Université paris 8 - Vincennes Saint-Denis
École doctorale esthétique, Sciences et Technologies des Arts
Laboratoire Arts des Images et Art Contemporain (EA 4010)
Équipe de recherche Image Numérique et Réalité Virtuelle

Thèse

Pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université Paris 8
Discipline : Esthétique, sciences et technologies des arts
Spécialité : Images numériques

Danser avec les robots : le corps performatif et *la conscience artificielle*

Thèse Soutenue le XX/XX/XX par Sorina-Silvia Cîrcu
sous la direction de M/Mme Chu-Yin Chen

Membres du jury

Prénom Nom (PR/DR/MCF...)	Université
Prénom Nom (PR/DR/MCF...)	Université
Prénom Nom (PR/DR/MCF...)	Université
Prénom Nom (PR/DR/MCF...)	Université

« We work in the dark - we do what we can - we give what we have. Our doubt is our passion, and our passion is our task. The rest is the madness of art. »

— Henry James, The Middle Years.

Résumé

Qu'est que c'est?. C'est une phrase français avant le lorem ipsum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Mots-clefs : mot-clef-1, mot-clef-2, mot-clef-3, mot-clef-4, mot-clef-5,...

Abstract

Qu'est que c'est?. C'est une phrase français avant le lorem ipsum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Key words : mot-clef-1, mot-clef-2, mot-clef-3, mot-clef-4, mot-clef-5,...

Remerciements

Qu'est que c'est?. C'est une phrase français avant le lorem ipsum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Table des matières

Résumé **5**

Remerciements **9**

Table des matières **11**

Introduction Générale **15**
.0.1 Parcours et contexte 15
.0.1.1 Résidences d'essai et laboratoires d'expérimentation 17
.0.1.2 Champs de recherche 18
.0.2 Problématiques 20
.0.3 Objectifs et enjeux de cette recherche-création 22
.0.4 Méthodologie 23
.0.5 Hypothèses de recherche 26

Partie I : Faire danser les robots- une approche pluridisciplinaire **31**

Introduction **35**

I.1 Pratiques somatiques et quête de l'intelligence sensorielle **37**
I.1.1 Les multiples facettes des pratiques somatiques 40
I.1.1.1 B.M.C 42
I.1.1.2 Feldenkreis 46
I.1.1.3 Viewpoints 47
I.1.1.4 Butō 48
I.1.1.5 Gaga 49
I.1.2 Le Shaking comme outil de travail 50
I.1.2.1 Contexte 50
I.1.2.2 Exemple d'exploration sensorielle avec du shaking inspiré par la technique TRE 51
I.1.3 Renouvellement des approches chorégraphiques dans l'histoire de la danse 51
I.1.3.1 Anna Halprin et son *taking part process* 55
I.1.3.2 Deborah Hay is *playing awake* 56
I.1.4 Notations de danse 58
I.1.4.1 La notation Laban 59
I.1.4.2 La notation Benesh 59
I.1.4.3 La notation Eshkol-Wachman 60

I.2 *Conscience* du corps dans la robotique **63**

I.2.1 L'approche cognitiviste 64
I.2.1.1 Le cognitivisme 65
I.2.1.2 La théorie 4E de la cognition 66
I.2.1.3 La boucle perception-action-cognition 67
I.2.2 Définitions de la conscience 68
I.2.2.1 The hard problem of consciousnes 71
I.2.2.2 Relation conscience-action 75
I.2.2.3 Quand l'intelligence artificielle exclut la conscience 76
I.2.3 Robotique et cognition incarnée 79
I.2.3.1 La robotique cognitive 79
I.2.3.2 Une *cognition* artificielle ? 81
I.2.3.3 Des émotions artificielles 83

I.3 Robots sur scène 89
I.3.1 La biomécanique comme façon d'appréhender le corps 89
I.3.1.1 Meyerhold et son approche sociologique 90
I.3.2 Faire danser les robots 91
I.3.2.1 Nouvelles formes de corporéité sur scène 91
I.3.2.2 Défis chorégraphiques dans la représentation du corps 92
I.3.2.3 Déconstruire la corporéité des robots 94
I.3.3 Différents formats de présentation 99
I.3.3.1 D'où viennent les robots 100
I.3.3.2 L'invention de l'Art Robotique 102
I.3.3.3 Les tendances ces derniers décennies 111

