaux entrepreneurs du milieu de réalité virtuelle sur la région Auvergne Rhône-Alpes. Aussi, par le biais de l'association de doctorants Les Têtes Chercheuses et d'arts numériques Cosmosia, nous avons organisé plusieurs séminaires, ateliers et expositions d'œuvres de réalité virtuelle. Par ailleurs, un colloque international sur les « Valeurs de l'empreinte » (numérique, écologique) aura lieu en Mars 2023, à Lyon. En somme, il est important pour nous de souligner que c'est aussi par ces réseaux très concrets et plus ou moins locaux (Lyon, région Auvergne Rhône-Alpes et France essentiellement), que nous avons pu observer les processus de création et le fonctionnement de l'écosystème dans lequel la réalité virtuelle s'inscrit et qui nous ont permis de comprendre les attentes du marché et des différents publics cibles.

3. Perspectives de recherche et créations

3.1 – Logiciels et Dispositifs

3.1.1 – Modèle d'induction émotionnelle dédié aux concepteurs-artistes

¹²⁸⁹ Notre œuvre *Quand le cœur se serre* a notamment été exposé dans le cadre du festival Recto VRso durant le Laval Virtual 2021 et le Laval Virtual 2022, ainsi que le festival VRE à Rome, Bologne, Palerme, Potenza en Italie du 6 au 9 Octobre 2022.

Pendant le temps de cette conclusion, nous avons déjà révélé quelques pistes de prolongement possibles autour de la recherche-crédation qui porte sur l'immersion et les interactions émotlonnelles dans le cadre artistique. Pour nous, il serait intéressant de débiter nos futures expérimentations par la réalisation de modèles d'induction. Ceux-ci nous permettraient de systématiser les outils de recherche-crédation autour des immersions et interactions émotlonnelles et fourniraient dans le même temps des clés de création (ou au moins d'inspiration) pour les concepteurs-artistes. Comme nous l'avons évoqué au neuvième chapitre, ces modèles pourraient prendre la forme d'un module externe (*plugin*) compatible avec le logiciel *unreal engine* ou *unity* et qui pourrait être mis à la disposition des créateurs. Ainsi, les concepteurs-artistes auront accès à différents paramètres dédiés à l'immersion et l'interaction émotlonnelles, capables de configurer facilement des « biomes émotlonnels » sur les plans esthétiques, proxémiques, fonctionnels. Ces biomes émotlonnels permettraient aux concepteurs-artistes de prototyper et d'itérer rapidement autour de leur narration sur le mode émotlonnel, en la faisant progresser selon différentes phases affectives, par exemple de la peur, à la tristesse, à la joie. Ils permettraient aussi de tester rapidement la réception de leur œuvre auprès des participants (*playtesters*).

3.1.2 – Modèles d'analyse émotlonnelle dédié aux concepteurs-artistes

Dans le cadre de *Quand le cœur se serre*, nous travaillons aussi sur un logiciel capable d'analyser l'activité émotlonnelle du participant dans la durée. Celui-ci a pour objectif de comparer les niveaux d'activation, de valence et de dominance du participant à des moments clés de l'expérience - moments d'interaction, d'apparition de nœud narratif ou d'effets émotlonnels esthétiques - afin de découvrir la « trace de l'expérience émotlonnelle » du participant. Comme nous l'avons dit au premier chapitre, ce logiciel aurait par exemple pour objectif de comprendre « quel événement de l'histoire a suscité plus d'excitation cardiaque (que la moyenne des pulsations cardiaques au cours de l'expérience), quelle interaction n'a pas suscité d'excitation, si l'individu a su dominer (maîtriser, réguler) ses émotions au cours de la séquence "X" de l'expérience, etc. ». Ce logiciel pourrait bénéficier aux concepteurs-artistes qui souhaitent évaluer leur œuvre ainsi qu'aux participants eux-mêmes qui pourront alors se confronter à leur parcours émotlonnel et les partager à autrui.

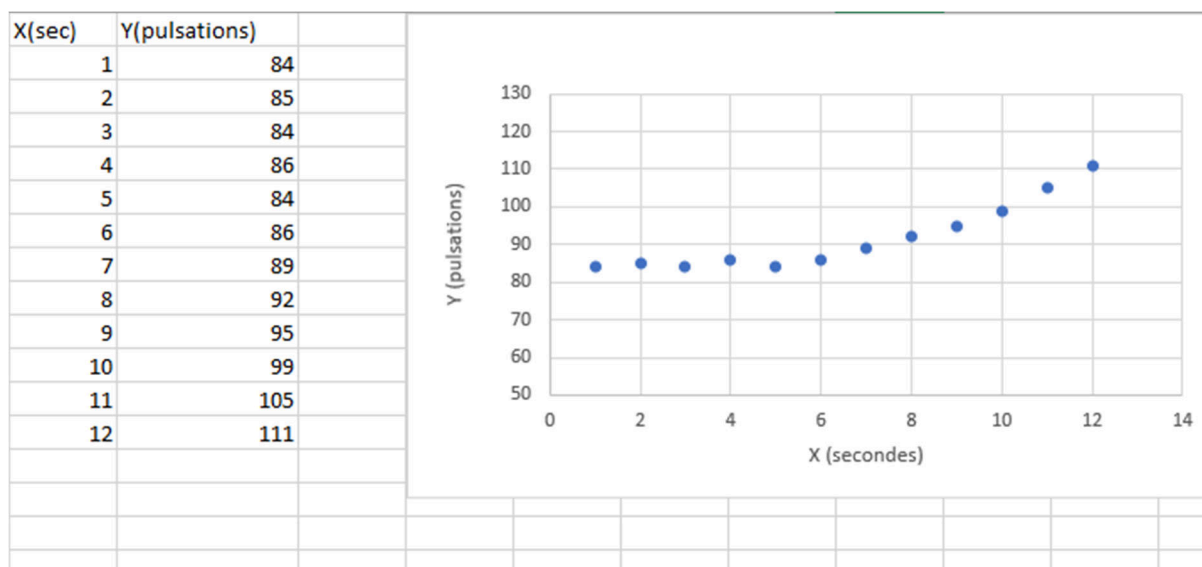
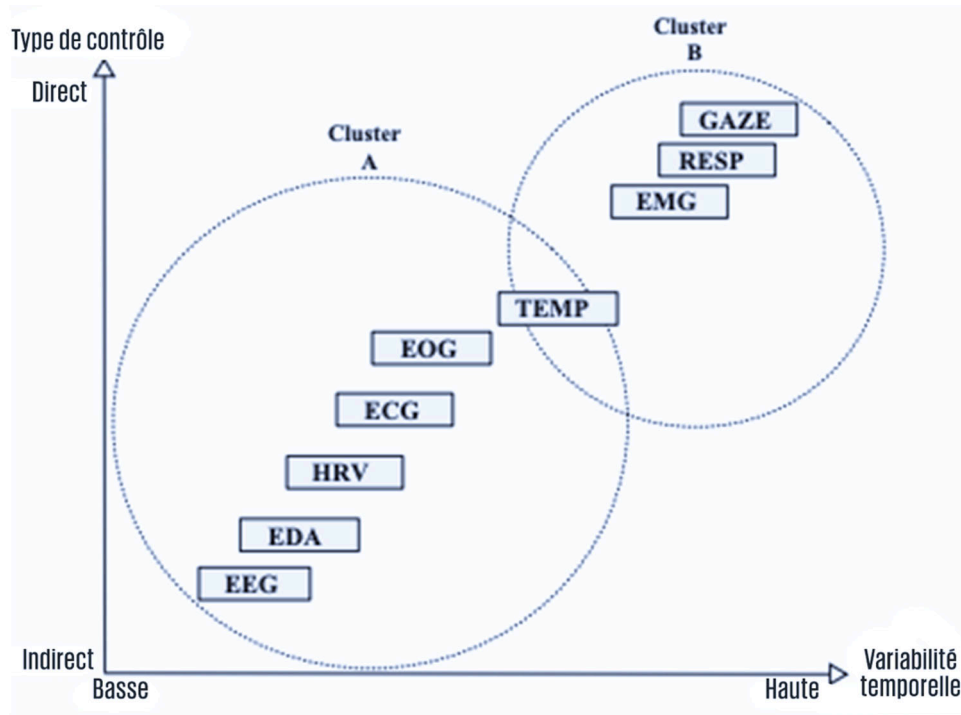


Figure 245 : Interface du « senti-mètre » (en production, dessin de l’auteure, rappel)

Concernant les interfaces émotionnelles, de nombreux dispositifs sont déjà utilisés dans le cadre artistique tels que l’interfaçage des mouvements et déplacements en réalité virtuelle (système de suivi de mouvements, par exemple), toutefois ces derniers sont rarement associés à des modèles d’analyse émotionnelle. Une recherche sur le sujet et des aides logicielles émotionnelles dans ce sens devront donc être produites. Celles-ci peuvent prendre la forme d’un module externe (*plugin*) et d’un espace virtuel de création libre (ou « *sandbox* » en anglais) mettant en scène les aides logicielles émotionnelles utiles pour les concepteurs-artistes sur *Unreal Engine* ou *Unity*. Dès lors, notre travail consisterait à créer des parallèles efficaces entre les modèles taxonomiques-dimensionnels et les mesures physiologiques ou comportementales afin de pouvoir exploiter ou étudier l’activité émotionnelle du participant au cours d’une expérience artistique (voir le projet de Leticia Bialoskorski et *alii*, *Mood Swing*, qui porte sur la relation « émotion-mouvement » et qui constitue un bon exemple à suivre). Ce projet de recherche-crédation aurait aussi pour objectif d’approfondir nos précédentes études sur les immersion et interaction émotionnelles irréalistes (voir chapitre 6) qui reposaient sur des boucles de rétroactions physiologiques médiées : par exemple, quand le rythme cardiaque accélère, le champ de vision de l’usager s’élargit. Nous aimerions donc produire une nouvelle version qui comprendrait différents modèles d’analyses - à étudier dans un contexte inductif, bien évidemment - qui permettraient de faire émerger au cours de l’expérience, des changements esthétiques, narratifs ou fonctionnels en fonction de l’activité émotionnelle du

sujet (et ainsi concevoir plutôt des boucles de rétroaction émotionnelle médiée dédiées à la création, participation artistique).



Légende : EEG = électroencéphalogramme ; EDA = Électrodermal ; HRV = Variations du rythme cardiaque ; ECG = électrocardiogramme ; EOG = electro-oculographie ; TEMP = Température ; EMG = électromyographie ; RESP = respiration ; GAZE = oculométrie

Figure 246 : Mesures physiologiques réparties selon deux axes : la variation temporelle (horizontal) et la type de contrôle (vertical) selon Luis Aly et *alii* (rappel)

Ce logiciel pourrait aussi s'inspirer de l'étude de Luis Aly et *alii*¹²⁹⁰ vue au sixième chapitre, en l'augmentant d'une approche directement liée aux émotions (et non seulement à la régulation physiologique). Par exemple, cette étude pourrait aussi incorporer les différentes approches taxonomiques et dimensionnelles développées dans le quatrième chapitre, afin de comprendre de quelle manière les dispositifs de mesure et les modèles d'analyse peuvent s'associer dans l'objectif d'optimiser l'information émotionnelle mesurée chez l'utilisateur. En effet, nous partons de l'hypothèse que certains dispositifs de mesure dédiés au champ artistique permettent de mieux calculer les dimensions de valence, d'activation ou de dominance du participant. Par exemple, un bracelet de pléthysmographie cardiaque permettra de déterminer les niveaux d'activation de l'utilisateur, alors qu'un casque électroencéphalographique permettra assez facilement d'évaluer la valence, comme dans l'expérience de *Freud la dernière hypnose* de Marie-Laure Cazin, 2019, vue au chapitre 1. À ces fins, une expérimentation qui compare

¹²⁹⁰ ALY Luis, PENHA Rui, BERNARDES Gilberto, *Op. Cit.*

les dispositifs de mesure aux modèles dimensionnels impliqués pourrait être menée dans le cadre artistique. Celle-ci comprendrait par conséquent d'autres facteurs spécifiques au secteur artistique, tels que l'ergonomie du matériel et la clarté, la rapidité de la réponse émotionnelle dans l'environnement virtuel (cette clarté permet notamment à l'utilisateur de contrôler les contenus de l'expérience, comme vu à travers plusieurs exemples aux chapitres 6, 7, 8 et 9).

Aussi, dans le cadre de notre thèse, nous avons présenté un test papier-crayon capable de mesurer l'état de *flow* du participant : le questionnaire d'expérience de jeu (*Game Experience Questionnaire*). À l'avenir, nous souhaitons le faire évoluer pour qu'il convienne aux œuvres de réalité virtuelle. À ces fins, nous nous appuyerons sur les neuf principes d'état de *flow* en environnements avec immersion proprioceptive que nous avons développé dans le neuvième chapitre. Nous le soumettrons ensuite à l'étude et à la validation des pairs. Il serait intéressant de pouvoir en faire de même concernant l'état de *flow* émotionnel en environnement virtuel visuellement à distance ou avec immersion proprioceptive. Pareillement, les tests d'expérience utilisateur que nous développerons, seront modifiés à partir des neuf principes de l'état de *flow* émotionnel que nous avons exposés dans le cadre de cette thèse.

Veillez indiquer ce que vous avez ressenti en jouant le jeu pour chacun des éléments sur l'échelle suivante :

pas du tout	légèrement	modérément	assez	extrêmement
0	1	2	3	4
<>	<>	<>	<>	<>

1. Je me suis senti(e) satisfait
2. Je me suis senti(e) habile
3. J'ai été intéressé par l'histoire du jeu
4. J'ai trouvé le jeu amusant
5. J'étais pleinement occupé(e) par le jeu
6. Je me suis senti(e) content
7. Le jeu m'a mis(e) de mauvaise humeur
8. J'ai pensé à d'autres choses
9. J'ai trouvé cela fatigant
10. Je me suis senti(e) compétent(e)
11. J'ai pensé que c'était difficile
12. C'était esthétiquement plaisant
13. J'ai oublié tout ce qui m'entourait
14. Je me suis senti(e) bien
15. Je me suis trouvé(e) bon(ne) dans ce domaine
16. Je me suis ennuyé(e)
17. Je me suis senti(e) plein de succès
18. Je me suis senti(e) imaginatif, imaginative
19. J'ai senti que je pouvais explorer des choses
20. J'ai apprécié le jeu
21. J'ai atteint rapidement les objectifs du jeu.
22. Je me suis ennuyé(e)
23. Je me suis senti(e) sous pression
24. Je me suis senti(e) irritable
25. J'ai perdu la notion du temps
26. J'ai été mis(e) au défi
27. J'ai trouvé cela impressionnant
28. J'étais profondément concentré(e) sur le jeu
29. Je me suis senti(e) frustré(e)
30. J'ai eu l'impression de vivre une expérience riche
31. J'ai perdu le contact avec le monde extérieur
32. J'ai ressenti une pression temporelle
33. J'ai dû fournir beaucoup d'efforts.

Figure 247 : traduction du Questionnaire d'expérience de jeu (*Game Experience Questionnaire*) permettant d'évaluer l'état de *flow* du participant (rappel)

3.1.3 – Détournement des dispositifs médicaux pour le secteur artistique

Nous souhaitons aussi perfectionner notre capteur cardiaque afin qu'il se présente sous une forme davantage ergonomique, transparente pour le participant qui le porte au cours de son expérience. Pour cela, nous envisageons de créer une nouvelle version de capteur électrocardiogramme sans-fils (en wifi). À terme, nous souhaitons adapter plusieurs capteurs - électrocardiogramme, électroencéphalogramme et de conductance cutanée, surtout¹²⁹¹ - à une utilisation pratique et intuitive dans le cadre artistique. Cela supposerait aussi de concevoir un logiciel capable de mesurer en temps réel plusieurs dimensions corporelles, afin d'affiner les résultats obtenus par les concepteurs-artistes.

En Art, par rapport au cadre scientifique, la donnée émotionnelle qui est prélevée ne doit pas être nécessairement précise (voire, juste). Ainsi, comme nous l'avons vu au sixième chapitre « un retour de l'information émotionnelle (*feedback*) peut être vrai, mais il peut aussi être simulé ». Il serait donc intéressant d'étudier l'impact de ces deux modalités de retours d'information. Une telle expérimentation pourrait avoir lieu en comparant avec la même expérience, les vrais retours d'information et les faux retours d'information émotionnelle sur le spectateur ou le participant. Cette comparaison pourrait être effectuée grâce aux systèmes de mesure physiologiques (si possible, multi-capteurs), en comparant les deux traces de l'expérience émotionnelle (senti-mètre). Elle pourrait être complétée par un test papier-crayon qui distinguerait les niveaux de dominance (l'utilisateur s'est-il senti en contrôle de son expérience ?) et de valence (l'expérience était-elle agréable ou désagréable pour lui ?), d'une expérience à l'autre, afin de déterminer l'impact artistique des retours d'information réels ou simulés. En somme, cette expérimentation souhaite répondre à l'interrogation suivante : la simulation de l'interfaçage émotionnel nuit-elle à l'expérience artistique vécue par le spectateur ou le participant ?

¹²⁹¹ Car comme nous l'avons vu au chapitre 5, ce sont les plus compatibles - de part leur aspect ambulatoire, leur rapport qualité et prix, les exploitations artistiques possibles (notamment, pour l'art-thérapie) - et donc les plus utilisés dans le cadre de la création artistique.

3.2 – *Approfondissement des recherches sur l’immersion et l’interaction émotionnelles en réalité virtuelle*

3.2.1 – *Effets émotionnels esthétiques*

Notre approche sur l’immersion et interaction émotionnelles pourrait aussi progresser en se focalisant sur les particularités du média de réalité virtuelle. À ce titre, des recherches expérimentales doivent encore être effectuées pour confirmer ou infirmer les différences médiatiques entre les environnements virtuels à distance ou les environnements virtuels avec immersion proprioceptive. Par exemple, nous pourrions étudier les effets émotionnels de *Quand le cœur se serre* - effets vortex, effets de jaillissement -, d’après des modèles dimensionnels (activation), en environnements virtuels à distance ou avec immersion proprioceptive. Cette recherche permettrait de démontrer que notre hypothèse de base est vraie ou fausse : les environnements virtuels avec immersion proprioceptive sont plus engageants émotionnellement du fait de l’immersion proprioceptive.

3.2.2 – *Points de vue du participant*

Aussi, nous pourrions augmenter notre définition du *flow* émotionnel dans le cadre de la réalité virtuelle, en prenant en compte la disparition du corps du participant dans certaines expériences (hormis CAVE) - dans la plupart des cas il est surtout représenté par des mains virtuelles - à la différence des environnements virtuels à distance où le participant perçoit encore son corps. À partir de ce postulat, nous émettons l’hypothèse que la perception du corps propre du participant sous la forme d’un retour d’information (*feedback*) de son activité physiologique ou émotionnelle, réduirait *a priori* l’effet de compression temporelle qui a lieu dans le cadre d’une expérience de réalité virtuelle utilisant une boucle de rétroaction médiée. Pour vérifier cette hypothèse, il nous faudrait élaborer une expérience avec et sans retour d’information de l’activité physiologique ou émotionnelle de l’individu, afin de procéder à l’analyse du phénomène grâce à des tests papier-crayons validés en amont. Cette expérimentation pourrait ensuite être prolongée en étudiant l’impact des différentes représentations et points de vue du corps de l’usager. L’impact émotionnel de ce retour d’information corporel (*feedback*), est-il le même si l’usager voit son corps de manière délocalisée (point de vue indirect ou à la troisième personne) ou abstrait (en nuage de points, par exemple) ? À ce titre, nous pourrions comparer

plusieurs manières de voir le corps avec une base de représentation réaliste, pour juger de l'impact émotionnel des différentes représentations et points de vue possibles (réaliste-irréaliste, directe-indirecte).

Aussi, dans le cadre de notre expérience *Quand le cœur se serre*, nous avons remarqué que le dialogue émotionnel entre l'utilisateur et l'œuvre opérait différemment selon que le retour d'information de l'activité du participant était soit implicite, soit explicite (voir chapitre 9). Nous avons notamment constaté que le participant ne comprenait pas les actions et les effets qu'il générerait dans l'œuvre lorsque les retours d'information étaient conçus en harmonie avec la diégèse et l'esthétique de l'expérience. Ainsi, ils étaient presque considérés comme absents. Nous émettons donc l'hypothèse que la maîtrise des contenus esthétiques, narratifs, fonctionnels, opère en fonction de la reconnaissance de certains patrons d'expérience qui permettent aux participants de comprendre comment réguler, maîtriser, leur activité physiologique, comportementale ou émotionnelle. Cette hypothèse pourrait être infirmée ou validée en comparant l'impact de notre œuvre avec retours d'informations implicites - ce qui est le cas actuellement - et avec retours d'informations explicites. Ces retours d'informations explicites pourraient prendre la forme, par exemple, d'une barre de progression de l'activité cardiaque du participant allant de faible-bleue, à neutre-blanc, jusqu'à forte-rouge. Ainsi, le niveau d'activation cardiaque détecté transformerait de manière cohérente les éléments visuels (couleurs, dans notre exemple). Cette comparaison nous permettrait de comprendre l'impact réel des retours d'information émotionnels sur l'expérience qui est vécue par le participant et notamment sur sa capacité à maîtriser les contenus proposés par l'œuvre.

3.2.3 – Expressions émotionnelles numériques en environnement virtuel avec immersion proprioceptive

Des études sur l'aspect individuel, intersubjectif et collectif des phénomènes émotionnels en environnement virtuel avec immersion proprioceptive doivent encore être produites pour mieux comprendre leur fonctionnement. Ces études auraient notamment pour vocation d'améliorer les modalités expressives de l'expérience et par effet, les dialogues émotionnels lors de configurations sociales dites « multi-joueurs » ou multi-participants. Ces recherches expérimentales pourraient être effectuées en comparant l'activité émotionnel d'un utilisateur lorsqu'il participe individuellement à une expérience de réalité virtuelle (singulière),

lorsqu'il y participe à deux ou en présence d'un groupe, afin d'observer les dynamiques sociales à l'œuvre. En somme, ces recherches répondraient à la question des transformations dans le phénomène émotionnel qu'un ou plusieurs participants apporteraient à l'expérience propre de l'utilisateur. Elles permettraient aussi de mettre en évidence les problématiques actuelles rencontrées lors de dialogue émotionnel en environnement virtuel avec immersion proprioceptive : quels outils mettre en place pour améliorer les moyens d'expression et de réception du phénomène émotionnel dans ce type d'environnement ?

Une hypothèse que nous avons formulée à ce propos, concerne les émotions tactiles. Dans le cadre de cette thèse, nous avons souligné que les émotions tactiles auront une importance particulière concernant les dialogues émotionnels ayant lieu dans des environnements sociaux de réalité virtuelle et notamment des metavers. Afin d'approfondir les recherches expérimentales sur les émotions tactiles, il serait donc intéressant de produire une même expérience sans vibration, avec vibration classique (simple retour d'information lorsque l'individu attrape un objet, par exemple) et avec une composition vibratoire (formes constituées d'une série de vibrations que nous avons citées au chapitre 5 : crescendo, decrescendo, contrepoints, etc.). Associées à des modèles de mesure et d'analyse (capteurs physiologiques et test papier-crayon), ces trois expériences nous permettraient d'étudier les variations de l'activité émotionnelle du participant.

Dans un autre temps, il serait aussi intéressant d'incorporer les recherches de Stephen Brewster et Lorna Margaret Brown (les *tactons*) sur la fonction et la forme énonciative des émotions tactiles, dans le cadre d'une expérience artistique de réalité virtuelle afin d'étudier l'impact d'une telle narration sur l'utilisateur. De la même manière, cette expérience artistique pourrait être effectuée avec et sans émotions tactiles, afin de percevoir les changements opérant dans le cadre de la réception émotionnelle. De tels changements pourraient être évalués auprès d'une large audience, grâce à des tests papier-crayon.