Conclusion 123

Partie II : Des robots et des ours. Le travail de terrain et ses contraintes 125

Introduction 127

II.1 Improviser avec des machines 135
II.1.1 Approches anthropologiques 135
II.1.1.1 A.VOID 135
II.1.1.2 Émission radio sur la conscience artificielle 141
II.1.2 Objets électroniques 145
II.1.2.1 M.I.P. ou comment rendre l'électronique créative 145
II.1.2.2 Animata 152
II.1.3 Des robots sauvages 156
II.1.3.1 Laboratoire d'expérimentation sur le lâcher-prise 156
II.1.3.2 La rencontre avec HRP-4 167

II.2 Etude(s) de terrain 187
II.2.1 Experiment Lycée Mercy 187
II.2.1.1 Introduction 187
II.2.1.2 Questions et méthodologie 188
II.2.1.3 Des digital twins comme facilitateurs d'interactivité 189
II.2.1.4 Quand l'outil devient partenaire 190
II.2.1.5 Confronter les paradigmes concernant l'incarnation 190

II.2.1.6 L'hybridation résultant de l'interactivité créative 191
II.2.1.7 L'humain dans la boucle 192
II.2.1.8 Étude de cas d'une interaction de danse homme-robot impliquant l'anthropomorphisme 192
II.2.1.9 Discussion 194
II.2.1.10 Limitations 197
II.2.1.11 Perspectives futures utilisant les technologies robotiques émergentes 198
II.2.1.12 Conclusion 198
II.2.1.13 Anthropomorphism 198
II.2.2 Experiment LIRMM 198
II.2.3 Configuration expérimentale 202
II.2.3.1 Expérience motivante 202
II.2.3.2 Étude pilote 203
II.2.3.3 Expérience HRHI 203
II.2.4 Résultats et discussion 204
II.2.4.1 Simmetry and synchrony 206

II.3 Robots, danse et *conscience artificielle* 209
II.3.1 La question de la créativité 209
II.3.2 La question de l'adaptabilité 209
II.3.3 Présentation publique 210
II.3.3.1 Dramaturgie 210
II.3.3.2 Shaking, halprin and cie 216
II.3.3.3 Discussion 219

Conclusion 221

Conclusion Générale 223

Bibliographie 225

Table des figures 235

Liste des tableaux 238

Annexe A Interview de Toto 239

Introduction Générale

Il paraît que ça passe par le corps, mais par un corps qui aurait tout juste commencé à s'individuer, et qui n'en finirait pas d'individuer en lui – quoi, au juste ? – des lieux, ou des foyers de sensibilité, des êtres : à force d'être nommé de tant de façons, ça finit par exister. C. Bottiglieri

.0.1 Parcours et contexte

Au croisement entre danse et robotique, ce projet de recherche-création interroge et construit des formes performatives en lien avec des notions émergeantes comme la *conscience artificielle* (CA). À travers l'expressivité du corps organique du performeur et les principes de cognition incarnée (ie.*embodied cognition*) transposées au corps mécanique des robots, je cherche à confronter le réel aux limites de la perception. Le résultat s'approche d'un exercice d'écriture plurielle hybride où l'homme s'appuie sur la machine pour mieux se connaître et mieux anticiper ses projections dans cette relation. Plus concrètement, cette thèse intitulée- "Danser avec les robots : le corps performatif et la *conscience artificielle*" traite des interactions homme-robot dans des contextes artistiques.Pendant deux ans, j'ai été doctorante invitée au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (LIRMM). Là j'ai eu l'occasion d'analyser les possibilités d'interaction artistique d'un robot humanoïde HRP-4 ainsi qu'un bras industriel Franka. Ayant la création expérimentale comme activité de recherche, mon projet est centré autour d'un travail pluridisciplinaire qui consiste à imaginer différentes possibilités d'interaction physique avec des robots. Dans une démarche scientifique, je cherche à théoriser cette pratique de danse avec des machines, en mettant les bases d'un langage chorégraphique inédit influencé par des pratiques somatiques et par ce que la littérature appelle *la pensée du corps* ou la *conscience du mouvement*. Cette démarche est proche des écrits et d'expérimentations des artistes tel Anna Halprin, Deborah Hay ou Lia Rodrigues, parmi autres.

Mont postulat part de ce que le chercheur et analyste en danse Hubert Godard a identifié comme *des mythologies du corps en mouvement*. En espérant identifier leur contrepoids technologique dans les robots du LIRMM, j'ai suivi de loin et de prêt les roboticiens pour essayer de comprendre leurs artefactes :

> "Chaque individu, chaque groupe social, dans une résonance avec son environnement, crée et subit ses mythologies du corps en mouvement, qui façonnent ensuite les grilles fluctuantes, conscientes ou non conscientes, en tout cas actives, de la perception. La danse est le lieu par excellence qui donne à voir les tourbillons où s'affrontent ces forces de l'évolution culturelle, qui tend à produire et en même temps à contrôler ou même à censurer les nouvelles attitudes de l'expression de soi et de l'impression de l'autrui."

Cette thèse en danse et robotique confirme mon parcours pluridisciplinaire à la rencontre des arts et de la science. Titulaire d'une diplôme en ingénierie de systèmes à l'École Polytechnique de Timisoara et d'un master en phénoménologie de la religion à l'Université de l'Ouest Timisoara en Roumanie, je suis arrivée en France pour poursuivre des études en art, notamment un master professionnel "Mise en scène et dramaturgie" à l'université Paris Nanterre. En parallèle avec mes études, j'ai intégré des ateliers et stages de professionnalisation avec Mathieu Bauer, Ricci Forte, Silvia Costa, Odin Teatret, le Théâtre du Soleil ainsi que des résidences de création autour du numérique, en participant à l'atelier "La Scène numérique", mené par Robert Faguy aux Laboratoires Lantiss de l'université de Laval à Québec. Lors de ce séjour au Canada, nous avons travaillé sur les nouvelles formes performatives et l'usage de la technologie dans le spectacle vivant. Cela m'a permis d'imaginer ce projet de recherche-création orienté autour des robots et leur impact sur scène. Après ma formation en mise en scène, j'ai travaillé comme assistante de Heiner Goebbels pour son *Anthology of Sounds and Spaces* à Bogota, ainsi qu'interprète et assistante à la mise en scène pour Michel Cerda pour son spectacle *La Source des Saints* en tournée en France entre 2018 et 2020. J'ai également mis les bases de la compagnie Desiderate, imaginée comme laboratoire d'expérimentation artistique. N'ayant pas eu une formation conventionnelle en danse, mon approche s'inspire de techniques et disciplines variées ainsi que des rencontres faites tout au long de projets artistiques. Pour construire des séquences de mouvement, je m'appuie sur les mouvements naturels du corps et de son vécu, proche de ce que des autres praticiens ont défini comme *éducation somatique*, *pensée du corps* et *intelligence sensorielle*. Loin des critères esthétisants, mon objectif est de chercher des mouvements inspirés par le vécu du corps, identifier l'endroit et le moment où son ressenti et son autonomie engendrent de la créativité pour performer sur une scène. Depuis 2014, je me forme à la danse à travers des stages de Gaga avec Ohad Naharin et *Batscheva Dance Company*, buto avec Atsoushi Takenouchi, des techniques *ViewPoints*, *Body Mind Centering*, *Feldenkrais* et ainsi de suite. Dans le cadre de ce doctorat j'ai eu l'occasion d'intégrer plusieurs sessions de travail dans le studio de danse de la chorégraphe française Mathilde Monnier. Pendant ces résidences- définies comme des laboratoires et des sessions d'expérimentation autour du corps, je cherche à développer ma présence, mon ancrage, ma spontanéité et réactivité. Ayant un intérêt particulier pour les expériences phénoménologiques et inspirée par la psychanalyse jungienne, je m'inspire de ces concepts pour concevoir des projets performatifs arts et science dont la démarche se situe entre la dramaturgie du corps et les nouveaux médias.