Une autre hypothèse que nous avons émise, suppose que les environnements à distance sont moins impactant émotionnellement que les environnements virtuels avec immersion proprioceptive du fait de l'immersion corporelle. Cette dernière hypothèse mériterait d'être expérimentée en laboratoire sous la forme d'un test comparatif en environnement virtuel à distance (avec des smileys, pour exprimer le ressenti émotionnel) et en environnement virtuel

avec immersion proprioceptive (avec des expressions faciales simulées, par exemple). Par ailleurs, nous souhaitons souligner ici que les moyens de l'expression émotionnelle numérique en particulier et en général, de la communication émotionnelle numérique au sein de ces nouvelles interfaces immersives, doivent encore être améliorées. Elles bénéficient actuellement d'un faible nombre de fonctionnalités qui leur sont dédiées. En conséquence, une telle recherche pourrait être à la fois théorique et pratique. D'abord, il nous faudrait évaluer l'état actuel de la contagion émotionnelle en environnement virtuel avec immersion proprioceptive¹²⁹² : au regard des moyens d'expression numérique et du nombre de participants sur les réseaux sociaux (*VR Chat*, ou *Horizon worlds*, par exemple), nous faisons l'hypothèse que celle-ci serait moindre par rapport aux environnements virtuels perçus à distance. Sur cette base, il nous faudrait ensuite itérer en créant de nouvelles expressions émotionnelles dédiées aux échanges en environnement virtuel avec immersion proprioceptive, afin d'enrichir les dialogues multi-participants (avatar et IA) et d'étudier la portée nouvelle de la contagion émotionnelle. Nous pensons que cette recherche en particulier - l'étude des dialogues émotionnels dans les environnements sociaux (réseaux sociaux) avec immersion proprioceptive - pourrait avoir un fort impact sur le développement futur des metavers.

3.3 – Livret pédagogique pour les concepteurs-artistes

Notre thèse est dédiée à la création artistique avec immersion et interaction émotionnelle en réalité virtuelle pour les concepteurs-artistes¹²⁹³. Elle possède donc un fort enjeu pédagogique que nous souhaitons aussi transmettre au plus grand nombre, dans l'objectif d'enrichir les futures recherches, les créations et les discussions. Par conséquent, notre travail de thèse pourrait prendre la forme d'un livret pédagogique pour la création avec immersion et

¹²⁹² À ce titre, il nous suffirait d'étudier l'impact d'une information ou d'un comportement émotionnel au sein d'un réseau social de réalité virtuelle. Toutefois, cela nécessiterait d'avoir accès à des paramètres statistiques détenus seulement par les administrateurs de ce-dit réseau.

¹²⁹³ C'est pour cette raison d'ailleurs, que certains termes sont traduits en français et rappelés entre parenthèse en anglais. En effet, c'est sous cette deuxième forme que les concepteurs-artistes les retrouverons s'ils approfondissent leur recherche et création par le biais d'articles scientifiques ou par l'inauguration de nouvelles expériences (il s'agit aussi des termes employés par les logiciels de création d'expérience *Unity* et *Unreal Engine*, ainsi que sur les forums d'entraide, notamment sur *Reddit*). Si les concepteurs-artistes souhaitent donc approfondir leur connaissance sur les immersion et interaction émotionnelles de réalité virtuelle, ils possèdent ainsi les « mots clés » à renseigner dans un moteur de recherche classique ou de bibliothèque.

interaction émotionnelles en réalité virtuelle. Celui-ci expliquerait de manière vulgarisée les fondamentaux de notre recherche : qu'entendons-nous par « émotion(s) » ? Comment les concepteurs-artistes peuvent-ils maîtriser les différentes formes d'immersion et d'interaction émotionnelles dans le cadre de leur création en réalité virtuelle ? Par quels moyens somatiques les participants peuvent-ils les instrumentaliser au cours de leur expérience (voir les questions évoquées dans le « guide pédagogique pour les concepteurs-artistes » en conclusion) ? En d'autres termes, les concepteurs-artistes doivent apprendre ce qu'il est possible de faire techniquement et artistiquement avec les émotions de l'utilisateur. Cela suppose qu'ils soient conscients des enjeux et du fonctionnement émotionnel humain dans les environnements réels, mais aussi virtuels (numériques). À ces fins, notre thèse proposait plusieurs exemples artistiques - provenant de médias numériques (arts numériques, cinéma, jeux vidéo et réalité virtuelle) - qui ont pour vocation de faire réfléchir les concepteurs-artistes, notamment en suggérant des moyens par lesquels leur créativité peut s'exprimer sur le mode émotionnel. Sans mettre en avant les codes inébranlables d'une grammaire de l'immersion et de l'interaction émotionnelles, nous souhaitons donc évoquer des « possibilités » afin d'encourager l'imaginaire des usagers, concepteurs-artistes et chercheurs. Dans le cadre de notre travail, nous avons souhaité éviter un effet « catalogue », qui aurait été instauré par l'accumulation d'exemples artistiques. Toutefois, en annexe de notre recherche, nous avons réalisé à des fins méthodologiques un lexique d'œuvres qui pourrait aussi être utile à l'élaboration de ce livret pédagogique (voir en annexe). Celui-ci reprend notre nomenclature générale, en soulignant le degré d'immersion et d'interaction émotionnelles de l'œuvre, les configurations médiatiques et technologiques (environnement réel, visuellement à distance ou avec immersion corporelle), le type de capteur utilisé lorsque c'est le cas et les facteurs sociaux (œuvre individuelle, intersubjective ou collective).

Fonctionnement des émotions : Neurosciences, sciences cognitives et physiologie

- ALDAO, Amelia, « The Future of Emotion Regulation Research : Capturing Context », *Perspective on Psychological Science*, vol. 8, 2013, 155-172.
- ANDRE, Christophe, « Peut-on gérer ses émotions ? », dans Jean-François Dortier (dir.), *Le cerveau et la pensée* [1998], Auxerre, « Sciences Humaines Éditions », 2e éd., 2014, p. 298-306.
- AUE, Tatjana, « Psychophysiology des émotions », dans David Sanders, Klaus R. Scherer (dirs.), *Traité de psychologie des émotions*, Paris, Dunod, 2019, p. 157-188.
- BACHOROWKI Jo-Anne, OWREN Michael T., « Vocal Expression of Emotion: Acoustic Properties of Speech Are Associated with Emotional Intensity and Context », *Psychological Science*, vol. 6, n°4, Juillet 1995, p. 219-224.
- BAKER Iris, VAN DER VOORDT Theo, VINK Peter, DE BOON Jan, « Pleasure, Arousal, Dominance : Mehrabian and Russell revisited », *Current Psychology*, vol. 33, Octobre 2014, p. 405-421.
- BALTERS Stephanie, STEINERT Martin, « Capturing emotion reactivity through physiology measurement as a foundation for affective engineering in engineering design science and engineering practice », *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 28, 2015, p. 1585-1607.
- BANDURA, Albert, « Toward a Psychology of Human Agency : Pathways and Reflection », *Perspectives on psychological Science*, vol. 1, 2006, p. 164-180.
- BANZETT Robert B., MAHAN Susan T., GARNER David M., BRUGHERA Andrew, LORING Stephen H., « A simple and reliable method to calibrate respiratory magnetometers and Respritrace », *Journal of Applied Physiology*, vol. 79, 1995, p. 2169-2176.
- BÄNZIGER Tanja, SCHERER Klaus, GRANDJEAN Didier, « Emotion recognition from expressions in Face, Voice, and Body: The Multimodal Emotion Recognition Test (Mert) », *Emotion*, Vol. 9, Octobre 2009, p. 691-704.
- BARBOSA ESCOBAR Francisco, VELASCO Carlos, MOTOKI Kosuke, BYRNE Derek Victor, WANG Qian Janice, « The temperature of emotions », *PLoS ONE*, Vol. 16, 2021, p. 1-28.

- BARGH John A., MCKENNA Katelyn Y. A., FITZSIMONS Grainne M., « Can you see the real me ? Activation and expression of the “true self” on the internet », *Journal of Social issues*, vol. 58, 2002, p. 33-48.
- BARON, Jean-Claude, « La tomographie par émission de positons », dans Francis Eustache, Bernard Lechevalier, Fausto Viader (dirs.), *Les méthodes de la neuropsychologie*. Louvain-la-Neuve, De Boeck Supérieur, 2001, p. 157-177.
- BARSADE Sigal, GIBSON Donald, « Group emotion: A view from top and bottom », dans D. Gruenfeld, B. Mannix, M. Neale (dirs.), *Research on Managing on Groups and Teams*, Stamford, JAI Press, 1998, p. 81-102.
- BERRIOS Raul, TORTTERDELL Peter, KELLETT Stephen. « Eliciting mixed emotions: a meta-analysis comparing models, types, and measures », *Frontiers in Psychology*, vol. 6, n° 428, 2015, p. 1-15.
- BERTHOZ Sylvie, KRAUTH-GRUBER Silvia, *La face cachée des émotions*, Paris, Le Pommier, 2011.
- BERTHOZ Alain, JORLAND Gérard (dirs.), *L'empathie*, Paris, Odile Jacob, 2004.
- BERTHOZ Alain, *La Décision*, Paris, Odile Jacob, « Sciences », 2003.
- BERTHOZ Alain, *Le sens du mouvement* [1997], Paris, Odile Jacob, 2008.
- BERTHOZ Alain, *La Vicariance. Le cerveau créateur de monde*, Paris, Odile Jacob, « Sciences », 2013.
- BERTHOZ, Alain, « Une théorie spatiale de la différence entre la sympathie et les processus de l'empathie », dans Michel Botbol, Nicole Garret-Gloanec, Antoine Besse (dirs.), *L'Empathie au carrefour des sciences et de la clinique*, Montrouge, Doin, 2014, p. 79-98.
- BERTHOZ Sylvie, GREZES Julie, ARMONY Jorge L., PASSINGHAM Richard E., DOLAN Raymond J, « Affective response to one's own moral violation », *NeuroImage*. vol. 31, n°2, 2006, p. 945-950.
- BINET, Alfred W., « W. James. La théorie de l'émotion », *L'année psychologique*, vol. 9, 1902, p. 388-401, [compte-rendu].
- BOEREMA Simone T., SCHAAKE L., VAN VELSEN Lex, TONIS T. M., « Optimal Sensor Placement for Measuring Physical Activity with a 3D Accelerometer », *Sensors*, vol. 14, 2014, p. 3188-3206.

- BOITEN, Frans A., « The effects of emotional behaviour on components of the respiratory cycle », *Biological Psychology*, vol. 49, 1998, p. 29-51.
- BONHOMME, Stello, « L'image performée », *Nouvelle revue d'esthétique*, n°11, 2013, p. 25-36.
- BOTBOL Michel, GARRET-GLOANEC Nicole, BESSE Antoine (dirs.), *L'empathie au carrefour de sciences et de la clinique*, Montrouge, Doin, 2014.
- BRADBURY Thomas N., FINCHAM Frank D., « Affect and cognition in close relationships : Towards an integrative model », *Cognition & Emotion*, vol. 1, 1987, p. 59-87.
- BRADLEY Margaret M., LANG Peter J., « Measuring emotion: The self-Assessment Manikin and the semantic differential », *Journal of Behavioral Therapy & Experimental Psychiatry*, vol. 25, 1994, p. 49-59.
- BRADSHAW Gareth, O'SULLIVAN Carol, « Sphere-tree construction using dynamic medial axis approximation », *Conference ACM Symposium on Computer Animation*, 2002, p. 33-40.
- BREWSTER Stephen, BROWN Lorna Margaret, « Tactons : Structured tactile messages for non-visual information display », *Proceedings of Australian User Interface Conference*, Vol. 28, Dunedin, 2004, p. 15-23.
- BUECHEL Sven, HANH Udo, « Emotion Analysis as a Regression Problem - Dimensional Models and Their Implications on Emotion Representation and Metrical Evaluation », dans Gal. A. Kaminka, Maria Fox, Paolo Bouquet, Eyke Hüllermeier, Birginia Dignum, Frank van Harmelen, *ECAI 2016 : Proceedings of the Twenty-second European Conference on Artificial Intelligence*, La Hague, Août 2016, p. 1114-1122.
- CAFFI Claudia, JANNEY Richard W., « Toward a pragmatics of emotive communication », *Journal of Pragmatics*, vol. 21, 1994, p. 325-373.
- CACIOPPO John T., MARTZKE Jeffrey S., PETTY Richard E., TASSINARY Louis G., « Specific forms of facial EMG response index emotions during an interview : From Darwin to the continuous flow hypothesis of affect-laden information processing », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 54, 1988, p. 592-604.
- CACIOPPO John T., BERNTSON Gary G., « Relationship between attitudes and evaluative space: A critical review, with emphasis on the separability of positive and negative substrates », *Psychological Bulletin*, vol. 115, 1994, p. 401-423.
- CACIOPPO John T., BERNTSON Gary G., LARSEN Jeff T., POEHLMANN Kirsten M., ITO Tiffany A., « The Psychophysiology of Emotion », dans Michael Lewis, Jeannette M. Haviland-

- Jones (dirs.), *Handbook of Emotions*, 2e édition, New-York, Guilford Press, 2000, p. 180-195.
- CAMPAGNE Aurélie, VERCUEIL Laurent, « Electroencéphalographie », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Electrophysiologie de la cognition*, Paris, Dunod, 2013, p. 17-55.
- CHARTER Sylvain, BOUCHARD Stéphane, RENAUD Patrice, ALBERT Guillaume, BONIN Marie-Pierre, DECOURVILLE-NICOLE Pascale, PROULX Jean, « Mesures et rétroactions psychophysiologiques en immersion virtuelle : Le cas des réponses oculomotrices et sexuelles », *Interface Homme-Machine (IHM)*, Montréal, du 18 au 21 Avril 2006, p. 175-178.
- CHANNOUF Ahmed, ROUAN Georges, *Emotions et Cognitions*, Bruxelles, De Boeck Supérieur, 2002.
- CLAUDON Philippe, WEBER Margot, « L'Emotion. Contribution à l'étude psychodynamique du développement de la pensée de l'enfant sans langage en interaction », *Devenir*, vol. 21, 2009, p. 61-99.
- COLLET Christian, DITTMAR André, DELHOMME Georges, VERNET-MAURY Evelyne, « Autonomic nervous system response patterns specificity to basic emotions », *Journal of the Autonomic Nervous System*, vol. 62, Février 1997, p. 45-57.
- CONNEAU, Anne-Claire, « Reconnaissance automatique de l'émotion à partir de signaux EEG », Thèse, École Paris Tech, 2016.
- CONWAY Martin A., BEKERIAN Debra A., « Situational knowledge and emotions », *Cognition & Emotion*, vol. 1, 1987, p. 145-191.
- COULSON, Mark, « Attributing emotion to static body postures : recognition accuracy, confusions, and viewpoint dependence », *Journal of Nonverbal Behavior*. vol. 28, 2004, p. 117-139.
- COWEN Alan, SAULER Disa, TRACY Jessica, KELTNER Dacher, « Mapping the Passions : Towards a high-Dimensional Taxonomy of Emotional Experience and Expression », *Psychological Science in the Public Interest*, n° 20, 2019, p. 69-90.
- D'ACQUISTO, Fulvio, « Affective immunology: where emotions and the immune response converge », *Dialogues in clinical neuroscience*, vol. 19, p. 9-19.
- DAEL Nele, MORTILLARO Marcello, SCHERER Klaus R., « The Bodily Action and Posture Coding System (BAP): Development and Reliability », *Journal of Nonverbal Behavior*. vol. 36, 2012, p. 97-121.

- DAMASIO, Antonio R., *L'Erreur de Descartes. La raison des émotions* [1994], Trad. De l'anglais par Marcel Blanc, Poches Odile Jacob, Paris, « Sciences », 2017.
- DARWIN, Charles, *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux* [1872], Trad. De l'anglais par Samuel Pozzi et René Benoit, Paris, C. Heinwald, 1890, 421 p.
- DAVIDSON, Richard J., « Emotion and Affective Style : Hemispheric Solutions », *Psychological Science*, vol. 3, n° 1, Janvier 1992, p. 39-43.
- DECETY, Jean, « Naturaliser l'empathie », *L'encéphale*, vol. 28, 2002.
- DEHAENE, Stanislas, *Le Code de la conscience*, Paris, Odile Jacob, « Sciences », 2014.
- DE VIGNEMONT Frédérique, SINGER Tania, « The empathic brain : how, when and why ? », *Trends in Cognitive Sciences*, 2006, p. 435-441.
- D'HONT Fabien, SEQUEIRA Henrique, « La magnétoencéphalographie dans l'étude de la cognition », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Electrophysiologie de la cognition*, Paris, Dunod, 2013, p. 99-115.
- DIDRY Nico, GIANNELLONI Jean-Luc, « Les dynamiques émotionnelles collectives. Perspectives pour le marketing », *Recherche et Applications en Marketing*, Mars 2019.
- DORTIER, Jean-François, « Le réveil de la conscience », dans Dortier, Jean-François (dir.), *Le cerveau et la pensée* [1998], Auxerre, « Sciences Humaines Éditions », 2e éd., 2014.
- DUFFY Elisabeth, « Activation », dans Norman S. Greenfield, Richard A. Sternbach (dirs.), *Handbook of Psychophysiology*, New York, New York, Hot, Rinehart and Winston, 1972, p. 577-622.
- EKMAN Paul, FRIESEN Wallace V., TOMKINS Silvan S, « Facial Affect Scoring Technique: A First Validity Study », *Semiotica*, Vol. 3, Février 1971, p. 37-58.
- EKMAN Paul, LEVENSON Robert W., FRIESEN Wallace V., « Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions », *Science*, vol. 221, n°4616, 1983, p. 1208-1210.
- EKMAN Paul, O'SULLIVAN Maureen, « Who can catch a liar ? », *American Psychologist*, vol. 46, n° 9, Septembre 1991, p. 913-920.
- EKMAN Paul, « An argument for basic emotions », *Cognition & Emotion*, 1992, vol. 6, p. 169-200.
- EKMAN Paul, LEVENSON Robert W., FRIESEN Wallace V., « Autonomic nervous system activity distinguishes between emotions », *Science*, 21, 1983, p. 1208-1210

- EKMAN Paul, FRIESEN Wallace, *Unmasking the face : A Guide to Recognizing Emotions From Facial Expressions*, Los Altos, Malor Books, 2003.
- FELDMAN-BARRETT Lisa, RUSSELL James A., « Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: dissecting the elephant », *Journal of personality and social psychology*, vol. 76, 1999, p. 805-819.
- FEUGA Pierre, MICHAEL Tara, *Le Yoga*, Paris, Presses Universitaires de France, 2018.
- FISCHER Gustave-Nicolas, TARQUINIO Cyril, DODELER Virginie, « Adaptation et coping », dans Gustave-Nicolas Fischer, Cyril Tarquinio, Virginie Dodeler (dirs.), *Les bases de la psychologie de la santé*, Paris, Dunod, « Psycho Sup », 2020, p. 103-141.
- FREDRICKSON Barbara L., TUGADE Michele M., WAUGH Christian E., LARKIN Gregory R., « What good are Positive Emotions in crises? A prospective study of resilience and emotions following the terrorist attacks on the United States on Septembre 11, 2001 », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 84, 2003, p. 365-376.
- FRIDLUND Alan. J., CACIOPPO John T., « Guidelines for human electromyographic research », *Psychophysiology*, vol. 23, 1986, p. 567-589.
- FRIJDA, Nico H, *The emotions*, New York, Cambridge University Press, 1986.
- FRIJDA, Nico H., « Emotion, cognitive structure, and action tendency », *Cognition and Emotion*, vol. 1, 1987, p. 115-143.
- FRISTON Karl J., HOLMES Andrew P., POLINE Jean-Baptiste, PRICE Cathy J., FRITH Chris D., « Detecting activations in PET and fMRI: levels of inference and power », *Neuroimage*, vol. 40, 1996, p. 223-235.
- FUCHS Philippe, MOREAU Guillaume, *Le traité de la réalité virtuelle* [2000], 3^e ed., Paris, Presses des Mines, vol. 1-5, 2006-2009.
- FUCHS, Philippe, *Les Casques de jeux vidéo*, Paris, Presses des Mines, 2016.
- FUCHS, Philippe, *Théorie de la réalité virtuelle. Les véritables usages*, Paris, Presses des Mines, 2018.
- GIL, Sandrine, « Comment étudier les émotions en laboratoire ? », *Revue électronique de Psychologie Sociale*, n°4, 2009.
- GLAUSER, Elise Dan, « Le sentiment subjectif. Intégration et représentation centrale consciente des composantes émotionnelles », David Sanders, Klaus R. Scherer (dirs.), dans David

- Sanders, Klaus R. Scherer (dirs.), *Traité de psychologie des émotions*, Paris, Dunod, 2019, p. 223-257.
- GLON, Emmanuelle, « Émotion empathique et cognition sociale », dans Christian Lazzeri, Soraya Nour (dirs.), *Reconnaissance, Identité et Intégration Sociale*, Paris, Presses Universitaires de Paris Nanterre, « Sciences humaines et sociales », 2009, p. 215-238.
- GOTTMAN John M., KROKOFF Lowell J, « Marital interaction and satisfaction : A longitudinal view », *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, vol. 57, 1989, p. 47-52.
- GOTTSCHALK Stefan Aric, LIN Ming C., MANOCHA Dinesh, « Obb-tree: A hierarchical structure for rapid interference detection », *SIGGRAPH '96: Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, Août 1996, p. 171-180.
- GRANDJEAN Didier, BAENZIGER Tanja, « Expression vocale des émotions », dans David Sanders, Klaus R. Scherer (dirs.), *Traité de psychologie des émotions*, Paris, Dunod, 2019, p. 109-155.
- GRANDJEAN Didier, SANDER David, POURTOIS Gilles, SCHWARTZ Sophie, SEGHIER Mohamed L., SCHERER Klaus R., VUILLEUMIER Patrik, « The voices of wrath : brain responses to angry prosody in meaningless speech », *Nature Neuroscience*, vol. 8, 2005, p. 145-146.
- GRAPPERON Jacques, PÉREZ-PIGNOL Annie-Claude, VION-DURY Jean, « La mesure de la réaction électrodermale », *L'encéphale*, vol. 38, 2012, p. 149-155.
- GROSS James J., LEVENSON Robert W., « Emotional Suppression: Physiology, Self-Report, and Expressive Behavior », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 64, 1993, p. 970-986.
- GROSS, James J., « The Emerging Field of Emotion Regulation: An Integrative Review », *Review of General Psychology*, vol. 2, 1998, p. 271-299.
- GROSS, James J., « Emotion Regulation: Past, Present, Future », *Cognition and Emotion*, vol. 13, 1999, p. 551-573.
- HALL Edward T., BIRDWHISTELL Ray L., BOCK Bernhard, BOHANNAN Paul, DIEBOLD Richard A., BURBIN Marshall, EDMONSON Munro S., FISHER J. L., HYMES Dell, KIMBALL Solon T., LA BARRE Weston, LYNCH Frank, MCCLELLAN J. E., MARSHALL Donald S., MILNER G. B., SARLES Harvey B., TRAGER George L., VAYDA Andrew P., « Proxemics [and Comments and Replies] », *Current Anthropology*, vol. 9, no. 2/3, 1968, p. 83-108.
- HATFIELD Elaine, CACIOPPO John T, RAPSON Richard L., « Primitive emotional contagion », Dans M. S. Clark (dir.), *Review of Personality and Social Psychology: Emotion and Social Behavior*, vol. 14, 1992, p. 151-177.