La compagnie Desiderate

L'idée de travailler avec les robots et interroger leur potentiel créatif est une prolongation des envies de recherche et d'expérimentation avec la technologie, au sein de la compagnie Desiderate dont je suis la directrice artistique. Créé en 2015, cela représente un lieu de rencontres pluridisciplinaires, un rassemblement d'artistes œuvrant dans différentes disciplines - la danse, le théâtre, les arts numériques, la musique. Depuis 2017, la compagnie a été accueillie en résidence à Anis Gras-le lieu de l'autre à Arcueil pour le projet jeune création *Les sept Princesses* de M. Maeterlinck et le projet danse et nouvelles technologies *En attendant que la vie passe....* Je suis également artiste résidente au DOC ! dans Paris 19éme où j'ai participé à la création des projets performatifs *Ne pas penser qu'au fond de moi c'est Hiroshima* et *J'ai décidé de plus me laver* en tant que membre fondatrice du collectif C.B.F.

.0.1.1 Résidences d'essai et laboratoires d'expérimentation

Résultat des laboratoires d'expérimentation et de création des formes hybrides qui interrogent notre expérience du réel, le dernier projet de la compagnie- *En attendant que la vie passe...* (2019) a été diffusé lors de la saison croisée France- Roumanie, organisée par l'Institut Culturel Français. Ce spectacle prend comme point de départ *La Métamorphose* de Franz Kafka où un employé en burn-out vit avec ses parents et sa sœur, sans trouver une issue à ses malheurs. Un matin il se réveille avec l'apparence d'un insecte, dans l'impossibilité physique d'aller au travail. Son patron vient le chercher à la maison. Impuissants et perdus face à cette situation, les membres de sa famille l'enferment dans sa chambre, puis le négligent jusqu'à sa disparition. A travers les corps, les gestes et la danse, les spectateurs sont plongés dans un univers dystopique marqué par l'absurdité de travailler dans une société où tout fonctionne autour de la rentabilité et où les compromis étouffent l'envie de vivre. En contrepoint, le sentiment d'autodérision et le rire apparaissent comme une réponse légitime à des questions existentielles sans réponse. Par l'usage des nouvelles technologies, nous avons cherché à actualiser l'écriture de Kafka à l'ère du numérique rapprochant la figure de l'insecte à celle de drone. Lorsque des androïdes et robots humanoïdes satisferont nos fantasmes d'immortalité, nos corps seront remplacés par des dispositifs robotisés, drones, prothèses bioniques etc. Dans ce contexte nous semble important de confronter le corps à ses propres limites, à l'épuisement.

Le laboratoire de robotique et microélectronique de Montpellier (LIRMM)

En mars 2021, je suis arrivée au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier, pour étudier les robots humanoïdes sous l'encadrement de prof. Abderrahmane Kheddar de l'équipe Interactive Digital Humans (IDH). Initié dans les années 2000, le Humanoid Robotics Project (HRP) est un projet de développement des robots conçus pour collaborer avec les humains, parrainé par le Ministère Japonais de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie, dirigé par Kawada Industries et soutenu par l'Institut national des sciences et technologies industrielles avancées (AIST) et Kawasaki Heavy Industries. Aboutissement d'une décennie de R&D, le HRP-4 est aujourd'hui l'un des humanoïdes les plus avancés dans sa gamme, connu pour effectuer des mouvements remarquablement naturels. Cependant le niveau de programmation de ce type de robot est très complexe. Le faire bouger nécessite des connaissances préalables en langage C++ ou Python et Linux, ensuite la maîtrise de interfaces comme ROS, MCRTC et GitHub.

Co-évolution, Co-création et improvisation Homme-Machine (CECCI-H2M)

Le projet CECCI-H2M est un projet interdisciplinaire et international conçu sous la forme d'une coopération scientifique et artistique. Il entend explorer des modes de transcription artistique des concepts tels que la co-évolution comportementale, la co-création et l'improvisation chorégraphique autour du thème de la dépendance/co-dépendance entre des humains et des entités artificielles (robot ou système virtuel évolutif). Il interroge la manière de mettre en place des relations de symbiose entre plusieurs systèmes en interaction, afin qu'ils puissent cohabiter ensemble. J'ai travaillé en tant qu'ingénieur d'études de ce projet, pour une durée totale de 10 mois entre février 2021 et octobre 2022. Ma mission a été d'interroger la manière de représenter une relation de co-création sur scène, à travers une performance entre un danseur, un Robot HRP (Humanoid Robotics Project) et un Ecosystème Virtuel Evolutif (EVE) qui les entoure.

La *conscience artificielle* ou comment un robot peut-devenir *sauvage*

Le robot en tant qu'objet scénique est à la fois un élément contraignant de notre recherche-création, à la fois il suscite de nombreux fantasmes et projections. Nous avons tous interagit d'une forme ou une autre avec une machine intelligente dans nos vies privées, cela n'a pas empêché notre curiosité se déployer encore plus et s'imaginer ce qu'il pourrait se passer le jour où un robot complètement autonome se présentera devant nous. Au moins sur scène, lieu d'expérimentation de toute possibilité, nous essayons de comprendre dans quelle mesure son corps a un potentiel performatif et qu'est ce que ce sera la manifestation d'une forme de *conscience artificielle*. Dans ma quête vers l'autonomie des systèmes artificiels, la notion du *sauvage* a été évoquée en marge d'une construction de consensus d'interaction Homme-Robot. Cette notion désigne le fait qu'un robot doté d'autonomie pourrait être non apprivoisée sur scène, et que le performeur y verrait une perte de contrôle pour arriver à un compromis cognitif, tel un terrain d'entente, entre sa créativité, son intuition et les "réactions" du robot. Par mon rôle de chercheuse, j'ai pu imaginer des interactions improvisées avec des robots, solliciter dans mon corps autant que dans le leurs des possibilités de convergence et d'expression artistique. Mon moyen d'expression a été la danse, vu comme écriture corporelle et langage non-verbal mais aussi comme *état de présence*. Ainsi pendant deux ans, j'ai eu l'opportunité de les observer de loin et de prêt chez eux, dans les halles de robotique du LIRMM. J'ai appris petit à petit le programmer pour leur permettre de s'exprimer, mais j'ai également appris à me dé-programmer, afin de laisser émerger mes intuitions et projections vis-à-vis d'eux et d'une éventuelle entente au niveau sensoriel entre nous.

.0.1.2 Champs de recherche

Dans les expériences de réalité augmentée, ainsi que dans les états de conscience altérée, nous expérimentons le réel d'une façon inouïe. Cependant aujourd'hui il nous est difficile de définir le concept de *réel* d'une seule et unique façon. Selon les théories psychanalytiques ce concept s'oppose à la réalité et échappe à l'imaginaire. Pour Lacan :

> "le réel, c'est ce qui est strictement impensable.(...)Le réel a un statut particulier, du fait que l'on ne l'atteint pas. Le réel est inaccessible."

Le coté irréel de la conscience

La conscience de soi, étudiée plus largement à partir des recherches en phénoménologie de Martin Heidegger, est un terme difficile à saisir ou interpréter. De plus, traduire cette expérience de la conscience, à la réalité physique de la machine reste difficilement atteignable pour la plupart des scientifiques. Lors de projets en neurosciences et robotique, plusieurs aspects de l'état conscient : l'autonomie motrice, l'attention, la mémoire, l'imagination ont été étudiés et modélisés dans des programmes informatiques, pour générer des systèmes type *conscience artificielle* ou CA. Malgré cela, la communauté scientifique est loin de disposer des robots capables d'auto-analyser, planifier et improviser leur comportement dans une situation d'interaction avec un humain. Développer une CA dans un robot signifie donc concevoir un programme capable d'interagir avec le monde extérieur et avec l'humain pour que le robot puisse se construire des représentations d'expériences sensibles, voire subjectives, identifiées par les neurosciences cognitives comme *qualia*. Pour des chercheurs dans ce domaine **citer qui**, une CA doit pouvoir avoir la capacité d'éprouver le concept *Dasein* de Heidegger, ou tout simplement prouver du fait d'être au monde, d'une manière subjective. Le chercheur Tom Ziemke, spécialiste dans la recherche de formes incarnées de conscience ou **embodied cognition** parle de la possibilité d'une intelligence artificielle ou IA incarnée dans des