- HATFIELD Elaine, RAPSON Richard, LE Yen-Chi, « Emotional contagion and empathy », Dans J. Decety, J. Ickes (dirs.), *The Social Neuroscience of Empathy*, Boston, MIT Press, 2009, p. 19-30.
- HOCHMAN, Jacques, *Une histoire de l'empathie*, Paris, Odile Jacob, 2012.
- IZARD, Carroll E., « Forms and functions of emotions: Matters of emotion-cognition interactions », *Emotion Review*, vol. 3, 2011, p. 371-378.
- JACOB Pierre, DE VIGNEMONT Frédérique, « What is it like to feel another's pain ? », *Philosophy of Science*, vol. 79, p. 295-316.
- JAMES, William, « What is an emotion? », *Mind*, vol. 9, n°34, 1884, p. 188-205.
- JÄRVELÄ Simo, KÄTSYRI Jari, RAVAJA Niklas, CHANEL Guillaume, GENTTONEN Pentti, « Intragroup emotions: Physiological linkage and social presence », *Frontiers in Psychology*, vol. 7, Article 105, 2016, p. 1-11.
- JORLAND Gérard, THIRIOUX Bérangère, « Note sur l'origine de l'empathie », *Revue de métaphysique et de morale*, n°58, 2008, p. 269-280.
- KAISER Susanne, WEHRLE Thomas, SCHENKEL Katia, « Expression Faciale », dans David Sanders, Klaus R. Scherer *Traité de psychologie des émotions*, Paris, Dunod, 2019, p. 77-108.
- KAPPAS Arvid, HESS Ursula, SCHERER Klaus R., « Voice and emotion », Dans R. S. Feldman, B. Rimé (dirs.), *Fundamentals of nonverbal behaviour*, Cambridge, Cambridge University Press, 1991, p. 200-238.
- KOH, Kyung Bong, « Emotion and immunity », *Journal of Psychosomatic Research*, vol. 45, 1998, p. 107-115.
- KONNO Kimio, MEAD Jere, « Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing », *Journal of Applied Physiology*, vol. 22, 1967, p. 407-422.
- KORB Sebastian, DELPLANQUE Sylvain, « Électromyographie », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Electrophysiologie de la cognition*, Paris, Dunod, 2013, p. 179-194.
- KRAGEL Philip A., LABAR Kevin S., « Decoding the nature of emotion in the brain », *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 20, 2016, p. 444-455.

- KRAMER Adam D. I, GUILLORY Jamie E., HANCOCK Jeffrey T., « Experimental evidence of massive-scale emotional contagion through social networks », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, n° 24, 2014, p. 8788-8790.
- LANG Peter J., BRADLEY Margaret M., CUTHBERT Bruce N., « Motivated attention : Affect, activation, and action », dans P. Lang, R. F. Simons, M. T. Balaban (dirs.), *Attention and orienting : Sensory and motivational processes*, Erlbaum, Mahwah, 1997a, p. 97-135.
- LANG Peter J., BRADLEY Margaret M., CUTHBERT Bruce N., « International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual », *NIMH Center for the Study of Emotion and Attention*, Université de Floride, Gainesville, 1997b.
- LANGE, Carl Georg, « The Emotions: A Psychophysiological Study », Dans Carl Georg Lange, William James (dirs.), *The emotions*, Baltimore, Knight Dunlap, 1922, vol. 1, p. 33-92.
- LAPLACE J. P., ROMAN C., « Activités de la musculature gastro-intestinale et mouvements des contenus digestifs », *Annales de biologie animale, biochimie, biophysique*, vol. 19, 1979, p.849-879.
- LEDOUX, Joseph, *Le cerveau des émotions*, traduit de l'anglais par Pierre Kaldy, Paris, Odile Jacob, « Sciences » 2005.
- LEE Jong-Hong, PARK Jin-Yung, NAM Tek-Jin, « Emotional Interaction through Physical Movement », dans Julie A. Jacko (dir.), *Human-Computer Interaction*, vol. 4552, 2007, p. 401-410.
- LEVENSON, Robert W., « Emotion and the autonomic nervous system : A prospectus for research on autonomic specificity », dans H. L. Wagner (dir.), *Social psychophysiology and emotions: Theory and clinical applications*, Chicester, John Wiley & Sons, 1988, p. 17-42.
- LOEWENSTEIN George, LERNER Jennifer S., « The role of affect in decision making », Dans R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. H. Goldsmith (dirs.), *Handbook of affective Sciences*, 2003, p. 619-642.
- LOVERIDGE B., WEST P., ANTHONISEN N. R., KRYGER M. H., « Single-position calibration of the respiratory inductance plethysmograph », *Journal of Applied Physiology*, vol. 55, 1983, p. 1031-1034.
- LUMINET, Olivier, « Alexithymie, l'émotion indéchiffrable », *Sciences Humaines*, Août-Septembre 2019. n°317, p. 40-41.

- LUTZ Antoine, SLAGTER Heleen A., DUNNE John, DAVIDSON Richard J., «Attention regulation and monitoring in meditation», *Trends in Cognitive Science*, vol. 12, 2008, p. 163-169.
- MANSTEAD Anthony, FISHER Agneta, « Beyond the universality-specificity dichotomy », *Cognition and Emotion*, vol. 16, 2002, p. 1-9.
- MAREY, Étienne-Jules [1959], *La circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies*, Thèse, Paris, G. Masson, 1881.
- MAREY, Étienne- Jules, *Recherches sur le pouls au moyen d'un nouvel appareil enregistreur, le sphygmographe*, Paris, Thunot, 1860.
- MAREY, Étienne-Jules, *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et en médecine*, Paris, G. Masson, 1878.
- MATH, François, *Neurosciences cliniques. De la perception aux troubles du comportement*, Bruxelles, Editions De Boeck, 2008.
- MATHIEU, Yvette Yannick, « Un classement sémantique des verbes psychologiques », *Cahiers du Centre Interlangues d'Étude en Lexicologie (C.I.E.L)*, vol. 9, 1996-1997, p. 115-134.
- MATSUMOTO David, EKMAN Paul, « Basic emotions », dans David Sander, Klaus R. Scherer (dirs.), *The Oxford companion to emotion and the affective sciences*, New-York, Oxford University Press, 2009, p. 69-73.
- MAYER, Emeran A, « Gut feelings : the emerging biology of gut-brain communication », *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 12, 2011, p. 453-466.
- MAZOYER, Bernard, « Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle », dans Francis Eustache, Bernard Lechevalier, Fausto Viader, *Les méthodes de la neuropsychologie*. Louvain-la-Neuve, De Boeck Supérieur, 2001, p. 179-205.
- McFARLAND, David, *Le comportement animal. Psychobiologie, éthologie et évolution*, Bruxelles, De Boeck Supérieur, 2009.
- MEHRABIAN Albert, RUSSELL James A., *An approach to environmental psychology*, Cambridge, MIT Press, 1974.
- MERMILLOD Martial, SILVERT Laetitia, DEVAUX Damien, VERMEULEN Nicolas, NIEDENTHAL Paula, « Les émotions », Dans Denis, Michel (dir.), *La Psychologie cognitive*, Fontenay-Le-Compte, Maison des sciences de l'homme, « Cogniprisme », 2012, p. 279-309.
- MOLL Jorge, De OLIVEIRA-SOUZA Ricardo, ESLINGER Paul J., BRAMATI Ivanei E., MOURAO-MIRANDA Janaina, ANDREIUOLO Pedro Angelo, PESSOA Luiz, « The Neural Correlates

- of Moral Sensitivity : A Functional Magnetic Resonance Imaging Investigation of Basic and Moral Emotions », *The Journal of Neuroscience*, vol. 22, 2002, p. 2730-2736.
- MONTAGU, Ashley, *Touching : The Human Significance of the Skin*, New-York, Columbia University Press, 1971.
- MUCCHIELLI, Alex (dir.), *Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines*, 2^e ed., Paris, Armand Colin, 2004.
- MULLEN Grayson, DAVIDENKO Nicolas, « Time Compression in Virtual Reality », *Timing & Time Perception*, vol. 9, 2021, p. 377-392.
- NACCACHE, Lionel, *Le Nouvel Inconscient. Freud, Christophe Colomb des neurosciences*, Paris, Odile Jacob, 2006.
- NUMMENMAA Lauri, GLERAN Enrico, HARI Riitta, HIETANEN Jari K., « Bodily maps of emotions », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 111, 2014, p. 646-651.
- OATLEY, Keith, « Editorial : Cognitive science and the understanding of emotions », *Cognition & Emotion*, vol. 1, 1987, p. 209-216.
- OATLEY Keith, JOHNSON-LAIRD Philip N., « Towards a cognitive theory of emotions », *Cognition & Emotion*, vol. 1, 1987, p. 29-50.
- OATLEY Keith, JOHNSON-LAIRD Philip N., « The communicative theory of emotions: empirical tests, mental models, and implications for social interaction », dans Leonard L. Martin et Abraham Tesser (dirs.), *Striving and Feeling. Interaction Among Goals, Affect, and Self-Regulation*, New York, Russell Sage, 1996, p. 363-393.
- OPHIR Eyal, NASS Clifford, WAGNER Anthony D., « Cognitive control in media multitaskers », *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 106, n° 37, 2009, p. 15583-15587.
- ORTONY Andrew, TURNER Terence J., « What's basic about basic emotions ? », *Psychological Review*, vol. 97, 1990, p. 315-331.
- OSGOOD Charles E., SUCI George J., TANNENBAUM Percy H., *The measurement of meaning*, Urbana, Chicago et Londres, University of Illinois Press, 1957.
- PACHERIE, Élisabeth, « L'empathie et ses degrés », dans Alain Berthoz, Gérard Jorland (dirs.), *L'empathie*, Paris, Odile Jacob, 2004, p. 149-181.

- PANKSEPP Jaak, WATT Douglas, « What is basic about basic emotions ? Lasting lessons from affective neuroscience », *Emotion Review*, vol. 3, 2011, p. 1-10.
- PARROTT, Gerrod W., « Function of Emotion : Introduction », *Cognition and Emotion*, vol. 13, 1999, p. 465-466.
- PAVLOV, Ivan Petrovitch, *Les réflexes conditionnés : étude objective de l'activité nerveuse supérieure des animaux*, Paris, F. Alcan, 1927.
- PELLISSIER, Sonia, « Variabilité du rythme cardiaque », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Electrophysiologie de la cognition*, Paris, Dunod, 2013, p. 157-177.
- PÉRON Julie, CHRISTEN Andy, GRANDJEAN Didier, « Enregistrements électrophysiologiques intracérébraux », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Electrophysiologie de la cognition*, Paris, Dunod, 2013, p. 77-98.
- RAVAT, Jérôme, « Actions, émotions, motivation : fondements psychologiques du raisonnement pratique », *Le Philosophoire*, vol. 2, n° 29, 2007, p. 81-95.
- RENAUD Patrice, ALBERT Guillaume, CHARTIER Sylvain, BONIN Marie-Pierre, DECOURVILLE-NICOL Pascale, BOUCHARD Stéphane, PROULX Jean, « Mesures et rétroactions psychophysiologiques en immersion virtuelle : le cas des réponses oculomotrices et sexuelles », *Proceedings of the 18th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, Montréal, 18-21 Avril 2006.
- RIMÉ, Bernard, *Le partage social des émotions*, Paris, Presses Universitaires de France, 2005.
- RIME, Bernard, « L'émergence des émotions dans les sciences psychologiques », *L'Atelier du Centre de recherches historiques*, vol. 16, 2016, en ligne le 23 Mai 2016, consulté le 2 Mai 2019, [<http://journals.openedition.org/acrh/7293>]
- RINALDI, Romina. « L'alexithymie : les émotions indéchiffrables », *Le Cercle Psy*, n°26, Septembre-Novembre 2017, p. 62-65.
- ROCHAT, Philippe, « Naissance de la co-conscience », *Intellectica*, vol. 34, 2002, p. 99-123.
- ROLLS, Edmund, « A biased activation theory of the cognitive and attentional modulation of emotion », *Frontier in Human Neuroscience*, vol. 7, article 74, Mars 2013, p. 1-15.
- ROSSIGNOL Mandy, PHILIPPOT Pierre, VÖGELE Claus, « Réactivité physiologique et conscience intéroceptive dans les troubles anxieux pédiatriques : une revue conceptuelle et empirique », *Neurosciences affectives et santé mentale*, vol. 41, n° 1, 2016, p. 183-222.

- ROTHERMUND Klaus, KOOLE Sander L., « Three decades of *Cognition & Emotion* : A brief review of past highlights and future prospects », dans *Cognition and Emotion*, vol. 32, le 12 Février 2018 [En ligne], p. 1-12, [<https://doi.org/10.1080/02699931.2018.1418197>]
- RUSSEL James A., MEHRABIAN Albert, « Evidence for a three-factor theory of emotions », *Journal of Research in Personality*, vol. 11, 1977, p. 273-294.
- RUSSELL, James A., « A circumplex model of affect », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 39, n°6, 1980, p. 1161-1178.
- SABIL, Abdelkebir, « La pléthysmographie respiratoire par inductance sans étalonnage. Développements en exploration, surveillance et assistance respiratoire », *Thèse*, Université Joseph Fourier-Grenoble 1, 2005.
- SANDER David, GRANDJEAN Didier, SCHERER Klaus R., « A systems approach to appraisal mechanisms in emotion », *Neural Networks* 18, 2005, p. 317-352.
- SEARA-CARDOSO Ana, SEBASTIAN Catherine L., VIDING Essi, ROISER Jonathan P., « Affective resonance in response to others' emotional faces varies with affective ratings and psychopathic traits in amygdala and anterior insula », *Social neuroscience*, vol. 11, 2016, p. 140-152.
- SEQUEIRA Henrique, D'HONDT Fabien, « L'activité électrodermale dans l'étude de la cognition », dans Pascal Hot, Sylvain Delplanque, *Electrophysiologie de la cognition*, Paris, Dunod, 2013, p. 137-156.
- SCHERER Klaus R., JOHNSTONE Tom, « Vocal communication of emotion », dans Michael Lewis, Jeannette Haviland-Jones, (dirs.), *The Handbook of emotion*, New York, Guilford Press, 2000, p. 220-235.
- SCHERER Klaus R, MOORS Agnes, « The Role of Appraisal in Emotion », dans Michael D. Robienson, Edward R. Watkins, Eddie Harmon-Jones (dirs.), *Handbook of cognition and emotion*, New-York, The Guilford Press, 2013, p. 135-155.
- STRACK Fritz, SCHWARTZ Norbert, GSCHNEIDINGER Elisabeth, « Patterns of cognitive appraisal in emotion », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 48, 1985, p. 813-838.
- TARROUX Philippe, AUVRAY Malika, « La perception visuelle », dans Michel Denis (dir.), *La Psychologie cognitive*, Fontenay-Le-Compte, Édition de la Maison des sciences de l'homme, « Cogniprisme », 2012, p. 39-69.
- TCHERKASSOF Anna, FRIJDA Nico H., « Les émotions : une conception relationnelle », *L'année psychologique*, vol. 114, 2014, p. 501-535.

TRAVIS Frederick, SHEAR Jonathan, « Focused attention, open monitoring and automatic self-transcending: Categories to organize meditations from Vedic, Buddhist and Chinese traditions », *Consciousness and Cognition*, vol. 19, 2010, p. 1110-1118.

WALLBOOT Harald G., SCHERER Klaus R, « How universal and specific is emotional experience? Evidence from 27 countries on five continents », *Social Science Information*, vol. 25, 1986, p. 763-795.

WEINER Bernard, GRAHAM Sandra, « Understanding the motivational role of affect : Life-span research from an attributional perspective », *Cognition & Emotion*, vol. 3, 1989, p. 401-419.

WHITHEAD, Alfred North, *Dialogues*, New York, The New American Library, 1956.

ZEIDAN Fadel, JOHNSON Susan K., GORDON Nakia S., GOOLKASIAN Paula, «Effects of brief and sham mindfulness meditation on mood and cardiovascular variables », *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, vol. 16, 2010, p. 867-873.

Philosophie, Linguistique :

DESCARTES, René, *Méditations Métaphysiques* [1641], Levrault, Paris, 1824.

PLANTIN, Christian, « L'émotion comme condition interactionnelle », Dans Maria Alejandra Vitale, Eduardo Lopes Piris, Alicia Eugenia Carrizo, Isabel Cristina Michelan de Azevedo (dirs.). *Estudios Sobre Discurso y Argumentacion*, Coimbra, Gracio Editor, 2019, p. 37-64.

La recherche sur les émotions appliquée aux arts :
Esthétiques, narratologies, études vidéoludiques

ADAMS Richard, HANNAFORD Blake, « Stable haptic interaction with virtual environments », *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 15, 1999, p. 465-474.

ALY Luis, PENHA Rui, BERNARDES Gilberto, « Biosensing in interactive Art : A User-Centered Taxonomy », dans N. Lee (dir.), *Encycloedia of Computer Graphics and Games*, Springer International Publishing AG, 2018.

ANDO, Erica, « La méthode Feldenkrais, une soma-esthétique pratique », Traduit de l'anglais par David Zerbib, dans Barbara Formis (dir.), *Penser en corps. Soma-esthétique, art et philosophie*, Paris, L'Harmattan, « L'art en bref », 2009, p. 21-40.

- BARBOZA, Pierre, « Fiction interactive « métarécit » et unités intégratives », dans Pierre Barboza et Jean-Louis Weissberg (dir.), *L'image actée : scénarisations numériques, parcours du séminaire L'action sur l'image*, L'Harmattan. 2006, p. 99-121.
- BARNIER Martin, KITSOPANIDOU Kira, *Le cinéma 3-D*, Paris, Armand Collin, 2015.
- BARNIER, Martin, « Spectacle immersif, une vieille histoire des mondes virtuels », dans Claire Chatelet, Corvo Lepesant-Lamari et Caroline San Martin (dirs.), *La Femis présente. La Réalité virtuelle. Une question d'immersion ?*, n° 1, décembre 2019, p.23-35.
- BARONI, Raphaël, *La tension narrative. Suspense, curiosité et surprise*, Paris, Éditions du Seuil, 2007.
- BARONI, Raphaël, « Narratologie », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 267-273.
- BAUD Jean-François, SEDES Anne, « Vers une approche physiologique de l'interface corporelle pour les arts interactifs », *Actes de la 14^e Journée d'Informatique Musicale (JIM)*, Grenoble, 2009, p. 41-47.
- BARRASS Stephen, VICKERS Paul, « Sonification Design and Aesthetics », dans Thomas Hermann, Andy Hunt, John G. Neuhoff (dirs.), *The Sonification Handbook*, Berlin, Logos Verlag, 2011, p. 145-172.
- BAXTER Bill., SCHEIB Vincent, LIN Ming C., MANOCHA Dinesh, « dAb: Interactive haptic painting with 3d virtual brushes », *SIGGRAPH 2001: Proceeding of the 28th annual conference on Computer Graphics Proceedings*, 2001, p. 461-468.
- BAYART, Benjamin, *Réalité augmentée haptique : théorie et applications*, thèse, Université d'Evry-Val d'Essonne, 2007.
- BELLOUR, Raymond, *Le Corps du cinéma. Hypnoses, émotions, animalités*, Paris, P.O.L, « Traffic », 2009.
- BIALOSKORSKI Leticia S., WESTERING Joyce H. D. M., VAN DEN BROEK Egon L., « Mood Swings : An affective interactive art system », Conference : Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, Third International Conference, INTETAIN 2009, Amsterdam, 22-24 Juin 2009, p. 181-186.
- BLUM, Thom, « Reviewed work : Biofeedback and the Arts : Results of Early Experiments by David Rosenboom », *Computer Music Journal*, vol. 13, 1989, p. 86-88.

- BONGERS, Bert, « Physical interfaces in the electronic arts: interaction theory and interfacing techniques for real-time performance », dans M. M. Wanderley, M. Battier (dirs.), *Trends in Gestural Control of Music*, Paris, Ircam Centre Pompidou, 2000, p. 41-70.
- BONHOMME, Stello, « L'image performée », *Nouvelle revue d'esthétique*, n°11, 2013, p. 25-36.
- BONHOMME, Stello, « Jeux vidéo », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 228-231.
- BONHOMME Stello, TALON-HUGON Carole, « Esthétique des jeux vidéo », *Nouvelle revue d'esthétique*, n° 11, 2013, p. 5-10.
- BRUGGEMAN, Kevin, « Creating Biofeedback-Based Virtual Reality Application to Enhance Coherence of Mindfulness Practice », *These*, The Ohio State University, 2019.
- CALIANDRO, Stefania, « Empathie et esthésie : un retour aux origines esthétiques », *Revue Française de Psychanalyse*, vol. 68, 2004, p. 791-800.
- CARROLL, Noël, *The philosophy of horror or paradoxes of the heart*, New-York, Routledge, 1990.
- CARROLL Noël, TALON-HUGON Carole, « Arts, Émotion et Évolution », *Nouvelle Revue d'Esthétique*, n°11, 2013, p. 109-129.
- CHAMPION Erik M., DEKKER Andrew, « Indirect Biofed Architecture. Strategies to best utilise biofeedback tools and interaction metaphors within digital architectural environments », dans C. M. Herr, N. Gu, S. Roudavski, M. A. Schanbel (dirs.), *Circuit Bending, Breaking and Mending : Proceedings of the 16th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, Hong-Kong, 2011, p. 241-250.
- CHATONSKY, Grégory, « La triple immersion : réalité virtuelle, monde ambiant et cerveau », *Actes du colloque de l'Obs/in (observatoire des pratiques de création de l'image numérique) : image & immersion*, n° 2, Arles, 17 au 25 Octobre 2012, p. 37-50.
- CHEN, Hao, *Emotion Sharing in Virtual Reality*, these de philosophie, Université de Canterbury, 2019.
- CHEVREL, Yves, « Les études de réception », dans Brunel Pierre, Chevrel Yves (dir.), *Précis de littérature comparée*, Paris, Presses Universitaires de France, 1989, p. 177-214.
- CHIK, Caroline, « La photographie sérielle et séquentielle. Origines et ambiguïtés », *Cinemas. Revue d'études cinématographiques*, vol. 24, n° 2-3, printemps 2014, p. 187-215.

- CHRISTOPHE, Véronique, *Le partage social des émotions du point de vue de l'auditeur*, Thèse de psychologie, Université de Lille III, 1997.
- CLAY Viviane, KÖNIG Peter, KOENIG Sabine U., « Eye Tracking in Virtual Reality », *Journal of Eye Movement Research*, vol. 12, 2019, p. 1-18.
- COUCHOT, Edmond, *Images. De l'optique au numérique*, Paris, Hermès, 1988.
- COUCHOT, Edmond, *La Technologie dans l'art. De la photographie à la réalité virtuelle*, Nîmes, Jacqueline Chambon, 1998.
- COUCHOT, Edmond, « La boucle action - perception - action dans la réception esthétique interactive », *Proteus*, n°6, Décembre 2013, p. 27-34.
- COUCHOT, Edmond, « La relation intersubjective dans les arts immersifs présence et temporalités », *Corps*, n°13, p. 83-96.
- CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Beyond boredom and anxiety : the experience of play in work and games*, San-Francisco-Londres, Jossey-Bass Publishers, 1975.
- CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Finding flow: the psychology of engagement with everyday life*, New-York, BasicBooks, 1997.
- CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly, *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. New York: Harper-Collins, 1996.
- CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow : the psychology of optimal experience*. New-York : Harper Perennial, 2008.
- DEDOLA, Léa, *Nouveaux dispositifs immersifs : vers une cinématographie néo-sensualiste*, mémoire de Master 2, Université Lumière Lyon II, 2016.
- DEDOLA, Léa, « Fondements et bornes de l'environnement de réalité virtuelle : Quelles conséquences esthétiques ? », *Missiles*, n° 7, Décembre 2019, p. 21-27.
- DEDOLA, Léa, « Phénoménologie des temps science-fictionnels en réalité virtuelle : un nouvel accès au genre », *Quel TEMPS fait-il ?*, Prism, Cnrs, Journée d'étude transdisciplinaire, 22 Octobre 2020.
- DEDOLA, Léa, « La biofeedback loop et les œuvres d'art interactives : quel façonnement émotionnel de soi ? », *Savoir en Prisme*, n° 13, 2021a, p. 137-158.