dispositifs techniques, grâce à la biologie synthétique. Selon lui, un programme qui assure une relation entre le robot et son environnement via des capteurs et actionneurs, représente une forme d'IA incarnée. Son travail, inspiré par F.J. Varela, lie l'intelligence à l'état d'*autopoïèse* comme façon d'organiser le vivant. Ziemke se demande si la conscience est essentiellement liée au domaine du vivant, ou si tout système autonome autoréférentiel est capable d'une forme de conscience. Actuellement, les interactions multimodales au travers des gestes, mimiques, paroles ou le toucher sont les formes d'interaction naturelle homme-machine les plus abouties. L'appui central est l'extérieur de la machine, son corps dont le stimuli sont multiples. Pour le chercheur Bruno Latour le corps humain est défini par sa relation avec l'extérieur. Son propos vise à démystifie le dualisme corps-intellect. Ainsi il parle de l'apprentissage de l'intellect (et de la conscience) à travers les sens. Pour illustrer ces propos, il utilise la métaphore de l'éducation des sens olfactifs. De façon similaire, Guy Hoffman- codirecteur du IDC Media Invention Lab, travaille depuis quelques années sur l'expressivité des robots. Pour cela il a intégré des principes de design graphique et de l'improvisation théâtrale afin de rendre ses robots plus humains par leurs mouvements et leurs gestes.

Parallèlement, des artistes utilisent la technologie pour provoquer des expériences sensorielles et convoquer le réel sur leur plateau. Dans le spectacle *Sans Objet*(2009) par exemple, le chorégraphe Aurélien Bory voit la futilité de ces dispositifs technologiques :

> "En dehors de tout but, de toute fonction, la danse entre le corps de l'homme et celui de la machine donne lieu à un théâtre mécanique sur le terrain du sensible, entre la fragilité de l'humain et la puissance du bras métallique articulé. Placé au centre, au milieu d'un vide, complètement sorti de son contexte industriel, le robot devient inutile. Et dans sa fonction perdue ne nous rappellerait-il pas la nature de l'art : être absolument sans objet ?"

Plus précisément, les performeurs dansent avec et à côté du bras industriel pour trouver leur place. Ils communiquent leur sensibilité par des mouvements alors qu'à coté le robot n'est pas mis en scène, il y est sur scène avec eux. Cela permet au spectateur de composer son propre histoire et de donner une nouvelle signification à l'expérience vécue, pour ainsi interroger le réel de cette rencontre.

Le corps performatif à la lisière de pratiques somatiques et developpements technologiques

Le corps humain en tant que sujet se retrouve à la lisère de plusieurs disciplines et paradigmes de notre société. Beaucoup de personnes font de la chirurgie plastique pour correspondre à des normes de beauté irréelles, d'autres pensent capacité augmentée et biohacking. Dans la quête du sens à l'ère de l'Anthropocène, le corps semble une coquille vide en attente de connexion avec d'autres objets connectés. Cependant la danse comme forme d'expression artistique est une pratique qui n'a pas beaucoup changé avec le temps. De nombreuses façons de danser liées à des formes expressives archaïques tels les rituels se sont recyclés en formes performatives artistiques. En cela la danse apparaît comme un geste qui résiste à l'histoire de notre civilisation et aux tendances du moment, les surpassant.