- DEDOLA, Léa, « L'immersion peut-elle se penser en système ? Le cas du développement transmédiatique des œuvres de cinéma en réalité virtuelle », *De l'immersion au cinéma*, Colloque de Rennes, 18-20 Mai 2021b.
- DEDOLA, Léa. « Modalités et défis de l'expérience patrimoniale en réalité virtuelle : réflexions autour du corps recevant », dans Carmela Colella, Tamara El-Hoss, Catherine Parayre (dirs.), *L'impact du numérique : texte/images en littérature et dans les arts*. Brock University : Niagara Region, Small Walker Press, 2021c, p. 116-129.
- DEDOLA, Léa, « Pour une actualisation de la notion hétérotopique à l'ère du numérique : Quid des "contre-espaces" de réalité-virtuelle ? », *Modernité des hétérotopies*, Besançon, Juin 2021d, Actes à paraître.
- DELEUZE Gilles, *Logique de la sensation*, Paris, Edition du Seuil, 2002.
- DOOLEY, Kath, « A question of proximity: Exploring a new screen grammar for 360-degree cinematic virtual reality », *Media Practice and Education*, vol. 21, 2019, p. 81-96.
- EISENSTEIN Sergueï M. « Du cinéma en relief », *Eisenstein, Le mouvement de l'Art*, Paris, Edition Du Cerf, 1986.
- FLAMENG, Loïc, *Le récit dans la réalité virtuelle*, Paris, Dixit, 2021.
- FLUDERNIK, Monika, « Natural Narratology and Cognitive Parameters », dans *Narrative Theory and the Cognitive Sciences*, D. Herman (dirs.), Stanford, CSLI Publications, 2003, p. 243-270.
- FROHNERT, Christine, « *Heart Beats Dust* : The conservation of an interactive installation from 1968 and an introduction to E.A.T (Experiments in Art and Technology) », *Electronic at the Electronic Media Group Session*, AIC 35, Los Angeles, May 15-20 Mai 2009, p. 3-12.
- GALLAGHER, Shaun, « Narrative competence and the massive hermeneutical background », dans Paul Fairfield (dir.), *Education, Dialogue and Hermeneutics*, New-York, Continuum International Publishing Group, 2011, p. 21- 38.
- GAUDREULT André, MARION Philippe, « Un média nait toujours deux fois... », *Sociétés et représentations*, n° 9, Paris, Credhess, 2000, p. 21-36.
- GAUDREULT André, MARION Philippe, *La fin du cinéma ? Un média en crise à l'ère du numérique*, Paris, Armand Colin, 2013.
- GILLEADE Kiel Mark, DIX Alan, ALLANSON Jen, « Affective videogames and modes of affective gaming: Assist me, challenge me, emote me », *Proceedings of the 2nd*

International Conference on Digital Games Research Association: Changing Views: Worlds in Play, vol. 3, 2005.

GOLIOT-LÉTÉ Anne, VANOYE Francis, *Précis d'analyse filmique*, 2^e ed., Paris, Armand Colin, 2010, « 128 : La collection universitaire de poche ».

GREGORY Arthur D., EHMANN Stephen, LIN Ming C., « inTouch: Interactive multiresolution modeling and 3d painting with a haptic interface », *Proceedings IEEE Virtual Reality*, 2000, p. 45-52.

GROMALA Diane, TONG Xin, CHOO Amber, KARAMNEJAD Mehdi, SHAW Chris, « The virtual meditative walk: Virtual reality therapy for chronic pain management », *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2015, p. 521-524.

GROSS James J., LEVENSON Robert W., « Emotion elicitation using films », *Cognition and Emotion*, vol. 9, 1995, p. 87-108.

GUEZ, Judith, « De l'interaction à la présence : un art qui se vit », *Proteus*, n°6, Décembre 2013, p. 19-26.

GUEZ, Judith, *Illusions entre le réel et le virtuel (IRV) comme nouvelles formes artistiques : présence et émerveillement*, Thèse, Université Paris VIII, 2015.

GUOXIN, Gu, « *Virtual Sophrologist* : Un système de formation de relaxation par neurofeedback en réalité virtuelle », Mémoire, Université de Montréal, 2018.

HALTÉ, Pierre, « Les émoticônes : de la signification des affects aux stratégies conversationnelles », *Communiquer*, n° 28, 2020, p. 19-33.

HINTERBERGER, Thilo, « The Sensorium : A Multimodal Neurofeedback Environment », *Advances in Human-Computer Interaction*, Vol. 2011, p. 1-10.

HJELM Sara Ilstedt, BROWALL Carolina, « Brainball-using brain activity for cool competition », *Proceedings of NordiCHI*, Stockholm, 2000, p. 1-3.

HOGUET, Benjamin, *La grammaire de réalité virtuelle : des histoires qui se racontent aux histoires qui se vivent*, Paris, Édition Dixit, Décembre 2017.

HOUZANGBE, Samory, *Impact sur l'expérience utilisateur en environnement virtuel immersif de l'utilisation d'objets connectés portés pour la rétroaction physiologique*, Thèse, ENSAM, 2019.

- IJSSELSETIJN Wijnand A., DE KORT Yvonne A. W., POELS Karolien, *The Game Experience Questionnaire*, Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven, 2013.
- IMMELÉ, Anne, « L'attraction, la véracité et le contrôle », dans *Pleasure, Arousal, Dominance*, Genève, Éditions Centre de la photographie de Genève, 2017, p. 35-36.
- KAWAMOTO, Hideo, « L'autopoièse et l'"individu" en train de se faire », *Presses Universitaires de France*, vol. 136, 2011, p. 347-363.
- KIVIKANGAS J. Matias, CHANEL Guillaume, COWLEY Ben, EKMAN Inger, SALMINEN Mikko, JÄRVELÄ Simo, RAVAJA Niklas, « A review of the use of psychophysiological methods in game research », *Journal of Gaming and Virtual Worlds*, vol. 3, 2011, p. 181-199
- KLEIN, Jean-Pierre, « L'art-thérapie », *Cahier de Gestalt-Thérapie*, n°20, 2007, p. 55-62.
- KOCH Ed, GAW David, « Coactive aesthetics and control theory », *Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Intelligent Control*, vol. 1, 1990, p. 93-97.
- KOSUNEN Ikka, SALMINEN Mikko, JÄRVELÄ Simo, RUONALA Antti, RAVAJA Niklas, JACUCCI Giulio, « RelaWorld : Neuroadaptive and Immersive Virtual Reality Meditation System », *Proceedings of the 21st International Conference on Intelligent User Interfaces*, 2016, p. 208-217.
- KOVACEVIC Natasha, RITTER Petra, TAYS William, MORENO Sylvain, MCINTOSH Anthony Randal, « "My Virtual Dream": Collective Neurofeedback in an Immersive Art Environment », *Plos One*, vol. 10, Article 7, Juillet 2015, p. 1-18.
- KRAMER Gregory, BONEBRIGHT Terri, COOK Perry et alii, « The Sonification Report : Status of the Field and Research Agenda », *National Science Foundation by members of the International Community for Auditory Display* (Rapport), Santa Fe, 1999.
- LALO, Vanessa, « Virtual Reality (réalité virtuelle) », dans Pauline Escande-Gauquié, Bertrand Naivin (dirs.) *Comprendre la culture numérique*, Paris, Dunod, 2019, p. 183-192.
- LENAY, Charles, « C'est très touchant. La valeur émotionnelle du contact », *Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, n°53-54, 2010, p. 359-397.
- LIN Ming C., CANNY John, « A Fast Algorithm for Incremental Distance Calculation », *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'91)*, Mai 1991, p. 1008-1014.
- LOBEL Adam, GOTSIS Marientina, REYNOLDS Erin, ANNETTA Michael, ENGELS Rutger, GRANIC Isabela, « Designing and Utilizing Biofeedback Games for Emotion Regulation: The

- Case of Nevermind », *CHI'16 Extended Abstracts*, San Jose, Mai 07-12, 2016, p. 1945-1951.
- LONTRADE, Agnès, « Quelle place pour le corps dans l'expérience esthétique ? », dans Barbara Formis (dir.), *Penser en corps. Soma-esthétique, art et philosophie*, Paris, L'Harmattan, « L'art en bref », 2009, p. 77-98.
- LUX Ewa, ADAM Marc, DORNER Verena, HELMING Sina, KNIERIM Michael, WEINHARDT Christof, « Live biofeedback as a user interface design element: A review of the literature », *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 43, 2018, p. 257-296.
- MACEY Anna-Leena, MACEY Joseph, HAMARI Juho, « Virtual reality in emotion regulation : A scoping review », *6th Internaional GamiFIN Conference 2022*, Tampere, 26-29 Avril 2022, p. 64-74.
- MANNONI Laurent, *De Méliès à la 3D : La machine cinéma*, Paris, Lienart, 2016.
- MARRIN NAKRA, Teresa, « Inside the *Conductor's Jacket* : Analysis, Interpretation and Musical Synthesis of Expressive Gesture », Thèse, Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- MARX, William, « Catharsis », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 63-69.
- MOLTKE, Johannes V., « Sympathie for the Devil : Cinema, History and the Politics of Emotions », *New German Critique 102*, vol. 34, 2007, p. 17-43.
- MUÑOZ John, GONÇALVES Afonso, VIEIRA T, CRÓ D, CHISIK Yoram, BERMÚDEZ i Badia Sergi, « Space Connection - A Multiplayer Collaborative Biofeedback Game To Promote Empathy In Teenagers : A Feasibility Study », *International Conference on Physiological Computing Systems*, vol. 2, 2016, p. 88-97.
- MUÑOZ John Edison, PAULINO Teresa, VASANTH Harry, BARAS Karolina, « PhysioVR : A Novel Mobile Virtual Reality Framework for Physiological Computing », *e-Health Networking, Applications and Services, 2016 IEEE 18th International Conference*, Munich, 2016, p.1-6.
- NOGUEIRA Pedro A., TORRES Vasco, RODRIGUES Rui, OLIVEIRA Eeugénio, NACKE Lennart E., « Vanishing scares : biofeedback modulation of affective player experiences in a procedural horror game », *Journal on Multimodal User Interfaces*, vol. 10, 2016, p. 31-62.
- NITTONO Hiroshi, FUKUSHIMA Michiko, YANO Akihiro, MORIYA Hiroki. « The Power of *Kawaii* : Viewing Cute Images Promotes a Careful Behavior and Narrows Attentional

- Focus », *PLoS ONE*, vol. 7, n° 9, publié le 26 Septembre 2012, consulté le 20 Avril 2018, [<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0046362>]
- PIMENTEL Daniel, KALYANARAMAN Sri, « The effects of embodying wildlife in virtual reality on conservation behaviors », *Scientific Reports*, vol. 12, n° 6439, 2022, p. 1-18, [<https://www.nature.com/articles/s41598-022-10268-y>]
- RABOISSON, Nathanaëlle, « L'expérience fait œuvre : l'action corporelle créatrice », *Proteus*, n°6, Décembre 2013, p. 35-42.
- RABOISSON, Nathanaëlle, « Esthétique d'un art expérientiel : l'installation immersive et interactive », Thèse, Université de Paris VIII, 2014.
- RANI Pramila, SARKAR N., LIU Changchun, « Maintaining optimal challenge in computer games through real-time physiological feedback », *Proceedings of the 11th international conference on human computer interaction*, 2005, p. 22-27.
- RIEUSSET-LEMARIÉ Isabelle, « Entre la “main de l'œil ” et l'“œil digital ”, proximité et profondeur : la dimension haptique à l'horizon du Cinéma 3D et des acteurs virtuels », *Entrelacs*, n° 10, 2013, p. 1-14, [<http://entrelacs.revues.org/538>]
- SHAW Chris, GROMALA Diane, SONG Meehae, « The meditation chamber: Towards self-modulation », *Metaplasticity in Virtual Worlds: Aesthetics and Semantics Concepts*, 2010, p. 121-133.
- SHELL, Jesse, *The Art of Game Design*, Boca Raton, New York, London, CRC Press, 2e ed., 2015.
- SHI Tao, « Les propos sur la peinture de Shi Tao - Traduction et commentaire » [1710], trad. Pierre Ryckmans, dans Jean Filliozat, *Arts Asiatiques*, École française d'extrême-orient, Paris, tome 14, 1966, p. 79-150.
- SHUSTERMAN, Richard, *La fin de l'expérience esthétique*, Trad. de l'anglais par Jean-Pierre Cometti, Fabienne Gaspari, Anne Combarnous, Pau, Publication de l'université de Pau, « Quad », 1999.
- SHUSTERMAN, Richard, *Conscience du corps. Pour une soma-esthétique* [2007], IIe Édition, Paris et Tel Aviv, Édition de l'éclat, « Tiré à part », 2008.
- SHUSTERMAN, Richard, « Penser en corps. Éduquer les sciences humaines : un appel pour la soma-esthétique », Trad. de l'Anglais par Barbara Formis, dans Barbara Formis (dir.), *Penser en corps. Soma-esthétique, art et philosophie*, Paris, L'Harmattan, 2009, p. 41-76.

- SIMHA, Suzanne. « Surprise », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 426.-430.
- SMITH, Greg M., *Film structure and the emotion system*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.
- SMITH, Tim J., « Watching You Watch Movies : Using Eye Tracking to Inform Cognitive Film Theory », dans Arthur P. Shimamura (dir.), *Psychocinematics : Exploring Cognition at the Movie*, Oxford, Oxford University Press, 2013, p. 165-192.
- SPANGENBERGER Pia, GEIGER Sonja Maria, FREYTAG Sarah-Christin, « Becoming nature : effects of embodying a tree in immersive virtual reality on nature relatedness », *Scientific Reports*, vol. 12, n° 1311, 2022, p. 1-11, [<https://www.nature.com/articles/s41598-022-05184-0>]
- SUTTON, Jeremy, « Air painting with Corel Painter Freestyle and the leap motion controller: a revolutionary new way to paint! », *Conference ACM SIGGRAPH 2013 Studio Talks*, Juillet 2013, [disponible sur *researchgate*].
- TANAKA Atau, KNAPP Benjamin, « Multimodal interaction in music using the electromyogram and relative position sensing », *Proceedings of the 2002 conference on New Interfaces for Musical Expression*, Singapour, 2002, p. 1-6.
- TISSERON, Serge, *Subjectivation et empathie dans les mondes numériques*, Paris, Dunod, «Inconscient et Culture », 2013.
- TONG Lingwei, LINDEMAN Robert W., REGENBRECHT Holger, « Viewer's Role and Viewer Interaction in Cinematic Virtual Reality », *Computers*, vol. 10, 2021, p. 1-17.
- TRUJILLO, Gabriela, « Cinéma », dans Mathilde Bernard, Alexandre Gefen, Carole Talon-Hugon (dirs.), *Arts et émotions*, Paris, Armand Colin, 2016, p. 70-73.
- VAN ROOIJ Marieke, LOBEL Adam, HARRIS Owen, SMIT Niki, GRANIC Isabela, « DEEP: A Biofeedback Virtual Reality Game for Children At-risk for Anxiety », *CHI 2016*, San Jose, 2016, 1989-1997.
- VIEILLARD Sandrine, PERETZ Isabelle, GOSSELIN Nathalie, KHALFA Stéphanie, GAGNON Lise, BOUCHARD Bernard, « Happy, sad, scary and peaceful musical excerpts for research on emotions », *Cognition and Emotion*. vol. 22, 2008, p. 720-752.
- VITALI ROSATI, Marcello, *Corps et Virtuel : Itinéraires à partir de Merleau-Ponty*, Paris, L'Harmattan, 2009.

WALKER Bruce, NEES Michael, « Theory of Sonification », dans Thomas Hermann, Andy Hunt, John G. Neuhoff (dirs.), *The Sonification Handbook*, Berlin, Logos Verlag, 2011, p. 9-40.

WENDERS, Wim, *Emotion Pictures. Reflections on the Cinema*, Londres, Faber and faber, 1989.

ZILLES Craig B., SALISBURY J. Kenneth, « A constraint-based god-object method for haptic display », *Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '95)*, vol. 3, 1995, p. 146-151.

Webographie

-, « Espace Landowski : Labo Corps_Mental de aniKa mignotte », *parisart*, 2004, Communiqué de presse, [https://www.paris-art.com/espace-landowski-labo-corps_mental-de-anika-mignotte/]

-, « Heart-felt Apparel », *produceconsumerobot*, pas de date de publication, consulté le 13 Septembre 2020, magasin en ligne Sean Montgomery [<https://produceconsumerobot.com/heartfeltapparel/>]

-, « Looking through the eyes of museum visitors - The Van Gogh Museum Eye-Tracking Proect », *Department of Experimental and Applied Psychology*, publié en 2022, consulté le 21 Mars 2021, [<http://www.vupsy.nl/van-gogh-museum-eye-tracking-project/>]

-, *nevermindgame*, [site du jeu vidéo], [<https://nevermindgame.com/tech/>]

-, « Open Air », *Lozano-hemmer*, publié entre 2012 et 2021, consulté le 28 Juin 2021, [https://www.lozano-hemmer.com/open_air.php]

-, « Pulse Corniche », *Lozano-hemmer*, publié entre 2015 et 2021, consulté le 28 Juin 2021, [https://www.lozano-hemmer.com/pulse_corniche.php]

-, « Pulse Front », *Lozano-hemmer*, publié entre 2007 et 2021, consulté le 28 Juin 2021, [https://www.lozano-hemmer.com/pulse_front.php].

-, « Thinking Cap », *produceconsumerobot*, pas de date de publication, consulté le 13 Septembre 2020, magasin en ligne Sean Montgomery [<https://produceconsumerobot.com/thinkingcap/>]

-, « Truth Wristband », *produceconsumerobot*, pas de date de publication, consulté le 13 Septembre 2020, magasin en ligne Sean Montgomery [<https://produceconsumerobot.com/truth/>]

- , « Remote Pulse », *Lozano-hemmer*, publié entre 2019 et 2021, consulté le 28 Juin 2021, [https://www.lozano-hemmer.com/remote_pulse.php].
- , « Sensibilisez vos collaborateurs au sexisme ordinaire », *Reverto*, [<https://reverto.fr/sexisme-au-travail/>]
- , « Uniqlo HEATTECH thermoart », *Uniqlo*, pas de date de publication, consulté le 19 Août 2022, [<https://www.uniqlo.com/heattech-staywarm/en/thermoart/daitomanabe/>]
- , « Vêtements thermiques HEATTECH femme », *Uniqlo*, pas de date de publication, consulté le 19 Août 2022, [<https://www.uniqlo.com/staywarm/>]
- ALGER, Mike, « VR Interface Design Pre Visualisation Methods », *Vimeo*, publié le 4 Octobre 2015, consulté le 13 Février 2018, [<https://vimeo.com/141330081>]
- BERTRAND Philippe, GONZALEZ-FRANCO Daniel, CHERENE Christian, POINTEAU Arthur, « "The Machine to Be Another" : embodiment performance to promote empathy among individuals », 2014, [http://www.themachinetobeanother.org/wpcontent/uploads/2013/09/THE_MACHINE_TO_BE_ANOTHER_PAPER_2014.pdf]
- BRILLHART, Jessica, « In the Blink of a Mind-Attention ». *Medium*, publié le 5 Février 2016, consulté le 13 Février 2018, [https://medium.com/the-language-of-vr/in-the-blink-of-a-mind-attention-1fdff60fa045?source=user_profile-----1-----]
- CHION, Michel, « Glossaire », *Lampe-tempête*, Publié le 14 Octobre 2006, Consulté le 12 Novembre 2018, [<http://www.lampe-tempete.fr/ChionGlossaire.html>]
- DAHL, Jake, « Wave UFO », *digiart21*, publié le 23 Mai 2016, consulté le 1 Septembre 2021, [<http://www.digiart21.org/art/wave-ufo>]
- EKMAN, Paul, « What is anger », *Paul Ekman Group*, 2022b, [Site du groupe Paul Ekman], [<https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-anger/>]
- EKMAN, Paul, « What is disgust », *Paul Ekman Group*, 2022e, [Site du groupe Paul Ekman], [<https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-disgust/>]
- EKMAN, Paul. « What is enjoyment ». *Paul Ekman Group*. 2022c. [Site du groupe Paul Ekman], [<https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-enjoyment/>]

- EKMAN, Paul, « What is fear », *Paul Ekman Group*, 2022a. [Site du groupe Paul Ekman], [https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-fear/]
- EKMAN, Paul, « What is sadness », *Paul Ekman Group*, 2022d, [Site du groupe Paul Ekman], [https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-sadness/]
- EKMAN, Paul, « What is surprise », *Paul Ekman Group*, 2022f, [Site du groupe Paul Ekman], [https://www.paulekman.com/universal-emotions/what-is-surprise/]
- LONG, Kiel, « Mind Drops », *kielslong*, publié le 5 Novembre 2010, consulté le 23 Juin 2021, [https://kielslong.wordpress.com/the-static-organ/minddrops/]
- MCCURLEY, Vincent, « Storyboarding in Virtual Reality », *Virtual Reality Pop*, publié le 22 Mai 2016, consulté le 12 Février 2018, [https://virtualrealitypop.com/storyboarding-in-virtual-reality-67d3438a2fb1?source=user_profile-----0-----]
- MIGNOTTE, AniKa, « Corps fœtal-corps mental (le corps amoureux) la poche humaine », *Corpsmental-labo*, dossier de présentation de l'œuvre, Décembre 2021, consulté le 8 Mai 2022, [http://www.corpsmental-labo.com/foetal_mental.htm]
- NEWTON Katy, SOUKUP Karin, « The Storyteller's Guide to the Virtual Reality Audience », *Medium*, publié le 6 Avril 2016, consulté le 23 Février 2018, [https://medium.com/p/the-storyteller-s-guide-to-the-virtual-reality-audience-19e92da57497?source=user_popover]
- PARK, Lisa, *Eunoïa II*, *thelisapark*, pas de date de publication, consulté le 23 Mars 2021, [https://www.thelisapark.com/work/eunoia2].
- RICHTER Aude, TERNAUX Michèle, « Les techniques d'enregistrement des mouvements des yeux », *Ens-Lyon*, 2017, [Site de l'ENS], [http://accs.ens-lyon.fr/accs/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/perception-sensorielle-1/vision/comprendre/VisionMarseille/pages_techniques]
- RIVOIRE, Annick, « Art digital : le CICV effacé du disque dur », *Libération*, publié le 22 Juillet 2004, consulté le 8 Mai 2022, [https://www.liberation.fr/culture/2004/07/22/art-digital-le-cicv-efface-du-disque-dur_487061/]
- ROBLES-ANGEL, Claudia, « Skin Performance », *Claudearobles*, Consulté le 19 Mars 2021, [http://www.claudearobles.de/]

ROPPERT, Pierre, « Les vertus de la réalité virtuelle », *France Culture*, Publié le 19 Aout 2016, Consulté le 10 Septembre 2021, [<https://www.franceculture.fr/numerique/les-vertus-de-la-realite-virtuelle>]

ROSE, Frank, « The Making of Virtually Real Art With Google's Tilt Brush», *The New York Times*, publié le 4 Janvier 2017, consulté le 18 Mars 2022, [<https://www.nytimes.com/2017/01/04/arts/design/the-making-of-virtually-real-art-with-googles-tilt-brush.html>]

SYKES Rachael, « Moodwall by Urban Alliance », *Dezeen*, pas de date de publication, consulté le 23 Mars 2021, [<https://www.dezeen.com/2009/03/05/moodwall-by-urban-alliance/>]

TRAMUS Marie-Hélène, BRET Michel. *La Funambule Virtuelle*, Consulté le 12 Janvier 2022, [site dédié à l'expérience], [<http://www.anyflo.com/bret/art/2000/fun/fun.htm>]

VERMEULEN, Valery, « The EMOSynth: An Emotion-Driven music generator”, *eContact!*, Pas de date de publication, Consulté le 11 Janvier 2021, [https://econtact.ca/14_2/vermeulen_emosynth.html]

DVD, CD-ROM

BARON-COHEN, Simon, *Mind Reading: The Interactive Guide to Emotions 1.3.*, Jessica Kingsley Publishers, 2007, DVD-ROM/CD-ROM.

Table des illustrations

Figure 1	À gauche, le participant se déplace dans un environnement virtuel grâce à sa respiration, à droite, un participant revêt un harnais de poitrine dans <i>Osmose</i> , Char Davies, 1995, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et ceinture respiratoire
Figure 2	Modèle d'interaction corps et esprit de Antonio Damasio (Unité Interne, dessin de l'auteure)
Figure 3	Voie haute et basse vers l'amygdale, selon Joseph Ledoux
Tableau 4	Caractéristiques permettant de distinguer les émotions de base entre elles et avec d'autres états affectifs selon Paul Ekman.
Tableau 5	Synthèse des taxonomies des émotions de base (approches catégorielles), d'après Ortony et Turner
Figure 6	Fletcher Reede (Jim Carrey) enfonce les règles d'expressivité lors d'une comparution au palais de justice dans le film <i>Liar liar</i> de Tom Shadyac (1997)
Figure 7	Exemples de modèles dimensionnels (dans l'ordre), 1. Circomplexe de Feldman-Barrett et Russell (1998), 2. Bidimensionnel de Edmund T. Rolls (2019), 3. Espace évaluatif de Cacioppo et Bernston (1994)
Figure 8	Interface du « senti-mètre » (en production, dessin de l'auteure)
Figure 9	<i>Freud, la dernière hypnose</i> , Marie-Laure Cazin, 2019, expérience de Vidéo 360° avec EEG
Figure 10	Frise chronologique des moments majeurs de la recherche sur les émotions (dessin de l'auteure)
Figure 11	Le continuum « réel-virtuel » de Paul Milgram et Fumio Kishino (1994)
Figure 12	Schéma simplifié de l'extéroception et de la proprioception (schéma repris de Philippe Fuchs) et augmenté avec des exemples sensoriels appartenant à la dimension intéroceptive (en bleu)
Figure 13	Schéma de la boucle Perception-Cognition (Décision) - Action dans l'environnement réel (dessin de l'auteure)
Figure 14	Le rôle de l'émotion au sein de la boucle PDA (dessin de l'auteure)
Figure 15	<i>La Funambule virtuelle</i> de Michel Bret, Marie- Hélène Tramus, Alain Berthoz (2000-2006), expérience de réalité virtuelle (image interactive)
Figure 16	<i>Les pissenlits</i> , Edmond Couchot, Michel Bret, Marie-Hélène Tramus, 1988, expérience de réalité virtuelle avec microphone
Figure 17	La boucle "Perception, Cognition (Décision), Action" dans les environnements virtuels, selon Philippe Fuchs
Figure 18	« Body Swap », <i>The Machine to Be Another</i> , expérience de réalité virtuelle
Figure 19	La boucle « perception, cognition (décision), action » du comportement humain au niveau sensori-moteur selon Philippe Fuchs
Figure 20	La boucle « perception, cognition (décision), action » du comportement humain au niveau cognitif selon Philippe Fuchs
Figure 21	Présentation des interfaces comportementales dans le film <i>Ready Player One</i> , Steven Spielberg, 2018. Dans l'ordre : système de suivi de mouvements faciaux, gants à retour d'effort, tapis de course omnidirectionnel et visiocasque
Figure 22	Modèle à trois niveaux d'immersion et d'interaction selon Philippe Fuchs
Figure 23	Modèle à quatre niveaux d'immersion et d'interaction selon Philippe Fuchs
Figure 24	La boucle « perception, cognition (décision), action » du fonctionnement humain au niveau émotionnel (dessin de l'auteure)
Figure 25	Schéma global du modèle 4I ² en réalité virtuelle

- Figure 26** À gauche, Robert Pattinson incarnant Batman dans le film *The Batman* de Matt Reeves (2022, film). À droite, Norman Reedus incarnant Sam Porter Bridges dans *Death Stranding* de Hideo Kojima, jeu vidéo, 2019
- Figure 27** Un amour impossible dans le film *In the Mood for Love*, Wong Kar-Wai (2000, film)
- Figure 28** Schéma de l'acte de designer d'après Anne-Catherine Bachoud et Jean-Denis Degos (dessin de l'auteure)
- Figure 29** *BioShock Infinite*, Irrational Games, 2013 (jeu vidéo)
- Figure 30** Le regard comme analogie au fonctionnement de l'empathie d'après Alain Berthoz (dessin de l'auteure)
- Figure 31** Hypothèse sur la conception de l'intersubjectivité dans les mondes numériques, d'après Serge Tisseron (dessin de l'auteure)
- Figure 32** *VR_I* de Gilles Jobin (chorégraphe), Susana Panadés Díaz, Victoria Chiu, Diya Naidu, Gilles Jobin, Tidiani N'Diaye (danseurs), Sylvain Chagué et Caecilia Charbonnier (plateforme et technologie immersive), expérience de réalité virtuelle, 2017
- Figure 33** Participants et participantes se serrant la main dans *VR_I* de Gilles Jobin, expérience de réalité virtuelle, 2017
- Figure 34** *The Machine to Be Another*, *Body Swap* et *Embodied Narratives* (narrations incarnées)
- Figure 35** *Dancing on the Feet*, Victoria Martínez Alés, Cristina Roca (chorégraphe), danse incarnée grâce à un dispositif de téléprésence, Juin 2013
- Figure 36** Les enfants de *Winter Break*, RyseUp Studios, 2020, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque
- Figure 37** Personnage de Quill dans *Moss*, Polyarc, 2018, expérience de réalité virtuelle
- Figure 38** Processus sensoriels à l'œuvre entre autrui et moi dans *The Machine to Be Another* (dessin de l'auteure)
- Figure 39** Prévention et sensibilisation au sexisme ordinaire en entreprise, Revertto, expérience de vidéo 360°
- Figure 40** Processus d'apparition de l'émotion collective d'après Nico Didry et Jean-Luc Giannelloni
- Figure 41** Émotion de peur partagée dans *The Truman Show*, Peter Weir, 1998, film
- Figure 42** Le « mythe » du film *L'arrivée d'un train en gare de la Ciotat*, Louis Lumière, 1896, sous-entend que les spectateurs pris de panique, ont fui la salle de cinéma en croyant que le train allait leur foncer dessus.
- Figure 43** Anne (Juliette Binoche) partage ses peurs et de sa colère à son mari Georges (Daniel Auteuil) dans *Caché* de Michael Haneke, 2005, film
- Figure 44** Minuteur et couleurs associées dans *r/thebutton*, 2015, expérience de réseau social
- Figure 45** Tableau final de *r/Place*, 2022, expérience de réseau social
- Figure 46** À gauche, avatar expressif de Meta, à droite Vive Facial Tracker de HTC Vive
- Figure 47** Les *Tactons* de Stephen Brewster et Lorna Margaret Brown
- Figure 48** Simplification de la séquence émotionnelle adaptée à un modèle I² pour les créateurs (dessin de l'auteure)
- Figure 49** Réalisation du jump scare dans *Scream 5* de Matt Bettinelli-Olpin et Tyler Gillett, 2022 : présentation de la scène (plan d'ensemble) dans le même temps un son installe la tension narrative, changement vers un plan rapproché épaule (augmente l'étendue de la menace), puis un deuxième son strident marque l'apogée de la tension et dévoile la présence d'un autre personnage qui n'est finalement pas Ghostface (fin de la tension narrative), expression de peur et de surprise (identification cinématographique : le spectateur se reconnaît dans la réaction de ce personnage)
- Figure 50** *Propagation VR*, Wannadev Studio, 2020, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque

Figure 51	Première étape de la séquence émotionnelle : l'induction (dessin de l'auteure)
Tableau 52	Critères de l'évaluation cognitive et de la décision pour la création artistique
Figure 53	Deuxième étape de la séquence émotionnelle : l'évaluation (dessin de l'auteure)
Figure 54	Troisième étape de la séquence émotionnelle : la réponse (dessin de l'auteure)
Tableau 55	Les systèmes du corps humains et leurs réactions physiologiques associées lors du phénomène émotionnel
Tableau 56	Les composantes comportementales et leurs réactions physiques associées lors du phénomène émotionnel
Tableau 57	Approche taxonomique de la réponse émotionnelle
Figure 58	Expression de la peur
Figure 59	Expression de la colère
Figure 60	Expression de la joie
Figure 61	Expression de la tristesse
Figure 62	Expression du dégoût
Figure 63	Expression de la surprise
Figure 64	Victor Pivert (Louis de Funès) est surpris lorsque Salomon (Henri Guybet) lui apprend qu'il est juif, dans <i>Les aventures de Rabbi Jacob</i> , Gérard Oury, 1973, film
Figure 65	L'expérience <i>Emoji is all that we have</i> , Studio Moniker, 2020 (court métrage), réfléchit aux dialogues émotionnels numériques en période de confinement (pandémie Covid 19). Elle présente ainsi une série d'expressions faciales qui sont inspirées des emojis de réseaux sociaux
Tableau 66	Approche taxonomique-dimensionnelle
Figure 67	Modèle circomplexe de James Russell et Lisa Feldman-Barret (1999) sur deux dimensions (valence et activation), avec intégration d'émotions de base (cercle extérieur).
Figure 68	Positionnement des six émotions de base de Paul Ekman, dans l'espace émotionnel du modèle VAD d'après Sven Buechel L et Udo Hanh
Figure 69	Étapes de la création artistique dans le cadre d'I ² émotionnelles avec ou sans biofeedback (dessin de l'auteure)
Figure 70	IRMf des états émotionnels évoqués à partir d'extraits de musiques et de films d'après Philip A. Kragel et Kevin S. LaBar (2016)
Figure 71	Dispositifs de mesure de l'activité cérébrale. Dans l'ordre : Système BrainCap (EEG), Dispositif CTF MEG 275 (EMG), Casque Nextmind (EEG), casque Emotiv EPOC (EEG)
Tableau 72	Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse du système neuronal
Figure 73	<i>Staalhemel</i> , Christophe de Boeck, 2011, installation neuro-interactive
Figure 74	Dispositifs de mesure de l'activité cardio-vasculaire. Dans l'ordre : Sphymographe, Tensiomètre EVOLV HEM-7600T-E, Ceinture d'électrodes LEVMED (ECG), Capteur de pléthysmographie cardiaque PulseSensor
Tableau 75	Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse du système cardio-vasculaire
Figure 76	<i>Heart Beats Dust</i> , Ralph Martel et Jean Dupuy, 1968, installation avec ECG
Figure 77	Pneumographe d'Étienne Jules-Marey, 1883
Tableau 78	Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse du système respiratoire
Figure 79	Trapéziste avec ceinture de respiration en position ventrale lors du travail chorégraphique, Anne Sedes, Jean-François Baud et Kitsou Dubois (projet <i>Virage</i> , 2002-2003), performance avec ECG et ceinture respiratoire
Figure 80	Intégration de capteurs physiologiques - EMG, ECG, respiratoire, électrodermal, température - dans une forme portable, « The conductor's Jacket » de Teresa Marrin Nakra

Figure 81	Exemple de montres connectées Fitbit Charge 5 (sur la gauche) et Fitbit Sense (sur la droite) avec capteur électrodermal
Tableau 82	Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse du système excréteur
Figure 83	<i>Skin</i> de Claudia Robles-Angel, 2012, performance de réalité virtuelle avec image interactive (CAVE) et capteur électrodermal
Figure 84	<i>We Stay Warm Together</i> (UNIQLO, HEATTECH, Daito Manabe, Raven Kwok, Akini Jing, 2020, expérience en réalité augmentée avec capteur thermique
Tableau 85	Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse de la température
Figure 86	<i>Thermal Drift</i> , Rafael Lozano-Hemmer, 2022, installation interactive avec caméra thermique
Figure 87	<i>Rêveries à travers les époques</i> , Judith Guez, 2021, installation artistique et expérience de réalité virtuelle avec visiocasque
Figure 88	<i>Rêveries à travers les époques</i> , Judith Guez (2021) : Environnement virtuel reproduisant l'environnement réel de la Bibliothèque National de Paris
Figure 89	<i>Rêveries à travers les époques</i> , Judith Guez (2021) : Environnement virtuel se distinguant complètement de l'environnement réel (à gauche) et retour au réel (à droite)
Figure 90	Reprise du Système International des Images Affectives par Dorothee Elisa Baumann (images scannées depuis <i>Pleasure, Arousal, Dominance</i> , exposition photographique)
Figure 91	<i>Pleasure, Arousal, Dominance</i> , Dorothee Elisa Baumann, 2017, photographies (suite)
Figure 92	Comportement du regard de seize spectateurs durant la bande annonce de <i>Puss in Boots</i> , Dreamwork Animation, 2011, film, selon Tim Smith
Figure 93	Visiocasques avec oculométrie, à gauche le Varjo VR-3, à droite le HTC VIVE Pro Eye.
Figure 94	<i>Organismes typographiques</i> de Adrien Mondot et Claire Bardainne (compagnie Adrien M et Claire B, exposition XYZT, 2015, installation avec Pepper's ghost)
Figure 95	Interface de l'application Strava dédiée au sport (course, vélo, etc.)
Figure 96	Postures en fonction des six émotions de base selon Mark Coulson
Figure 97	Interface du logiciel Anvil
Figure 98	En arrière-plan et en noir et blanc, la pièce dans laquelle se trouve l'individu sur laquelle est superposée une fenêtre d'affichage en couleur (head-up display ou HUD) demandant au participant de dessiner sa zone de jeu
Figure 99	<i>Homonculus</i> de Penfield : la taille des membres est proportionnelle au nombre de capteurs sensitifs présents dans cette région
Figure 100	Interface à stimulation de mouvement Birdly
Figure 101	Dessin d'Ariel (<i>La petite sirène</i> , Walt Disney, 1989) dans « The Making of Virtually Real Art With Google's Tilt Brush », The New York Times (2017)
Figure 102	Myographe de Étienne-Jules Marey
Figure 103	(De gauche à droite et de bas en haut) Leap Motion (source : Ultraleap.com), Brassard Myo (source : Kinemic.com), casque Oculus Quest 2 (source : Oculus.com), système d'interfaçage HTC VIVE (source : réalité-virtuelle.com)
Figure 104	Un ouvrier contrôle la « force » grâce à la Kinect dans le trailer de lancement de <i>Kinect Star Wars</i> , Terminal Reality, Lucasfilm Games, High Voltage Software, Panic Button Games, 2012, jeu vidéo et Kinect
Figure 105	Un père et son fils utilisent la kinect pour simuler des mouvements de sabre laser dans <i>Kinect Star Wars</i> , Terminal Reality, Lucasfilm Games, High Voltage Software, Panic Button Games, 2012, jeu vidéo et Kinect
Tableau 106	Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse des composantes comportementale (faciale, vocale, musculaire, posturale, proprioceptive) dans le cadre artistique

Figure 107	Paramètres de l'émotion tactile
Figure 108	En haut, <i>Viens !</i> , Michel Reilhac, 2014 (expérience de vidéo 360° avec props). Au milieu, <i>Vignes et vergers faits d'une multitude d'hommes et de femmes entrelacés</i> , André Masson, 1947 (dessin à la plume). En bas, <i>Sleeping beauties</i> , Spencer Tunick, 2011, (performance, photographie)
Figure 109	<i>Into the womb</i> , Kimura Shoko, Fujii Ayaka, Hasegawa Shoichi, Miyata Kazunori, 2014 (expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et props) à gauche, l'expérience de réalité virtuelle dans le visiocasque, à droite et en bas, plusieurs itérations du dispositif « Otona-Maki »
Figure 110	Recherche sur les paramètres émotionnels des interfaces tactiles et haptiques (dessin de l'auteure)
Figure 111	Position du seau en vue à la troisième personne (à gauche), en vue subjective le seau ne fait plus parti du champ de vision du participant (à droite), <i>Winter Break</i> , RyseUp Studios, 2020, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque
Figure 112	Carte topographique des émotions selon Nummenmaa et <i>alii</i>
Figure 113	Résumé des méthodes de mesure et des méthodes d'analyse des composantes subjectives
Figure 114	Boucles de rétroactions médiées physiologiques et émotionnelles (dessin de l'auteure)
Figure 115	Conception hiérarchique de la régulation des affects : la régulation émotionnelle n'est qu'une sous-partie des processus à l'œuvre selon James Gross, 1998
Figure 116	Modèle des processus de régulation des émotions selon James Gross, 1998
Figure 117	Modèle de narration en « collier de perle » selon Jesse Schell
Figure 118	Modèle de narration en « éventail » selon Jesse Schell
Figure 119	Ethan (le père) se suicide dans un des épilogues (<i>Helpless</i>) car il est emprisonné à tort, <i>Heavy Rain</i> , Quantic Dream, 2010, jeu vidéo
Figure 120	Transformations de l'environnement en fonction des données physiologiques et faciales dans <i>Nevermind</i> , Adam Lobel et <i>alii</i> , 2016, jeu vidéo avec capteur de mouvements faciaux et ECG
Figure 121	Couloir dans <i>Shining</i> , Stanley Kubrick, 1980, film
Figure 122	Surlignage (outline) du lance-boule de neige dans <i>Winter Break</i> , RyseUp Studios, 2020, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque
Figure 123	La régulation émotionnelle influence aussi la décision (dessin de l'auteure)
Figure 124	La régulation émotionnelle impact aussi l'action (les réponses émotionnelles) de l'individu (dessin de l'auteure)
Figure 125	Les branches de la soma-esthétique selon Richard Shusterman
Figure 126	La vitesse de l'avatar est modifiée en fonction des variations de fréquence cardiaque de l'utilisateur (dessin de l'auteure)
Figure 127	Variation de la taille de l'avatar en fonction des niveaux d'activation de l'utilisateur (dessin de l'auteure)
Figure 128	Variation du champ de vision (FOV) en fonction des niveaux d'activation de l'utilisateur (dessin de l'auteure)
Figure 129	Un <i>glitch</i> apparaît sur l'écran de manière plus ou moins prononcée en fonction de l'activation cardiaque de l'utilisateur (dessin de l'auteure)
Figure 130	Variation des paramètres de taille, de saturation, de volume sonore et de champ de vision (FOV) en fonction de l'activation cardiaque de l'utilisateur (dessin de l'auteure)
Figure 131	À gauche, la séquence émotionnelle dédiée à la création I ² pour les concepteurs-artistes. à droite, développements de la séquence émotionnelle dans un contexte

- situationnel numérique usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteure)
- Figure 132** Mesures physiologiques réparties selon deux axes : la variation temporelle (horizontal) et la type de contrôle (vertical) selon Luis Aly et alii
- Figure 133** Schème importé du « skieur » dans *Fancy Skiing VR*, Ha-Sh VR Studio, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque, le joueur se déplace en plantant ses bâtons de ski dans le sol
- Figure 134** Schéma représentant un ou des sujet(s) interfacé(s) par des capteurs de données physiologiques ou comportementales dans un environnement réel construit artistiquement et usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteure)
- Figure 135** *Ecology of the skin*, David Rosenbloom, 1970, musique neuro-interactive, performance participative (photo de Peter Moore)
- Figure 136** À gauche, un EEG capture les signaux d'activation cérébrale de un ou deux interprètes et les transforme spontanément en musique électronique, dans *Gold and Philosopher's stone*, David Rosenboom, J. B. Floyd, 1974, installation présentée à Paris en 1975, à droite, le dispositif Portable *Gold and Philosopher's Stones II* (photo de Damian Wagner)
- Figure 137** *Eunoia II*, Lisa Park, 2014, installation avec EEG
- Figure 138** *Dislocation VII : Suspension of Attention*, Grégory Chatonsky, 2012, installation avec EEG
- Figure 139** *Moodwall*, Gasper Klinkhamer, Mathias Oostrik, Remco Wilcke, 2009, installation avec capteur de mouvements
- Figure 140** *Mood Swings*, Leticia Bialoskorski, Joyce Westering, Egon Van Den Broek, 2009, installation avec capteur de mouvements
- Figure 141** Schéma représentant la relation « émotion-mouvement » associée au modèle circomplexe de Russell, selon Jong-Hong Lee et alii
- Figure 142** Schéma représentant la relation « émotion-mouvement » sur le modèle circomplexe de Russell et associée à une gamme colorimétrique selon Leticia Bialoskorski et alii
- Figure 143** *Soul Flipper*, Coop Himmelbl(l)au, 1969, installation et suivi de mouvement facial (photo de Erwin Reichmann)
- Figure 144** Schéma représentant un ou des sujet(s) interfacé(s) par des capteurs de données physiologiques ou comportementales dans un Environnement Virtuel perçu visuellement à distance (EV_Ext), construit artistiquement et usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteure)
- Figure 145** *Montage Cinema Revived by The Emo-Synth Concert Audio-visuel*, Valery Vermeulen, video interactive, performance avec EEG, 2011
- Figure 146** Dispositif EEG Trainer et logiciel « biotrace mesure » de Mind Media B.V (dessin pris sur le site de Valery Vermeulen)
- Figure 147** *Emotional State*, Grégory Chatonsky, 2011, installation, performance avec EEG
- Figure 148** à gauche, *The Journey to Wild and Divine : The Passage*, The Journey of Wild and Divine, jeu video, avec ECG, conductance cutanée, 2005 ; à droite, *Space Connection*, Muñoz John Edison et alii, jeu video avec EEG, 2016
- Figure 149** Schéma représentant un ou des sujet(s) interfacé(s) par des capteurs de données de données physiologiques ou comportementales dans un environnement virtuel avec immersion proprioceptive (EV_Pro), construit artistiquement et usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteure)
- Figure 150** *Corps fœtal-corps mental*, AniKa Mignotte, 1999, membrane immersive et interactive multi-capteurs

- Figure 151** *EmoCat Rescue*, Muñoz et alii, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et EEG et EMG
- Figure 152** *Mind Drops*, Kiel Long, 2011, installation vidéo
- Figure 153** Facteurs technologiques et médiatiques du façonnement de soi dans le cadre des œuvres I² émotionnelles (dessin de l'auteure)
- Figure 154** *Perversely Interactive System*, Lynn Hugues, Simon Laroche, 2004, image interactive avec capteur électrodermal
- Figure 155** *Deep*, Marieke Van Rooij, Adam Lobel, Owen Harris, Niki Smit, Isabela Granic, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et ceinture respiratoire
- Figure 156** *Sensorium*, Thilo Hinterberger, 2011, installation audiovisuelle immersive avec EEG et ECG
- Figure 157** *RelaWorld*, Ilkka Kosunen et alii, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque et EEG. À gauche, exercice de surveillance méditative (body scan practice). À droite, exercice d'attention concentrée sur un objet
- Figure 158** *Stressjam*, Jamzone, 2019, expérience de réalité virtuelle avec un retour d'information évaluant le niveau de stress du joueur (suivre la flèche rouge)
- Figure 159** I² émotionnelles-intersubjectives (dessin de l'auteure)
- Figure 160** *Remote Pulse*, Rafael Lozano-Hemmer, 2019, installation interactive avec ECG
- Figure 161** *Hive Minds*, Sean Montgomery, 2017, performance avec EEG
- Figure 162** *Truth Wristband*, Sean Montgomery, pas de date (photo de Sean Montgomery), capteur électrodermal
- Figure 163** *Heart-felt Apparel* (ECG), et *Thinking Cap* (EEG), Sean Montgomery, pas de date (photo de Sean Montgomery)
- Figure 164** *Pulse Tank*, Rafael Lozano-Hemmer, 2007, installation avec ECG, (photo de Mariana Yañez)
- Figure 165** *NeuroTango*, Suzanne Dikker, 2014, performance avec EEG
- Figure 166** à gauche *Mesuring the magic of mutual gaze*, Suzanne Dikker et alii, 2011-2014, performance EEG. À droite, *Compatibility Racer*, Suzanne Dikker et alii, 2012-2013, installation EEG
- Figure 167** *Heart-Space AstroBalloon*, Coop Himmelb(l)au, 1969, installation immersive avec ECG
- Figure 168** *Feedback Space - AstroBalloon 1969 revisited*, coop himmelb(l)au (Installation ECG, 2008-2009)
- Figure 169** *The Mutual Wave Machine*, Suzanne Dikker et alii, 2013, installation de réalité virtuelle avec CAVE et EEG
- Figure 170** Immersion et interaction émotionnelles-collectives (dessin de l'auteure)
- Figure 171** *Heartmonic*, Lisa Park, 2016, performance avec ECG
- Figure 172** *Wave UFO*, Mariko Mori, 2003, installation avec EEG
- Figure 173** *Grove*, Shilo Shiv Suleman, Burning Man 2016, installation collective avec capteur de respiration
- Figure 174** *My Virtual Dream*, Kovacevic Natasha, Ritter Petra, Tays William, Moreno Sylvain, McIntosh Anthony Randal, 2013, installation géodésique et EEG
- Figure 175** *Pulse Room*, Rafael Lozano-Hemmer, 2006, installation avec ECG (photo de Mariana Yañez)
- Figure 176** *Pulse Front*, Rafael Lozano-Hemmer, 2007, installation avec ECG (photo de Antimodular Research)
- Figure 177** *Pulse Corniche*, Rafael Lozano-Hemmer, 2015, installation avec ECG (photo de Antimodular Research)
- Figure 178** *Open Air*, Rafael Lozano-Hemmer, 2012, installation avec mesures vocales (photo de Antimodular Research)