Pour comprendre ce qu'un corps performatif peut signifier pour les machines, nous nous rapportons d'abord au corps du danseur humain. Nous analysons la place que ce corps a eu dans l'histoire récente de la danse. Cela vise la danse comme discipline qui s'inspire des pratiques somatiques, avec des "danseurs liberés" des conventions de forme lors des expérimentations postmodernes dans les années 70. A la suite de cela s'inscrit la pratique du "danseur piéton" dans les performances du début de 21e siècle :

> "Ainsi, les danseurs piétons incarnent une distance critique avec la norme du corps dansant, mais aussi de nouvelles poétiques du geste ; non entraînés, ils sont plus "naturels ", leur geste est supposé plus authentique ou plus spontané. Plus encore, "non danseurs ", ils appartiennent mieux au corps social, ils sont "plus dans le monde " que les danseurs normaux, plus imprégnés de la culture commune, et à ce titre "représentatifs " de nous-mêmes, leur public. La présence des corps piétons sur nos scènes serait donc par nature doublement subversive, s'opposant d'une part à des normes esthétiques du corps dansant et des œuvres chorégraphiques ; et d'autre part, à l'ordre social qui prétend séparer les artistes des gens ordinaires, contribuant à transformer le monde en apportant les savoirs et l'expérience artistique à ceux que nos sociétés en priveraient. On aura compris que ces "corps piétons " ne sont pas piétons par eux-mêmes, mais en tant que contraste avec le corps normal du danseur : sans la référence à celui-ci, peut-être seraient-ils tout simplement invisibles."

Nous rappelons les observations d'Isabelle Ginot concernant l'opposition entre un danseur piéton et un danseur virtuose- dont les mouvements revendiquent l'appartenance à un certain courant esthétique. Cela fait partie de ce qu'elle définit comme 'fiction à double mythe " : le mythe d'un "corps naïf", en marge de toute convention esthétique, en contradiction avec celui d'un "danseur marqué par le stigmate de sa virtuosité". Notre recherche identifie **les robots comme potentiels candidats à la catégorie de danseurs piétons**. En occupant la scène contemporaine avec leurs identités polymorphes et leurs contraintes technologiques, nous essayons de comprendre comment ils peuvent prétendre à un tel statut.

.0.2 Problématiques

Nous partons du postulat que l'interaction sensori-motrice d'un système peut déterminer son degré d'intelligence et que le corps humain a un rôle important dans la constitution de l'identité et la conscience de soi. Les études réalisés dans le cadre de cette thèse sont inspirées par des hypothèses scientifiques en neuroscience et robotique. Ma démarche étant d'analyser les limites des ces interactions sur scène et leur impact sur des concepts tels que la CA et le corps performatif.

Si les robots n'ont pas encore manifesté une intention réelle pour faire de l'art, les artistes les amènent sur scène pour raconter une histoire ou adresser des problématiques de société depuis plus de soixante-dix ans. Leur motivation et volonté de travailler avec des machines part d'un phénomène d'actualité, pour préconiser des spéculations sur un avenir plus ou moins proche. Cependant la réception de ces œuvres a lieu indépendamment des propos des artistes, selon la sensibilité du spectateur, les injonctions de la société vis-à-vis des robots en général mais aussi selon les contraintes que ce type de démarche implique (puisqu'il s'agit d'une production artistique à la place d'un projet scientifique). En vue de cela, notre but est de comprendre le lien entre la conscience et le corps et leurs correspondants technologiques, dans un contexte artistique. Si l'objectif d'une CA est d'imiter le cerveau humain, faire danser des robots sur un plateau nous permet de vérifier comment à travers la danse, une machine imite un comportement humain. Du point de vue du performeur, c'est intéressant de découvrir si elle est capable d'expériences perceptives propres qui font émerger des nouvelles formes d'expressivité dans la danse du performeur. Nous pourrions peut-être supposer que pour un robot, le

fait de manifester sa sensibilité au monde revient au fait d'être sur un plateau.

Confronter l'intelligence du corps de performeur au fonctionnement complèxe d'un robot pour trouver, à travers des mouvements, une intelligence symbiotique entre les deux, ouvre de nouvelles formes de collaboration homme-machine. La danse et les pratiques somatiques nous semblent alors des contextes appropriés pour interroger cette possibilité, sans attendre une réponse rationnelle, mais plutôt instinctive. Dans ce contexte, comment l'intelligence propre à la machine peut-elle être saisie par l'humain ? Comment l'homme et la machine pourraient-ils se retrouver sur un terrain autre que celui de la pensée rationnelle ?