Figure 179	<i>Voice Tunnel</i> , Rafael Lozano-Hemmer, 2013, installation avec mesures vocales (photo de James Ewing)
Figure 180	Les quatre degrés d'immersion et d'interaction émotionnelles
Figure 181	Schéma représentant les facteurs technologiques, médiatiques et sociaux à l'œuvre lors de l'élaboration d'œuvres usant de boucles de rétroaction médiées
Tableau 182	Dimensions rhétorique, thymique et cognitive de la tension narrative dans Baroni (2007)
Figure 183	Courbe de la tension narrative (suspense et curiosité) d'après Raphaël Baroni (2007)
Tableau 184	Les modalités de la tension narrative dans Raphaël Baroni (2007)
Figure 185	<i>Body Double</i> , Brian De Palma, 1984, film
Figure 186	<i>Modulateur- espace-lumière</i> , Laszlo Moholy-Naguy, 1930
Figure 187	(à gauche) Victor Vasarely, <i>Metagalaxie</i> , 1959-1961, (à droite) Marcel Duchamp, <i>Rotoreliefs</i> , 1935
Figure 188	Tri-cercle des sons de Michel Chion, modifié à partir de Jean Chateauvert (dessin de l'auteure)
Figure 189	Élaboration d'un épisode émotionnel d'après les recherches Greg M. Smith
Figure 190	<i>Shadow of the colossus</i> , Team Ico (2005, jeu vidéo)
Figure 191	Exemple de Molécule-Diagramme détaillé
Figure 192	Exemple d'ouverture (openings attract) dans <i>Roboquest</i> (RyseUp Studio, 2022, jeu vidéo)
Figure 193	Exemple de zone « refuge » et zones de « danger » dans <i>Little Nightmares</i> (Tarsier Studios, 2017, jeu vidéo).
Figure 194	Exemple de zone « refuge » et zones de « danger » dans <i>Inside</i> (Playdead, 2016, jeu vidéo).
Figure 195	Schéma représentant une valve et un « porte » (gate) à l'intérieur d'un niveau de jeu
Figure 196	Repère visuel précédant la chute dans <i>Rise of the Tomb Raider</i> (Crystal Dynamics, 2015, jeu vidéo)
Figure 197	Chute et perte de compétences (valve), <i>Rise of the Tomb Raider</i> (Crystal Dynamics, 2015, jeu vidéo)
Figure 198	les contrôles de la manette sont inversés dans <i>Stray</i> , Blue Twelve Studio, 2022, jeu vidéo
Figure 199	Exemple de "main de dieu" (god ray) dans <i>Uncharted 3 : Drake's Deception</i> (Naughty Dog, 2011, jeu vidéo)
Figure 200	Autre exemple de "main de dieu" dans <i>The Last of Us 2</i> (Naughty Dog, 2020, jeu vidéo)
Figure 201	Exemple d'encadrement et utilisation des lignes de fuite dans <i>The Last of Us</i> (Naughty Dog, 2013, jeu vidéo)
Figure 202	Point d'observation sur la ville Rome pendant la période de la Renaissance, <i>Assassin's Creed Brotherhood</i> (Ubisoft Montréal, 2009, jeu vidéo)
Figure 203	Point d'observation de Manhattan dans <i>Marvel's Spiderman</i> (Insomniac Games, 2018, jeu vidéo)
Figure 204	La séquence change si le joueur attend sans rien faire alors qu'il est en danger dans <i>Inside</i> (Playdead, 2016, jeu vidéo)
Figure 205	easter egg dans <i>Final Fantasy IX</i> (Yoshitaka Amano, Nobuo Uematsu, Hironobu Sakaguchi, Shukō Murase, Shinji Hashimoto, Hideo Minaba, Hiroyuki Itō, Kazushiko Aoki, 2000, jeu vidéo)
Figure 206	Conception de l'état de <i>flow</i> , par Mihaly Csikszentmihalyi (1975)
Figure 207	Conception de l'état de <i>flow</i> , par Mihaly Csikszentmihalyi (1997)
Figure 208	Interface de gestion des personnages dans <i>Triangle Strategy</i> , Square Enix (2022, jeu vidéo)

Figure 209	Conception de l'état de <i>flow</i> , par Mihaly Csikszentmihalyi (2008)
Figure 210	Traduction du Questionnaire d'expérience de jeu (Game Experience Questionnaire) permettant d'évaluer l'état de flow du participant
Figure 211	<i>Flow</i> émotionnel dans le cadre d'expérience avec boucle de rétroaction émotionnelle médiée (dessin de l'auteure)
Tableau 212	Typologie des outils et concepts créatifs d'I ² émotionnelles dans les EV_Ext
Tableau 213	Immersion et interaction de l'utilisateur en fonction du média : cinéma, jeu vidéo, réalité virtuelle
Figure 214	À gauche le « player start » (point d'apparition du participant dans l'environnement). À droite, la caméra virtuelle permettant de définir le(s) point(s) de vue adopté(s).
Figure 215	(à gauche) <i>Resident Evil 7 : Kitchen VR</i> (CE EUROPE LIMITED, 2017), (à droite) <i>Quand le cœur se serre</i> (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022)
Figure 216	Troisième expérimentation dans <i>Taro's Wold</i> , (Karin Soukup et Katy Newton, 2016)
Figure 217	à gauche, vue égocentrique d'itinéraire. A droite, vue de survol, dans <i>The Burning Descent</i> , RyseUp Studios, 2021, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque
Figure 218	Vue devant et derrière le joueur dans <i>Beat Saber</i> , Beat Games, 2018, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)
Figure 219	Vue devant et derrière le joueur, <i>The Lab : Longbow</i> (Valve, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)
Figure 220	Montage avec points d'attention (ou d'intérêts) selon Jessica Brillhart
Figure 221	Canevas interactif « look to launch » dans <i>Quand le cœur se serre</i> , Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque
Figure 222	Conception d'un <i>storyboard</i> spécifique à la réalité virtuelle avec I ² émotionnelles (dessin de l'auteure)
Figure 223	Exemple de <i>storyboard</i> simplifié
Figure 224	Points d'intérêts dans <i>The Lab : Longbow</i> (Valve, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)
Figure 225	<i>Jökullinn fjallgöngumaður</i> (tiré de Jessica Brillhart, « In the Blink of a Mind-Attention »)
Figure 226	<i>Firebird : La Peri</i> (Innerspace VR, 2016, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)
Figure 227	Points de luminosité dans <i>Moss</i> (Polyarc, 2018, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque)
Figure 228	<i>Ghost Orchestra Project</i> (David Poirier-Quinot, Bart Postma, Julie Meyer, Cryil Verrecchia, Brian F. G. Katz, Jean-Marc Lyzwa, 2013-2017, expérience de vidéo 360°)
Figure 229	<i>Battlescar</i> , Atlas V, Martin Allais, Nico Casavecchia, 2018, expérience de réalité virtuelle avec visiocasque
Figure 230	Continuum des formes créatives de réalité virtuelle en fonction de leur interactivité
Figure 231	Fabrication du capteur de pléthysmographie cardiaque Protocentral (à gauche) et PulseSensor (à droite)
Figure 232	À gauche, branchement du capteur sur la carte Arduino Uno. À droite, activité cardiaque du participant sur le logiciel Pulse Oximeter
Figure 233	Test du capteur ECG en boucle d'oreille
Figure 234	Module externe (<i>plugin</i>) servant à la communication entre la carte Arduino Uno et le logiciel de création d'expérience Unreal Engine
Figure 235	Outils <i>blueprint</i> pour la création I ² physiologiques et émotionnelles
Figure 236	Direction artistique en "pointillisme 3-D", salon en particules
Figure 237	Scène du vortex, explosion du décor en particules 3-D et <i>sprites</i> (2-D)

- Figure 238** Restitution de *Quand le coeur se serre* (Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément, 2022) au festival d'art numérique, Recto VRso, 2022
- Figure 239** Exemple d'un nœud (« node ») *blueprint* dédié au modèle inductif de la peur (dessin de l'auteure)
- Figure 240** Synthèse de l'élaboration des I² émotionnelles pour les concepteurs-artistes
- Figure 241** Schéma global du modèle à quatre niveaux d'immersion et d'interaction en réalité virtuelle (rappel)
- Figure 242** À gauche, la séquence émotionnelle dédiée à la création I² pour les concepteurs-artistes. À droite, développements de la séquence émotionnelle dans un contexte situationnel numérique usant d'une boucle de rétroaction médiée (dessin de l'auteure, rappel)
- Figure 243** Les quatre degrés d'immersion et d'interaction émotionnelles (rappel)
- Figure 244** Conception d'un *storyboard* spécifique à la réalité virtuelle avec I² émotionnelles (dessin de l'auteure, rappel)
- Figure 245** Interface du « senti-mètre » (en production, dessin de l'auteure, rappel)
- Figure 246** Mesures physiologiques réparties selon deux axes : la variation temporelle (horizontal) et la type de contrôle (vertical) selon Luis Aly et *alii* (rappel)
- Figure 247** Traduction du Questionnaire d'expérience de jeu (*Game Experience Questionnaire*) permettant d'évaluer l'état de *flow* du participant (rappel)

Agentivité : l'agentivité fait référence aux capacités d'action et d'auto-influence de l'individu sur son propre fonctionnement, sur autrui et sur le cours des événements. Dans notre cas d'étude, cette agentivité dépend de différentes typologies d'environnements : réel, virtuel perçu visuellement à distance ou virtuel avec immersion corporelle de l'utilisateur.

Aides logicielles émotionnelles : les aides logicielles émotionnelles facilitent l'immersion émotionnelle du spectateur - de cinéma, par exemple - ou l'immersion et l'interaction émotionnelles de l'utilisateur.

Attention émotionnelle : maintien d'un attrait émotionnel dans la durée.

Autopoïèse : codétermination du sujet et de l'environnement. Cette conformation opèrerait un façonnement dynamique du soi ainsi que de l'espace qui contient le soi.

Boucle Perception - Cognition (Décision) - Action (PDA) : dans les environnements réels, dans certains environnements virtuels extéroceptifs ou dans certains environnements virtuels proprioceptifs, l'utilisateur est en immersion et interaction sur le mode de la boucle PDA : il perçoit (évalue) une situation, puis décide - sélectionne les informations dont il a besoin pour effectuer l'action désirée - et ainsi anticipe l'action avant qu'elle n'ait eue lieu.

Boucle de rétroaction comportementale médiée : la boucle de rétroaction comportementale médiée mesure les données comportementales (mouvements, gestes, faciales, vocales, etc.) de l'individu afin de transformer l'environnement artistique en temps plus ou moins réel - cela dépend des choix artistiques - et en continu. Les boucles de rétroaction comportementale médiées diffèrent de l'interfaçage comportemental qui n'a pas forcément pour vocation d'être à usage artistique (ou créatif). L'interfaçage comportemental permet d'abord à l'individu d'être opérant dans l'environnement virtuel (interface de contrôle).

Boucle de rétroaction physiologique médiée : la boucle de rétroaction physiologique médiée mesure les données intéroceptives de l'individu et les réutilise afin de transformer

l'environnement artistique en temps plus ou moins réel - cela dépend des choix artistiques - et en continu.

Boucle de rétroaction émotionnelle médiée : la boucle de rétroaction émotionnelle médiée mesure les données intéroceptives (physiologiques), extéroceptives (comportementales) et subjectives de l'individu. Elle leur associe des modèles d'induction ou d'analyse émotionnelle, afin de les exploiter artistiquement en temps plus ou moins réel et en continu - cela dépend des choix artistiques - dans l'environnement réel, virtuel extéroceptif ou virtuel proprioceptif.

Contagion émotionnelle : la contagion émotionnelle est un processus d'échoïsation des ressentis, par lequel l'individu synchronise ses réponses ou expressions émotionnelles afin de converger émotionnellement avec le groupe. Elle est marquée par une abolition entre « soi et autrui ».

Cybercinétose : la cybercinétose est un trouble lié à l'activité de l'utilisateur dans les environnements virtuels proprioceptifs, résultant d'une incohérence entre la perception visuelle et vestibulaire. Cette incohérence est perturbatrice, c'est-à-dire qu'elle empêche l'utilisateur d'agir à sa convenance (en provoquant des nausées, par exemple).

Effets émotionnels fonctionnels : les effets émotionnels fonctionnels dépendent de modèles d'induction émotionnelle visant à faire émerger des stimuli émotionnels à travers les notions de *flow*, narration comportementales, récompenses émotionnelles, etc. (approches vidéoludiques).

Effets émotionnels esthétiques : les effets émotionnels esthétiques dépendent de modèles d'induction émotionnelle visant à faire émerger des stimuli émotionnels à travers les notions de plan, de séquence, de son, de cadre, de montage (approche du langage).

Effets émotionnels narratifs : les effets émotionnels narratifs induisent le phénomène émotionnel en s'appuyant sur des principes de narratologie (construction du récit, engagement affectif, tension narrative, etc.).

Émotions intersubjectives : les émotions intersubjectives font référence aux dynamiques émotionnelles de personne à personne.

Émotions collectives : les émotions collectives font référence aux dynamiques émotionnelles à l'intérieur d'un groupe social.

Émotions tactiles ou haptiques : émotions provoquées par l'usage d'interfaces sensorielles (manettes/vibrations/tactiles) ou sensori-motrices (gant à retour d'effort/proprioception musculaire/haptiques).

Empathie : l'empathie désigne l'ensemble des processus cognitifs qui relèvent d'un décentrement de *soi* et permettent notamment de se mettre *à la place d'autrui*.

Épisodes émotionnels : somme des humeurs (orientation émotionnelle) et des objets contextuels (stimuli) mis en séquence, dans l'objectif de produire une composition émotionnelle (début, milieu, fin).

Épisodes sensoriels : effets sensoriels (visuels, sonores, haptiques, etc.) mis en séquences (début, milieu, fin) afin de déclencher un phénomène émotionnel chez l'utilisateur.

État de flow : détermine l'état optimal de concentration, de motivation et *in fine* de plaisir du joueur dans une expérience.

État de flow émotionnel : état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du participant dans une expérience.

Espace de freeroaming : dans le cadre d'une expérience de réalité virtuelle, il s'agit d'un grand espace de jeu (type « hangar ») qui permet donc aux usagers de se déplacer librement.

Évaluation cognitive : lorsqu'un stimulus est reçu par le corps, il provoque des changements physiologiques qui vont être évalués le long des doubles voies, basse et haute, de l'individu.

Expression émotionnelle numérique : processus médiatisé de l'expression des émotions (smiley, etc.). Dans le cadre des expériences de réalité virtuelle, celui-ci prend en compte la dimension proprioceptive.

Retour d'information émotionnel (*feedback*) : retours d'information sur l'activité émotionnelle du participant au cours de son expérience - physiologique, comportementale, subjective - de l'utilisateur.

Flow émotionnel en environnement passif et perçu à distance (cinéma) : représente un état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du spectateur ou de l'utilisateur dans l'expérience d'une histoire construite à partir d'épisodes émotionnels. Le *flow* émotionnel en EV_Ext passif (cinéma) utilise des effets sensoriels (visuels, sonores, haptiques, etc.), narratifs (suspense, curiosité, surprise) mis en séquences afin de déclencher un phénomène émotionnel chez l'utilisateur.

Flow émotionnel en environnement actif et perçu à distance (jeu vidéo) : représente un état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du spectateur ou de l'utilisateur dans l'expérience d'une histoire construite à partir d'épisodes émotionnels. Le *flow* émotionnel en EV_Ext actif utilise des effets sensoriels (visuels, sonores, haptiques, etc.), narratifs (suspense, curiosité, surprise) et fonctionnels (valve, gate, narration comportementale, etc.) mis en séquences afin de déclencher un phénomène émotionnel chez l'utilisateur.

Flow émotionnel en environnement virtuel avec immersion proprioceptive : représente un état optimal d'attention émotionnelle, de motivation émotionnelle et *in fine* de plaisir du spectateur ou de l'utilisateur dans l'expérience d'une histoire construite à partir d'épisodes émotionnels. Le *flow* émotionnel en EV_Pro actif (réalité virtuelle et non vidéo 360°) utilise des effets sensoriels (visuels, sonores, haptiques et proprioceptifs etc.), narratifs (suspense, curiosité, surprise) et fonctionnels (valve, gate, narration comportementale, etc.) mis

en séquences afin de déclencher un phénomène émotionnel chez l'utilisateur. À la différence des EV_Ext, il prend donc en compte les gestes, les déplacements et les espaces de proxémie à l'intérieur desquels l'utilisateur se retrouve.

Induction des émotions : l'émotion est induite dans le corps de l'utilisateur par un stimulus ou des stimuli (en séquence ou en flux). Ces stimuli sont naturels ou construits.

Interfaces comportementales : ces interfaces exploitent matériellement le comportement humain. Elles sont soit « sensorielles », auquel cas elles induisent des sons, des images, des vibrations ou soit « motrices », quand elles ont par exemple une utilité de commande ou d'interaction telles que les souris d'ordinateur. Enfin, elles peuvent être sensorielles et motrices (« sensori-motrices »), comme les gants à retour d'effort.

Interfaces psycho-physiologiques : interfaces dédiées à l'immersion et à l'interaction psycho-physiologique. Elles comprennent entre autres choses, les dispositifs de mesures psychologiques (subjectives) et physiologiques (capteurs de signaux intéroceptifs).

Interfaces émotionnelles : interfaces dédiées à l'immersion et à l'interaction émotionnelles. Elles comprennent entre autres choses, les dispositifs de mesure psycho-physiologique, comportementale (déplacements, gestes, voix, mouvements faciaux, etc.) ainsi que les tests subjectifs, lorsqu'ils sont associés à des modèles d'analyse des émotions.

Intersubjectivité : relation de personne à personne.

Intersubjectivité secondaire : relations de personne à personne et à objet. Par la compréhension partagée, l'intersubjectivité secondaire permet notamment à un objet d'acquiescer une représentation objective.

Location Based Virtual Reality (LBVR) : les *Location Based Virtual Reality* sont des espaces dédiés aux expériences de réalité virtuelle de type « arcade ».

Marqueurs somatiques : fonctionnent comme « un système d'alarme automatique¹²⁹⁴ » qui permet de prévenir des actions dont les conséquences sont négatives pour l'individu.

Metavers : mondes virtuels numériques et permanents, dans lesquels les usagers sont immergés corporellement et peuvent interagir.

Modèle autopoïétique : modèle qui permet à l'individu et à l'environnement - réel, virtuel extéroceptif ou virtuel proprioceptif - de se codéterminer.

Modèle d'induction émotionnelle : modèles produisant un contexte situationnel propice à l'émergence d'une émotion en particulier (approche taxonomique) ou à l'émergence de paramètres dimensionnels (excitation, valence ou dominance émotionnelle) chez l'utilisateur.

Modèle d'analyse émotionnelle : ces aides logicielles émotionnelles traitent les signaux physiologiques, comportementaux, subjectifs selon des modèles (dimensionnels, taxonomiques, etc.) afin de les traduire en données émotionnelles.

Narration comportementale : dans le jeu vidéo, principe de conception (*gameplay*) qui consiste à influencer les compétences du personnage en fonction de ce qui lui arrive dans l'histoire.

Objet interactif : objet - éléments du jeu ou *asset*, en anglais - réagissant lorsque l'utilisateur le manipule.

Partage social des émotions : le partage social des émotions est soit direct, soit médiatisé et suppose partager des expériences émotionnelles dans « un langage socialement partagé¹²⁹⁵ ».

Présence émotionnelle : sentiment d'être présent émotionnellement dans une expérience (souvent par l'usage de retours d'information émotionnelle).

¹²⁹⁴ DAMASIO, Antonio, *Op. Cit.*, p. 240.

¹²⁹⁵ CHRISTOPHE, Véronique, *Le partage social des émotions du point de vue de l'auditeur*, Thèse de doctorat, Université de Lille III, France, 1997, p. 60.

Récompense émotionnelle : la récompense émotionnelle est un élément - objet, quête annexe, point de vue, etc. - qui est désintéressée, déconnecté de la progression du participant dans l'expérience (ou le jeu) et dont l'intérêt final réside dans l'expérience esthétique, fonctionnelle ou narrative.

Référentiel égocentrique : rapport les objets à soi (implique des référentiels naturels, « géocentriques » vis-à-vis desquels le corps se coordonne).

Référentiel allocentrique : rapporte les objets à un autre point dans l'espace (est centré ailleurs que sur le corps et nécessite des capacités de simulation mentale).

Règles d'expressivité (*display rules*) : construction sociale des émotions (ou approche constructiviste). Celle-ci implique que les déterminismes sociaux présents au sein des cultures encouragent, brident ou neutralisent l'expression de certaines émotions.

Régulation émotionnelle : processus « automatiques ou contrôlés¹²⁹⁶ » qui permettent d'influencer « le type d'émotion » ressenti, ainsi que « quand nous les avons, et comment nous les ressentons et exprimons¹²⁹⁷ ».

Réponses émotionnelles : forme expressive et mesurable du phénomène émotionnel.

Roomscale : dans une expérience de réalité virtuelle, surface de jeu moyenne - de la taille d'une pièce de maison - qui permet aux usagers d'effectuer le minimum de déplacements requis : elle permet d'attraper un objet dans la zone d'intimité de l'utilisateur, par exemple.

Scénographie émotionnelle : organisation émotionnelle de l'espace et du mouvement, prenant notamment en compte la notion « d'espaces de proxémie ».

¹²⁹⁶ GROSS, James J. « The Emerging Field of Emotion Regulation: An Integrative Review ». *Review of General Psychology*. vol. 2, 1998. p. 275.

¹²⁹⁷ *Ibidem*.

Sentiment-conscient (William James) : prise de conscience d'un état du corps en train de changer et provoquant une réaction émotionnelle (expérience émotionnelle consciente).

Sympathie : processus autocentré de résonance affective qui consiste à ressentir les affects d'autrui.

Trace émotionnelle de l'expérience artistique : retour d'information (*feedback*) de l'activité émotionnelle de l'utilisateur ayant eu lieu sur une période de l'expérience immersive et interactive - esthétique, narrative et fonctionnelle - ou sur la totalité.

Trace physiologique ou comportementale de l'expérience artistique : retour d'information (*feedback*) de l'activité physiologique ou comportementale de l'utilisateur ayant eu lieu sur une période de l'expérience immersive et interactive - esthétique, narrative et fonctionnelle - ou sur la totalité.

Vicariance/Adaptabilité (à différencier) : définie comme la capacité d'adaptation du cerveau humain lorsqu'il rencontre un problème, se distingue de l'adaptation qui suppose plus généralement « la modification des conduites qui visent à assurer l'équilibre entre un organisme et ses milieux de vie, ainsi que les processus qui sous-tendent ces modifications » (définition de psychologie), la vicariance pourrait donc constituer un de ces processus. Elle opère sur le long terme (diversification des espèces) et sur le court terme (créativité humaine). Dans le cadre des études biologiques, l'adaptation signifie plutôt « l'ensemble des ajustements réalisés par un organisme pour survivre dans un environnement physique donné ».

Manifeste Jaune

Victor Vasarely, Pontus Hulten, Roger Bordier

Dans le cadre de l'exposition « le mouvement », Galerie Denise René, 1955



NOTES POUR UN MANIFESTE

Voici les faits déterminants du passé que nous relierons entre eux et qui nous intéressent parmi tant d'autres : la « plastique » triomphe sur l'anecdote (Manet) - première géométrisation du monde extérieur (Cézanne) - conquête de la couleur pure (Matisse) - éclatement de la figuration (Picasso) - la vision extérieure change en vision intérieure (Kandinsky) - une lignée de la peinture se dissout dans l'architecture, qui devient polychrome (Mondrian) - départ des grandes synthèses plastiques (Le Corbusier) - nouveaux alphabets plastiques (Arp, Taeuber, Magnelli, Herbin) - abandon du volume pour l'ESPACE (Calder)... Le désir d'une connaissance nouvelle s'est affirmé dans le passé tout proche par l'invention de la COMPOSITION PURE et par le choix de l'UNITÉ, dont nous parlons plus loin. Parallèlement au déclin de la technique ancestrale de la peinture, se poursuit l'expérimentation des matériaux neufs (applications chimiques) et l'adoption de nouveaux outils (découverte de la physique)... **A présent, nous allons vers l'abandon total de la routine, vers l'intégration de la sculpture et la conquête des DIMENSIONS SUPÉRIEURES au plan.**

Dès le début, l'abstraction dépouille et agrandit ses éléments de composition. Bientôt, la forme-couleur envahit toute la surface bidimensionnelle, le tableau-objet s'offre à cette métamorphose qui le conduit, par les voies de l'architecture, à l'univers spatial de la polychromie. ● Cependant, nous est déjà proposée une solution extra-architecturale et nous rompons délibérément avec la loi néo-plasticienne. ● LA COMPOSITION PURE est encore une plastique plane où de rigoureux éléments abstraits, peu nombreux et exprimés en peu de couleurs (mates ou brillantes à plat) possèdent, sur toute la surface la même qualité plastique complète : **POSITIVE-NÉGATIVE**. Mais, par l'effet de perspectives opposées, ces éléments font naître et s'évanouir tour à tour un « sentiment spatial » et donc, l'illusion du mouvement et de la durée. ● **FORME ET COULEUR NE FONT QU'UN**. La forme ne peut exister qu'une fois signalée par une qualité colorée. La couleur n'est qualité qu'une fois délimitée en forme. Le trait (dessin, contour) est une fiction qui n'appartient pas à une, mais à deux formes-couleurs à la fois. Il n'engendre pas les formes-couleurs, il résulte de leur rencontre. ● **Deux formes-couleurs nécessairement contrastées, constituent l'UNITÉ PLASTIQUE, donc l'UNITÉ de la création : éternelle dualité de toutes choses, reconnues enfin pour inséparables.** C'est l'accouplement de l'affirmation et de la négation. Mesurable et non mesurable, l'unité est à la fois physique et métaphysique. C'est la compréhension de la structure matérielle, mathématique, de l'Univers, tout comme de sa superstructure spirituelle. L'unité, c'est l'essence abstraite du BEAU, la première forme de la sensibilité. Conçue avec art, elle constitue l'œuvre, équivalent poétique du Monde qu'elle signifie. L'exemple le plus simple de l'unité plastique est le carré (ou rectangle) avec son complément « contraste » ou le plan bidimensionnel avec son complément « espace environnant ».

Après ces quelques explications succinctes, nous proposons la définition suivante : **sur la ligne droite - horizontale et verticale - repose toute spéculation créatrice.** Deux parallèles, formant le cadre délimitent le plan, ou découpent une partie de l'espace. **CADRER C'EST CRÉER DU NEUF ET RECRÉER TOUT ART DU PASSÉ.** ● Dans la technique du plasticien, désormais considérablement élargie, le plan demeure le lieu de la première conception. Le petit format en composition pure constitue le départ d'une récréation des multiples fonctions bidimensionnelles (grand format, fresque, tapisserie, album de planches). Mais déjà nous découvrons l'orientation nouvelle. ● La DIAPOSITIVE sera à la peinture ce que le disque est à la musique : maniable, fidèle, complexe, autrement dit un document, un outil de travail, une œuvre. Elle constituera une nouvelle fonction transitoire entre l'image fixe et la future image mouvante. ● **L'ÉCRAN EST PLAN MAIS, PERMETTANT LE MOUVEMENT, IL EST AUSSI ESPACE. Il n'a donc pas deux, mais quatre dimensions.** Le « mouvement-temps » illusoire de la composition pure, dans la nouvelle dimension offerte par l'écran, et grâce à l'unité, devient mouvement réel. Le Losange autre expression de « l'unité carré-plan », égale carré + espace + mouvement + durée. L'ellipse, autre expression de « l'unité cercle-plan » égale cercle + espace + mouvement + durée. ● D'innombrables autres unités multiformes et multicolores donnent la gamme infinie de l'expression formelle. La « profondeur » nous procure l'échelle relative. Le « lointain » condense, le « près » dilate, réagissant ainsi sur la qualité COULEUR-LUMIÈRE. **Nous possédons donc, et l'outil et la technique, et enfin la science pour tenter l'aventure plastique - cinétique.** La géométrie (carré, cercle, triangle, etc.) la chimie (cadmium, chrome, cobalt, etc.) et la physique (coordonnées, spectre, colorimétrie, etc.) représentent des constantes. Nous les considérons en tant que quantités, notre mesure, notre sensibilité, notre art, en feront des qualités. (Il ne s'agit ici ni de « l'Euclidienne » ni de « l'Einsteinienne », mais de la propre géométrie de l'artiste qui fonctionne à merveille sans connaissances exactes.) ● L'animation de la Plastique se développe de nos jours de trois manières distinctes : 1) Mouvement dans une synthèse architecturale, où une œuvre plastique spatiale et monumentale est conçue de telle sorte que des métamorphoses s'y opèrent par suite du déplacement du point de vue du spectateur. - 2) Objets plastiques automatiques qui - tout en possédant une qualité intrinsèque - servent surtout comme moyen d'animation au moment du filmage. - Enfin, 3) **L'investissement méthodique du DOMAINE CINÉMATOGRAPHIQUE par la discipline abstraite. Nous sommes à l'aube d'une haute époque. L'ÈRE DES PROJECTIONS PLASTIQUES SUR ÉCRANS PLANS ET PROFONDS, DANS LE JOUR OU L'OBSCURITÉ, COMMENCE.**

Le produit d'art s'étend de « l'agréable objet utilitaire » à « l'Art pour l'Art », du « bon goût » au « transcendant ». L'ensemble des activités plastiques s'inscrit donc dans une vaste perspective en dégradé : arts décoratifs - mode - publicité et propagande par l'image - décors des grandes manifestations de l'Industrie, des Fêtes, des Sports, des Spectacles - usines modèles polychromes - signalisations et urbanisme - film d'art documentaire - musée créateur - édition d'art - synthèse des Arts plastiques - enfin, recherche de l'avant-garde authentique. Dans ces diverses disciplines, l'accent personnel ne signifie pas forcément authenticité. Et puis, nous ne sommes pas qualifiés pour décider, dans notre temps, du caractère majeur ou mineur de ces différentes manifestations des arts plastiques. Il existe des talents d'arrière-garde, tout comme des insuffisances dans l'avant-garde. Mais ni l'œuvre de valeur - si elle est immuable ou rétrograde - ni l'œuvre avancée - si elle est médiocre - ne comptent pour la postérité. ● **L'effet du produit d'art sur nous va (avec des différences d'intensité et de qualité) du menu plaisir au choc du Beau. Ces diverses sensations se produisent en premier dans notre être émotif en y engendrant le sentiment du bien-être ou celui du drame. Par cela, le but de l'Art est à peu près atteint.** L'analyse, la compréhension d'un message dépendent de nos connaissances et de notre degré de culture. Puisque seules les entités de l'art du passé sont intelligibles, puisqu'il n'est pas permis à tout le monde d'étudier profondément l'Art contemporain, à la place de sa « compréhension » nous préconisons sa « présence ». La sensibilité étant une faculté propre à l'humain, nos messages atteindront certainement le commun des mortels par la voie naturelle de sa réceptivité émotive. En effet, nous ne pouvons laisser indéfiniment la jouissance de l'œuvre d'art à la seule élite des connaisseurs. L'art présent s'achemine vers des formes généreuses, à souhait récréables ; l'art de demain sera trésor commun ou ne sera pas. ● Les traditions dégénèrent, les formes usuelles de la peinture dépérissent sur des voies condamnées. Le temps juge et élimine, le renouveau part d'une rupture et la manifestation de l'authentique est discontinuë et inattendue. Il est douloureux, mais indispensable, d'abandonner d'anciennes valeurs pour s'assurer la possession de nouvelles. Notre condition a changé, notre éthique, notre esthétique doivent changer à leur tour. Si l'idée de l'œuvre plastique résidait jusqu'ici dans une démarche artisanale et dans le mythe de la « pièce unique », elle se retrouve aujourd'hui dans la conception d'une possibilité de RECRÉATION, de MULTIPLICATION et d'EXPANSION. L'immense diffusion de l'œuvre littéraire ou musicale s'exerce-t-elle au détriment de son unicité et de sa qualité ? ● La chaîne majestueuse de l'image fixe sur deux dimensions se déroule de Lascaux aux abstraits... L'avenir nous réserve le bonheur en la nouvelle beauté plastique mouvante et émouvante.

(Les idées ici exprimées n'engagent que leur auteur)

VASARELY

A G A M

B U R Y

C A L D E R

M A R C E L
D U C H A M P

J A C O B S E N

S O T O

T I N G U E L Y

V A S A R E L Y

D U 6 A U 3 0 A V R I L 1 9 5 5
V E R N I S S A G E M E R C R E D I 6 A V R I L D E 1 7 A 2 1 H .

GALERIE DENISE RENÉ

124 RUE LA BOÉTIE, PARIS 8, ÉLYSÉES 93-17

IMP. MAZARINE - PARIS

Entretien avec Elisha Karmitz, Directeur de Mk2 VR, fait le 31 Janvier 2017 :

- **L-D** : Qui vous a aidé au financement de cette salle ? (Quels sont vos partenaires) - Pour le moment qui vous procure le contenu de Réalité Virtuelle ? (Playstation VR, Oculus Rift, oeuvres d'artistes indépendants, est-ce que MK2 à l'intention de produire des films/jeux en RV ?)

-**E-K** : « Sur tout ce qui est financement de la salle, pour être tout à fait honnête, aujourd'hui on est totalement indépendant. On a un partenaire qui est un partenaire sponsor qui est la BNP. La BNP s'est engagée pas mal de temps dans la réalité-virtuelle. Ce sont les partenaires notamment du Festival d'Arles, et ils soutiennent pas mal d'initiatives en réalité-virtuelle, notamment pour ré-inventer leur service bancaire. Mais on n'était pas dépendant de la BNP pour la construction de cette salle. Les constructeurs, que cela soit Oculus ou HTC, sont nos partenaires dans le sens où ils nous ont pas mal conseillés, mais on n'a pas de liens financiers avec eux car on achète tout le matériel. On ne vend pas leur matériel, et si on décide de basculer sur une technologie ou une autre on est totalement libre de le faire. Aujourd'hui on a douze postes de réalité-virtuelle différents, on appelle ça des *pods*. On a une station de réalité virtuelle centrale qui distribue sept *pods*, chacun délimitent des espaces virtuels sur lesquels on peut à la fois avoir des contenus 360° ou interactifs. Chacun de ces espaces-là est totalement réversible en termes de technologie, que ça soit HTC, Oculus, Playstation VR. En plus de ça on a deux postes Playstation VR, qui ne diffusent que des contenus Playstation. On possède aussi deux rameurs de la société *Holodia*. Et enfin le *Birdy*, qui est une machine qui permet de simuler la sensation du vol, qui aujourd'hui a un contenu à peu près fini et quelques contenus en démo, mais qui demain peut permettre d'accueillir de nouveaux contenus. On s'est fixé des contraintes qui consistent à essayer de rentrer un nouveau contenu dans nos *pods* à peu près chaque semaine. Aujourd'hui il y a une base de contenus énorme, chaque semaine il y a des contenus qui sortent, après on fait le tri, on choisit, on exprime notre point de vue à travers notre sélection de contenus. La production est exponentielle depuis un an. Il y a beaucoup de films en réalité-virtuelle, il suffit de voir la programmation des festivals en ce moment, Sundance, Cannes, *South by Southwest*, les *line up* des grands *broadcaster* français et producteurs type Arte

s'enrichissent chaque jour. C'est là ou il y a le plus d'argent dans pas mal de pays en termes de subventions ».

- **L-D** : Quels sont les obstacles/limites rencontrés au cours de la création de cet espace de réalité virtuelle ? Y a-t-il des limites quant au bon fonctionnement de l'expérience de réalité virtuelle ? (par exemple : une bibliothèque de jeux/films peu conséquente, ou de moindre qualité, ou encore des problèmes liés à la cognitive : mal de tête à l'issue d'une expérience de réalité virtuelle, etc ...) Si oui, communiquez-vous des consignes à respecter pour le bon fonctionnement de l'expérience par l'utilisateur ? (par exemple : limiter son temps de jeu).

- **E-K** : « Dans la réalité virtuelle on peut avoir des vertiges comme on peut ne pas en avoir et pour être franc ça n'a pas fait parti de nos limites. D'ailleurs on n'a pas de limites, on a plutôt des contraintes. Des contraintes financières, faire un projet viable économiquement. Des contraintes en termes de valeurs, on est un groupe indépendant, qui a 42 ans d'histoire, qui défend une certaine idée de la création et du cinéma, avec lequel on ne peut pas faire n'importe quoi. Aujourd'hui on a comme stratégie de les faire perdurer en les réinventant et en les exprimant dans de nouveaux domaines. Aujourd'hui on essaye de faire un lieu qui soit beau, qui soit destiné à servir la création et à diffuser les meilleurs contenus. On a essayé d'apporter des solutions aux problématiques d'hygiènes, aux problématiques des sens de circulation des gens, des problèmes d'exploitant auxquels on a l'habitude. On s'est posé des questions à propos de ce qui était autour de la réalité virtuelle et pas ce qu'il se passait dans le casque. Les contraintes techniques sont des contraintes d'espace (limiter les fils), de sécurité, d'hygiène (système de lingette, distribution de lingette en libre-service, on change la mousse des casques de manière régulière, et pour les gens qui ont un soucis d'hygiène plus important on a des masques qui prennent l'ensemble du visage et qui permettent d'avoir aucun endroit du casque en contact avec le visage), et des contraintes pour permettre au système d'être complètement réversible. Les limites de temps de jeu sont calculées en fonction des tests que l'on a fait. Il y a des gens pour qui 20 minutes d'expérience, c'est suffisant, et des gens qui veulent aller plus loin (40 minutes d'expérience). Ça permet aussi de bien pouvoir utiliser l'ensemble des propositions qu'on a sur les douze postes. Ensuite on rationné les limites de temps de jeu de manière économique parce qu'on a besoin d'avoir du *turnover* et ça nous semble une bonne manière de le séquencer. On le pense aussi en fonction de ce que c'est « un samedi » pour les gens : quel temps ils ont de disponible. Entre le temps de déplacement, le temps que l'on passe sur place, on a 20 minutes de jeu effectif mais les gens passent réellement plus de temps dans

l'espace. Il y a un espace de sociabilité à côté, donc les gens ont le temps de boire un verre, de se poser (complexe MK2). Aujourd'hui tout le monde n'a pas deux, trois heures de temps de loisir à consacrer à la réalité virtuelle. Notre intuition par rapport aux usages de consommation actuel nous amène à faire ces constats là ».

-L-D : Quels objectifs visez-vous quant à la création de cet espace dédié à la réalité virtuelle (à court terme et long terme) ?

- Promouvoir un nouveau genre d'expériences cinématographiques/ vidéoludiques ?

- Quels sont les intérêts financiers potentiels ? En termes de réception : à combien estimez-vous le nombre d'utilisateurs ? Comptez-vous ouvrir d'autres salles du même type ailleurs à Paris, en France, à l'étranger ?

-E-K : « À court terme on a l'ambition de développer plusieurs salles, participer au développement de la technologie, du secteur. Devenir une marque importante dans le secteur de la création de lieu en réalité-virtuelle, la distribution et la diffusion des contenus, un travail de *B to B* qui s'adresse aux entreprises et un travail de formation et de *consulting* sur la réalité virtuelle, comme un travail d'évènementiel en dehors de nos murs. On ne détient pas de vérité sur l'avenir, mais on a une force : être très agile, on peut s'adapter assez facilement. On compte se développer à l'étranger. Au niveau du groupe on a une stratégie internationale et sur tous les projets, une stratégie mondialisée. Aujourd'hui c'est Paris intra-muros et Espagne. On a commencé à développer nos salles de cinéma à l'étranger et aujourd'hui la réalité virtuelle est une opportunité de se développer davantage d'accompagne le développement des salles de cinéma à l'étranger. Nos chiffres (en termes d'utilisateurs) sont au-dessus de nos prévisions, en termes de chiffre d'affaire et de fréquentation. Nos prévisions étaient ni basses ni hautes, mais raisonnables, on va plutôt vers des tranches hautes, ça laisse présager un bon avenir. On sent qu'il y a de l'appétit pour la réalité virtuelle. Et puis on vient de traverser le mois de Janvier par -2°, au fin fond du 13^e arrondissement de Paris, qui n'est pas l'endroit le plus accueillant quand il fait nuit à 17 heures. Ça laisse présager une belle croissance pour les mois qui viennent, il va y avoir des belles terrasses cet été etc. On a fait un *benchmarking* des salles à échelle mondiale donc on a une vue assez globale sur ce qui est en train de se faire et on n'a pas le sentiment qu'il y ait d'autres choses qui nous fassent réellement concurrence, et par rapport à ce qu'on a vu dans le monde entier on a le sentiment d'avoir un produit à la fois unique et qui répond mieux à notre vision de la culture et du monde. En même temps c'est la nôtre donc tant mieux, mais on se sent très à l'aise et à la pointe de ce qui se fait à l'échelle mondiale ».

-L-D : - Qu'est-ce qui compose cet espace dédié à la réalité virtuelle ? Combien de casques, interfaces ? Comment sont agencés les différents postes de réalité virtuelle ? Dans quel but ? (par exemple : créer une expérience/dynamique commune entre les participants, plutôt qu'une expérience strictement individuelle induite par l'isolement lié au casque de réalité virtuelle)

- Quelles sont les stratégies utilisées pour parfaire l'immersion de l'utilisateur ? Quels dispositifs sont utilisés pour parfaire la création d'un ressenti tactile ?

-E-K : « On a compris tout de suite que l'idée de mettre les gens en rang pour mettre un casque était absurde, et que les contraintes du cinéma qui sont de montrer un contenu en même temps à tout le monde (nous on vit avec), ne conviennent pas à la réalité virtuelle. À partir du moment où on a un médium qui ne l'impose pas, pourquoi imposer des contraintes anciennes à un médium nouveau. On est parti de cette base là de réflexion. Ensuite, je pense que dire que la réalité-virtuelle, parce qu'elle coupe de la réalité réelle, isole les gens les uns des autres est un préjugé, c'est faux et pour plusieurs raisons. Ce qui isole les gens les uns des autres ce ne sont pas les technologies, ce sont la manière dont on les met en scène. Ce qui fait que les contenus sont attractifs ce n'est pas juste les contenus en eux-même, c'est aussi la manière qu'on a de les mettre en scène. On ne sort pas de chez soi pour aller dans un environnement moins bien que chez soi. Donc la mise en scène est importante, parce que de manière globale, les gens vivent aujourd'hui dans des environnements plutôt confortables. On crée des lieux qui sont beaux, ouverts dans les deux sens (les gens de l'intérieur peuvent voir l'extérieur et inversement). On se sent dans un lieu qui est unique. Ce qui frappe dans cet espace c'est deux choses : d'abord il n'y a pas de mur et ensuite il n'y a pas de câbles. Et la réalité-virtuelle à deux besoins architecturaux : des murs et des câbles. On a décidé d'abolir ces deux éléments là pour que tous les utilisateurs puissent se voir. Ensuite il y a des écrans qui permettent aux autres utilisateurs de voir ce qui se passe dans le casque et donc de partager leur expérience. Et un bar qui permet aussi de partager son expérience. Aujourd'hui, quand on a fait une expérience en réalité-virtuelle c'est tellement nouveau, les expériences sont tellement fortes, qu'on a envie d'en parler. Ensuite, en réalité-virtuelle on a du personnel qui vous accompagne, qui explique le contenu, comment fonctionnent les casques. Donc vous avez en réalité plus d'interaction avec autrui que lorsque vous allez au cinéma. Au cinéma, surtout avec la dématérialisation, vous n'avez parfois plus aucunes interactions. Là c'est impossible, vous allez au moins parler à une, deux, trois personnes différentes et les gens qui pratiquent la réalité-virtuelle voient ce que font

les autres et en parlent. On ne pense pas les dispositifs pour qu'ils soient immersifs. On choisit des contenus immersifs et on les intègre dans notre dispositif. »

-L-D : Pourquoi les cinémas MK2 décident de créer un espace dédié à la Réalité Virtuelle ? Quels liens voyez-vous entre le cinéma et la réalité virtuelle ?

-E-K : « On a été les premiers à s'équiper en 3-D, on a sorti le premier film en 3-D en France qui s'appelle *Flying to the moon*. Le MK2 bibliothèque est la première salle en France sur *Avatar*. L'innovation technologique a toujours été un sujet qui nous passionnait et l'innovation au cinéma ne passe pas que par l'IMAX. Il a surtout des différences, une différence de nature d'abord. Le cinéma a une forme : il faut aller dans une salle, il y a un rétroprojecteur, une toile, les gens sont placés de telle manière, la séance commence à heure fixe et tout le monde voit le contenu en même temps. La réalité-virtuelle a d'autres contraintes de mise en scène et on est en train d'inventer cette mise en scène là. Philippe Fuchs passe son temps à essayer d'expliquer la différence de nature entre la réalité-virtuelle et le cinéma, et s'il cherche cette différence là c'est bien parce que la réalité-virtuelle dit quelque chose du cinéma. Mais la réalité-virtuelle a aujourd'hui besoin de se positionner par rapport au cinéma. Les créateurs ont besoin de se positionner par rapport au cinéma. Les grandes créations de réalité virtuelle viendront de réalisateurs de cinéma, d'abord. Parce qu'ils ont des choses à dire, et pas forcément parce qu'ils ont les moyens de production, ce qui est faux. Aujourd'hui s'il y a bien une chose qui a été rendu plus accessible à des gens qui n'avaient pas beaucoup de talent, c'est la réalité virtuelle. La question des contenus, vous avez raison, il y a beaucoup de contenus mais il n'y en a pas beaucoup qui sont intéressants. Ce qui s'est passé dans la réalité virtuelle, c'est qu'il y a plein de gens qui n'avaient pas accès au cinéma, et qui en réalité virtuelle, vu que c'est très nouveau, on eu des financements car ils ont su suscité l'intérêt avec une technologie très nouvelle. Enfin de compte, ils n'ont pas plus de choses à dire que dans le cinéma. Mais aujourd'hui ce qui va arriver dans la réalité virtuelle c'est un chef-d'oeuvre. Ce qui manque aujourd'hui dans la réalité virtuelle c'est de sortir du côté spectaculaire, pour un côté plus discursif de la réalité virtuelle. Un film comme *Lots of Mindness* a rassemblé les intellectuels, les gens passionnés, les cinéphiles autour de cette idée. S'il a suscité l'intérêt c'est parce qu'il a choisi un point de vu qui n'était pas spectaculaire au profit d'un point de vu plus intellectualisé. Aujourd'hui beaucoup de films essaient de montrer, démontrer qu'il y a un intérêt à la réalité virtuelle, mais c'est normal il faut convaincre les investisseurs, et c'est plus facile de le faire de cette manière là. Aujourd'hui quand vous voyez un réalisateur de cinéma qui s'intéresse à la réalité virtuelle,

il va vous faire croire qu'il s'intéresse beaucoup à la technique mais en fait une seule chose l'intéresse vraiment : est-ce qu'il peut raconter l'histoire qu'il a dans sa tête et est-ce que la réalité virtuelle lui permet de le faire autrement. Beaucoup de réalisateurs vont attendre que la réalité virtuelle leur permette de raconter des histoires comme ils le veulent, plutôt que de se dire, voilà comment aujourd'hui la technologie est utilisée, voilà ce qu'elle nous permet de faire, donc je vais rentrer dans ses contraintes pour raconter l'histoire comme je le veux. Les grands réalisateurs vont dévoiler à la technologie ce qu'elle est capable de faire. La majorité des choses les plus intéressantes à faire avec la réalité virtuelle ne sont pas encore sorties, les techniques sont là mais non pas encore été utilisées. Les réalisateurs ne feront que dévoiler la grammaire de la réalité virtuelle, il ne la crée pas ».

Document technique - Corrections du tir *Winter Break* (RyseUp Studios, 2020) :

Lors du développement de notre expérience de bataille de boules de neige nous avons constaté après des tests et observations (10 participants), que la posture que prenaient les participants n'était pas celle recommandée pour tirer au « lance-pierre ».

Méthode : Les participants ($N = 10$; 2 femmes et 8 hommes) sont immergés dans le jeu sans introduction de notre part. Nous leur demandons en temps réel de prendre le lance-boule de neige, de prendre une balle et de viser une cible. Nous observons leur posture.

Participant	Posture	Visé ?
1	Mauvaise (torse)	Oui
2	Mauvaise (torse)	Oui
3	Bonne	Oui
4	Mauvaise (épaule)	Non
5	Mauvaise (torse)	Oui
6	Mauvaise (nuque)	Oui
7	Mauvaise (épaule)	Non
8	Mauvaise (épaule)	Non
9	Mauvaise (nuque)	Oui
10	Mauvaise (épaule)	Non

Pour tirer au lance-pierre, les professionnels tiennent le bâton du lance-pierre à l'horizontale afin de maintenir la corde dans un axe perpendiculaire qui permet à la pierre de réaliser une trajectoire rectiligne. Ces professionnels se servent de l'écart entre les deux branches du lance-pierre pour viser et de l'élastique pour ajuster la puissance et la hauteur de leur pierre (comme un arc).

Après avoir essayé cette technique sur notre propre lance-pierre, nous avons constaté qu'il s'agissait de la prise en main la plus optimisée : nous atteignons beaucoup mieux la cible visée. Néanmoins les tests ont révélé une problématique que nous n'attendions pas : un seul participant a su adopter intuitivement la posture idéale décrite ci-dessus. Les testeurs positionnaient leur première manette Oculus Touch (celle qui tient le fil et la boule de neige) sur leur torse, perpendiculaire à leur autre main tenant le lance-boules de neige ou au niveau de leur épaule, en décalage avec leur autre main. Pour conséquence, nous avons dans le premier cas cité, une mauvaise expérience du jeu puisque la posture n'était pas naturelle, dans le deuxième cas, une difficulté à atteindre la cible visée car la balle était déviée sur la gauche (si le testeur est droitier), sur la droite (s'il est gaucher). Certains testeurs ont, pour palier à cet inconfort, positionné leur manette 1 derrière leur nuque (afin que celle-ci soit dans une position perpendiculaire à leur seconde main). Une seule personne, habituée à tirer au lance-pierre, avait une position correcte et atteignait toutes ses cibles. Une explication à cela pourrait être que les testeurs avaient tout simplement un manque de connaissance (cf. schème comportementaux importés) de la manière dont s'utilise un lance-pierre.



Testeur adoptant une mauvaise posture (torse)

Légende : Pour obtenir un vecteur rectiligne, le participant dispose sa main tenant la boule près de son torse



Testeur adoptant une mauvaise posture (épaule)

Légende : La posture du corps est plus naturelle (elle ressemble au schème comportemental importé du « tir à l'arc »), mais le vecteur entre les deux manettes est décalé : le participant ne parvient pas à atteindre la cible visée.



Testeur adoptant une mauvaise posture (nuque)

Légende : Pour obtenir un vecteur rectiligne, le participant dispose sa main tenant la boule derrière sa nuque.



Testeur adoptant la bonne posture pour tirer au lance-pierre

Légende : Pour obtenir un vecteur rectiligne, le participant pivote de profil (alignant ainsi ses deux épaules). Il tourne le *controller 2* (celui qui tient le LBN) le maintenant désormais à l'horizontal. Le vecteur est ainsi légèrement décalé sur la droite et s'aligne donc avec la main tenant le *controller 1*, disposé au-dessus de l'épaule, sous l'oreille.

Pour que le participant puisse se saisir de notre lance-boules de neige, nous avons donc opté pour la solution suivante :

- Nous créons une collision autour de l'objet visé sur laquelle on ajoute un *Layer Aim Assist*. Quand le joueur tire, la trajectoire du projectile est simulée et nous regardons à quel endroit il touche le *Layer Aim Assist* (nous regardons précisément l'angle du point d'impact sur le *Layer Aim Assist*). Nous corrigeons la trajectoire du projectile en fonction de cet angle de point d'impact :
- Si la trajectoire du projectile est descendante (selon un certain angle), la simulation s'arrête.
- Quand le projectile dépasse les bornes du niveau (*Layer Levelbonds*), la simulation s'arrête.

Pour les joueurs qui ne parviennent pas à toucher les cibles, après dix tirs ratés (dix tirs qui n'atteignent aucune cible), un *Aim Assist Trail* apparaît. L'*Aim Assist Trail* est un curseur partant de la main et pointant l'objet visé. Il se désactive quand le participant parvient à toucher cinq cibles consécutives.

Lexique des œuvres principale

Légende : 1. Les facteurs individuels, intersubjectifs et collectifs, font références aux contextes sociaux dans lesquels est pris l'us comportementalement ou émotionnellement. Pour cette raison, si une personne est interfacée en présence d'une audience (au cinéma considérons l'œuvre comme collective : les facteurs de l'émotion collective (la contagion émotionnelle, par exemple) pouvant s'appliquer de manière collective à l'œuvre), elle sera considérée comme collective. 2. Dans ce tableau, la colonne « Passif/Actif » concerne le type d'activité du spectateur, du participant dans l'œuvre et non la qualité du contenu de l'œuvre. 3. Les lignes blanches correspondent aux œuvres principales, les lignes grises correspondent aux œuvres complémentaires (nous ne les avons pas incluses dans ce tableau).

Arts numériques						
Titre	Créateur(s)	Date	Médium	Environnement	Passif/Actif?	D'imm d'int
<i>Music for Solo Performer</i>	Alvin Lucier	1965	Musique neuro-interactive (performance)	ER	Passif	
<i>Heart Beats Dust</i>	Ralph Martel et Jean Dupuy	1968	Installation	ER	-	
<i>Soul Flipper</i>	Collectif Himmelb(l)au	1969	Installation	ER	Passif	
<i>Heart-Space AstroBallon</i>	Coop Himmelb(l)au	1969	Installation	ER	Passif	
<i>Ecology of the skin</i>	David Rosenbloom	1970	Musique neuro-interactive	ER	Passif	
<i>Portable Gold and Philosopher's stone</i>	David Rosenboom, J. B. Floyd	1974	Musique neuro-interactive	ER	Passif	

<i>On Being Invisible</i>	David Rosenboom	1977	Musique neuro-interactive	ER	Passif	
<i>Conductor's Jacket</i>	Teresa Marrin-Nakra, Rosalind Picard	1998	Performance musicale	ER	Actif	
<i>Brainball</i>	Sara Ilstedt Hjelm, Carolina Browall	2000	Installation	ER	Passif	
<i>Projet Virage</i>	Anne Sedes, Jean-François Baud et Kitsou Dubois	2002-2003	Performance	ER	(performeur) Passif (audience)	
<i>Wave UFO</i>	Mariko Mori	2003	Installation	EV_Ext	Passif	
<i>Pervesely Interactive System</i>	Lynn Hugues, Simon Laroché	2004	Image interactive	EV_Ext	Passif	
<i>Pulse Room</i>	Rafael Lozano-Hemmer	2006	Installation	ER	-	
<i>Pulse Front</i>	Rafael Lozano-Hemmer	2007	Installation	ER	-	
<i>Pulse Tank</i>	Rafael Lozano-Hemmer	2007	Installation	ER	Passif	
<i>Feedback Space - AstroBalloon 1969 revisited</i>	Coop Himmelbl(l)au	2008-2009	Installation	ER	Passif	
<i>hrtm</i>	Craig Fahner	2009	Installation	ER	-	
<i>Moodwall</i>	Gasper Klinckhamer, Mathias Oostrik, Remco Willeke	2009	Installation	ER	Actif	
<i>Staalhemel</i>	Christophe de Boeck	2011	Installation	ER	-	
<i>Emotional State</i>	Grégory Chatonsky	2011	Installation, performance	EV_Ext	Passif	
<i>Mind Pool</i>	Kiel Long	2011	Installation	ER	Passif	

<i>Mind Drops</i>	Kiel Long	2011	Installation vidéo	EV_Ext	Passif	
<i>Sensorium</i>	Thilo Hinterberger	2011	Installation audiovisuelle immersive	EV_Ext	Actif	
<i>Dislocation VII : Suspension of Attention</i>	Grégory Chatsorsky	2012	Installation	ER	Passif	
<i>Open Air</i>	Rafaël Lozano-Hemmer	2012	Installation	ER	-	
<i>Compatibility Racer</i>	Suzanne Dikker et alii	2012-2013	Installation	ER	Passif	
<i>Voice Tunnel</i>	Rafaël Lozano-Hemmer	2013	Installation	ER	-	
<i>Eunoia II</i>	Lisa Park	2014	Installation	ER	Passif	
<i>NeuroTango</i>	Suzanne Dikker	2014	Performance (danse)	ER	Actif	
<i>Mesuring the magic of mutual gaze</i>	Suzanne Dikker et alii	2011-2014	Performance	ER	Passif	
<i>Pulse Corniche</i>	Rafaël Lozano-Hemmer	2015	Installation	ER	-	
<i>Heartmonic</i>	Lisa Park	2016	Performance	ER	Actif	
<i>Grove</i>	Shlio Shiv Suleman	2016	Installation	ER	-	
<i>Hive Minds</i>	Sean Montgomery	2017	performance	ER	Passif	
<i>Remote Pulse</i>	Rafaël Lozano-Hemmer	2019	Installation	ER	Passif	
<i>Mood Swings</i>	Leticia Bialoskorski	2019	Installation	ER	Actif	
<i>Thermal Drift</i>	Rafaël Lozano-Hemmer	2022	Installation	EV_Ext	Actif	

<i>Truth Wristband</i>	Sean Montgomery	Pas de date	Dispositif	ER	-			
<i>Heart-felt Apparel</i>	Sean Montgomery	Pas de date	Dispositif	ER	-			
<i>Thinking Cap</i>	Sean Montgomery	Pas de date	Dispositif	ER	-			
<i>Spacecraft</i>	Richard Tettelbaum, Ivan Vantor, Alvin Curran, Frederic Rzewski, Allen Bryant	1967	Musique neuro-interactive, (Performance)	ER	-			
<i>Cortical Art</i>	Pierre Henry, Roger Lafosse	1971	Musique neuro-interactive, (Performance)	ER	-			
<i>BioMuse</i>	Benjamin Knapp ¹²⁹⁸ , Hugh Lusted	1988	Performance musicale	ER	Actif			
<i>Cardio-morphologies</i>	George Khut, Lizzie Muller, Greg Turner, John Tonkin	2004-2006	Installation	EV_Pro (écran large)	Passif			
<i>Shame</i>	Massimiliano Peretti	2007	Performance musicale	ER	-			
<i>Emergence</i>	Sean Montgomery	2010	Installation	ER	Passif			
<i>Chameleon</i>	Tina Gonsalves	2008-2011	Installation vidéo	EV_Ext (plusieurs)	-			

¹²⁹⁸ Benjamin Knapp a notamment fondé le laboratoire de recherche Music, Sensor, and Emotion (MuSE) à Belfast.

<i>BrightHearts</i>	George Khut, Jason McDermott, Angie Morrox, Katarina Ostojic, Ben Cloyd, Melissa Yogui-Watanabe, Caroline Dale, Andy Nicholson, Angelo Fraietta, Tuan Mahn Vu	2011	Application	EV_Ext	Passif	
<i>Distillery: Waveforming</i>	George Khut, Jason McDermott, Greg Turner	2011	Application	EV_Ext (Tablettes, Smartphone)	Passif	
<i>The Heart Chamber Orchestra</i>	Peter Votava, Erich Berger	2003-2012	Performance	ER	-	
<i>Telephone Rewired</i>	Sean Montgomery	2013	Installation	ER et EV_Ext	Passif	
<i>Metaphone</i>	Vygandas Simbelis, Kristina Höök	2013	Installation	ER	-	
<i>Alpha Lab</i>	George Khut, James P. Brown	2013-2014	Musique électronique	ER	Passif	
<i>Pulse and Bloom</i>	Saba Ghole, Rohan Dixit, Shilo Shiv Suleman, Luke Iseman, Samuel Clay, Heather Stewart	2014	Installation	ER	-	
<i>Eudaimonia</i>	Lisa Park	2015	Installation	ER	Passif	
<i>Nue</i>	Lisa Park	2015	Installation	ER	Actif	
<i>Behin Your Eyes</i>	George Khut	2015-2016	Installation audiovisuelle et portraits vidéo	ER et EV_Ext	Passif	
<i>Rhythm</i>	Lisa Park	2016	Installation	EV_Ext	Active	
<i>Metamatics III</i>	George Khut	2020	Installation	EV_Ext	Passif	

Photographies							
Titre	Créateur(s)	Date	Médium	Environnement	Passif/Actif	D d'imm d'inté	
<i>Pleasure, Arousal, Dominance</i>	Dorothee Elisa Baumann	2017	Photographie	EV_Ext	-		
Films							
Titre	Créateur(s)	Date	Médium	Environnement	Passif/Actif	D d'imm d'inté	
<i>L'arrivée d'un train en gare de la Ciotat</i>	Louis Lumiere	1896	Film	EV_Ext	Passif	(avant- et 3	
<i>Citizen Kane</i>	Orson Welles	1941	Film	EV_Ext	Passif	(effet Gr	
<i>Soupsçons</i>	Alfred Hitchcock	1941	Film	EV_Ext	Passif	(Mac	
<i>Bwana Devil</i>	Arch Oboler	1952	Film	EV_Ext	Passif	(effe	
<i>House of Wax</i>	Andre DeToth	1953	Film	EV_Ext	Passif	(effe	
<i>Shining</i>	Stanley Kubrick	1980	Film	EV_Ext	Passif	(esthét p	
<i>Body Double</i>	Brian De Palma	1984	Film	EV_Ext	Passif	(surpri no	
<i>Jurassic Park</i>	Steven Spielberg	1993	Film	EV_Ext	Passif		

							(effet d : de ma
<i>Seven</i>	David Fincher	1995	Film	EV_Ext	Passif	(surpri dénou	
<i>Liar liar</i>	Tom Shadyac	1997	Film	EV_Ext	Passif		
<i>Sixième Sens</i>	M. Night Shylaman	1999	Film	EV_Ext	Passif	(surpri dénou	
<i>In the Mood for Love</i>	Wong Kar-Wai	2000	Film	EV_Ext	Passif		
<i>Montage Cinema Revived by The Emo-Synth Concert Audio-visual</i>	Valery Vermeulen	2011	Film interactif	EV_Ext	Passif		
<i>Black Mirror : Bandersnatch</i>	David Slade	2018	Cinéma interactif	EV_Ext	Actif		
<i>Emoji is all that we have</i>	Studio Moniker	2020	Court métrage	EV_Ext	Passif		
<i>Scream 5</i>	Matt Bettinelli-Olpin et Tyler Gillett	2022	Film	EV_Ext	Passif	Dis émo (p	
<i>Ivan le terrible</i>	Sergueï Eisenstein	1944	Film	EV_Ext	Passif	(Dynam pl	
<i>La grotte des rêves perdus</i>	Werner Herzog	2010	Film	EV_Ext	Passif	(Image	

Jeux Vidéo

Titre	Créateur(s)	Date	Médium	Environnement	Passif/Actif	D d'imm d'inté
<i>Final Fantasy IX</i>	Yoshitaka Amano, Nobuo Uematsu, Hironobu Sakaguchi, Shuko Murase, Shinji Hashimoto, Hideo Minaba, Hiroyuki Itô, Kazushiko Aoki	2000	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Shadow of the colossus</i>	Team Ico	2005	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>The Journey to Wild and Divine : The Passage</i>	The Journey of Wild and Divine	2005	Jeu video	EV_Ext	-	
<i>Assassin's Creed Brotherhood</i>	Ubisoft Montréal	2009	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Heavy Rain</i>	Quantic Dream	2010	Jeu vidéo	EV_Ext	Actif	
<i>Uncharted 3 : Drake's Deception</i>	<i>Naughty Dog</i>	2011	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>BioShock Infinite</i>	Irrational Games	2013	Jeu vidéo	EV_Ext	Actif	
<i>The Last of Us</i>	Naughty Dog	2013	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Rise of the Tomb Raider</i>	Crystal Dynamics	2015	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Nevermind</i>	Adam Lobel et alii	2016	Jeu vidéo	EV_Ext	Actif	
<i>Inside</i>	Playdead	2016	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Space Connection</i>	Muñoz John Edison, Gonçalves Afonso, Chisik Yoram, I Badia Sergi Bermudez	2016	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Little Nightmares</i>	Tarsier Studios	2017	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Marvel's Spiderman</i>	Insomniac Games	2018	Jeu video	EV_Ext	Actif	

<i>The Last of Us 2</i>	Naughty Dog	2020	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Stray</i>	Blue Twelve Studio	2022	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Triangle Strategy</i>	Square Enix	2022	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>Roboquest</i>	Ryseup Studio	2022 (accès anticipé)	Jeu video	EV_Ext	Actif	
<i>The Journey to Wild and Divine : Wisdom Quest</i>	The Journey of Wild and Divine	2005	Jeu video	EV_Ext	-	
<i>The Journey to Wild and Divine : Healing Rhythm</i>	The Journey of Wild and Divine	2006	Jeu video	EV_Ext	-	
<i>Focus Pocus</i>	Neurocog	2010-2015	Jeu video	EV_Ext	Actif	

Vidéo 360°

Titre	Créateur(s)	Date	Médium	Environnement	Passif/Actif	D d'imm d'inté
<i>Empathy towards an immigrant</i>	BeAnotherLab	2013	Vidéo 360°, (dispositif de téléprésence)	EV_Pro	Actif (props + narration incarnée)	
<i>Dancing on the Feet</i>	BeAnotherLab, Victoria Martinez Alés, Cristina Roca	2013	Vidéo 360°, (dispositif de téléprésence)	EV_Pro	Actif (props + narration incarnée)	
<i>La noia de les lagrimes vermelles</i>	BeAnotherLab	2013	Vidéo 360°, (dispositif de téléprésence)	EV_Pro	Actif (props + narration incarnée)	
<i>Viens !</i>	Michel Reilhac	2014	Vidéo 360°	EV_Pro	Relativement passive (même si props)	
<i>Ghost Orchestra Project</i>	David Poirier-Quinot, Bart Postma, Julie Meyer, Cyril Verrecchia, Brian F. G. Katz, Jean-Marc Lyszwa	2013-2017	Vidéo 360°	EV_Pro	Passif	

Réalité virtuelle							
Titre	Créateur(s)	Date	Médium	Environnement	Passif/Actif	D d'imm d'inté	
<i>Freud, la dernière hypnose</i>	Marie-Laure Cazin	2019	Vidéo 360°	EV_Pro	Passif		
<i>Les pissenlits</i>	Edmond Couchot, Michel Bret, Marie-Hélène Tramus	1988	Réalité virtuelle (Image interactive)	EV_Pro	Actif		
<i>Osmose</i>	Char Davies	1995	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif		
<i>Corps foetal-corps mental</i>	Anika Mignotte	1999	Membrane immersive et interactive (CAVE)	EV_Pro	Actif		
<i>La Funambule virtuelle</i>	Michel Bret, Marie- Hélène Tramus, Alain Berthoz	2000-2006	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif		
<i>The meditation chamber</i>	Chris Shaw, Diane Gromala, Meehae Shong	2009-2010	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif		
<i>The Virtual Meditative Walk</i>	Diane Gromala, Chris Shaw, Win Tong, Amber Choo, Mehdi Karamnejad	2010	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif		
<i>Skin</i>	Claudia Robles-Angel	2012	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif		

<i>Kinect Star Wars</i>	Terminal Reality, Lucasfilm Games, High Voltage Software, Panic Button Games	2012	Jeu vidéo et Kinect	EV_Pro	Actif	
<i>The Mutual Wave Machine</i>	Suzanne Dikker et alii	2013	Réalité virtuelle (CAVE)	EV_Pro	Passif	
<i>My Virtual Dream</i>	Kovacevic Natasha, Ritter Petra, Toys William, Moreno Sylvain, McIntosh Anthony Randal	2013	Installation géodésique	EV_Pro	Passif	
<i>Into the womb</i>	Kimura Shoko, Fujii Ayaka, Hasegawa Shoichi, Miyata Kazunori	2014	Installation et Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif (props)	
<i>Fancy Skiing VR</i>	Ha-Sh VR Studio	2016	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>EmoCat Rescue</i>	Muñoz et alii	2016	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>Deep</i>	Marieke Van Rooij, Adam Lobej, Owen Harris, Niki Smit, Isabella Granic	2016	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>RelaWorld</i>	Ilkka Kosunen et alii	2016	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>The Lab : Longbow</i>	Valve	2016	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>Firebird : La Peri</i>	Innerspace VR	2016	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>VR_1</i>	Gilles Jobin et alii	2017	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif (props)	
<i>Resident Evil 7 : Kitchen VR</i>	CE EUROPE LIMITED	2017	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>Moss</i>	Polvarc	2018	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>Beat Saber</i>	Beat Games	2018	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	

<i>Battlescar</i>	Atlas V, Martin Allais, Nico Casavecchia	2018	Réalité virtuelle (animation)	EV_Pro	+/- Actif (cinématique VR)	
<i>Virtual Saphrologist</i>	Gu Guoxin	2018	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>The Hiatus System</i>	Kevin Bruggeman	2018-2019	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>Stressjam</i>	Jamzone	2019	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>Propagation VR</i>	Wannadev Studio	2020	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>Winter Break</i>	RyseUp Studios	2020	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>The Burning Descent</i>	RyseUp Studios	2021	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>Rêveries à travers les époques</i>	Judith Guez	2021	Installation et Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
<i>Quand le cœur se serre</i>	Léa Dedola, Katia Morel, Jordan Clément	2022	Réalité virtuelle	EV_Pro	Actif	
Réalité augmentée et Pepper's Ghost						
Titre	Créateur(s)	Date	Médium	Environnement	Passif/Actif	D'imm d'Inte
<i>Organismes typographiques</i>	Adrien Mondot et Claire Bardainne	2015	Installation avec Pepper's ghost	ER	-	
<i>We Stay Warm Together</i>	UNIQLO, HEATTECH, Daito Manabe, Raven Kwok, Akini Jing	2020	Réalité augmentée	EV_Ext (tablette ou smartphone)	Actif	