Ça ne peut pas s'expliquer, il faut le vivre pour le comprendre.

Les praticiens d'éducation somatique peuvent répondre, au moins partiellement, à cette question. Dans sa thèse, l'anthropologue Jeremy Damian explicite son initiation à des pratiques somatiques en tant que danseur amateur. Au-delà de ses réserves quant aux dérives sectaires de ce type de pratique, il analyse les "pour" et les "contre" des théories sur le savoir empirique du corps, dans un contexte artistique. Ainsi Damian intègre un collectif artistique pour récréer un spectacle de danse à partir de la méthode Body Mind Centering. Avant d'adopter complètement ces méthodes, il s'interroge sur la spécificité de la production des savoirs du champ somatique et leur légitimité en tant que science. Il s'appuie sur les observations des autres chercheurs, tels Isabelle Ginot, pour illustrer la tendance de la parole somatique à faire de la spéculation scientifique :

> "Détachés de leur contexte d'incorporation (embodiment) les discours somatiques [...] courent chargés des poids d'innombrables idéologies : le naturel (voire l'animal), le transcendant (voire le religieux), la différence biologique des sexes, les hiérarchies culturelles (...)Rarement, montre Isabelle Ginot, il est fait appel aux sciences pour introduire du doute ou situer les pratiques somatiques dans des controverses scientifiques. Plus encore, poursuit-elle, bien que l'on espère de lui, le discours scientifique sera d'emblée confronté aux récits fondateurs de ceux qui sont à la base de ces pratiques et dont on hésite à les appeler des "inventeurs ", des "découvreurs ", des "créateurs " ou des "expérimentateurs " : " La perspective ultime du récit somatique, son point de fuite, c'est toujours un récit somatique antérieur, dont le point d'origine indépassable serait l'histoire personnelle (la biographie ou autobiographie) du fondateur."

Dans son article "Que faisons nous et à quoi ça sert", Ginot est cependant moins radicale, reconnaissant la difficulté de sa double posture (en tant que philosophe et praticienne d'une méthode somatique) lorsqu'il faut justifier la apparténence scientifique à un autre domaine :

> "Lorsqu'il s'agit d'introduire ces pratiques dans un contexte institutionnel, notamment médico-social, cette difficulté est encore redoublée : non seulement la description de la pratique semble toujours insatisfaisante, non seulement elle arrive dans un contexte qui n'a aucune culture de pratiques corporelles comparables, mais encore elle doit être médiatisée par les professionnels, chargés de la retraduire auprès des usagers. Ce problème de "communication", selon le jargon interne à l'institution, n'est pas le seul : la double question "Que faites-vous, et à quoi ça sert ?" devient plus problématique encore lorsqu'elle est posée par les experts, ou sur le ton de l'expertise (notamment par les professionnels à qui de telles pratiques ont parfois été imposées, et qui ne les accueillent pas toujours très volontiers)."

Bien comprendre les nuances qui transforment les principes des pratiques somatiques en formes d'art ou en science, implique savoir où et à qui s'adresser pour mieux cibler son argumentaire. Pour Ginot, définir une méthode somatique comme une pratique holistique qui peut tout guérir, risque de discréditer la démarche scientifique des autres disciplines, alors que rentrer dans la logique spécialisée des professionnels de différents domaines, fragmente les objectifs de la pratique en la rendant adaptable à plusieurs enjeux et donc à aucun.

.0.3 Objectifs et enjeux de cette recherche-création

Ce projet cherche à établir des synergies entre certaines hypothèses de recherche sur la mise en place d'une CA et son impact sur la danse et le mouvement, lors des interactions robot-performer. Il vise une amélioration des capacités cognitives et interactives des robots en analysant l'influence de la créativité sur la perception humaine. Du point de vue de la danse et de la mise en scène, le travail se concentre sur la simulation et le contrôle des fonctions motrices en programmant d'abord des robots virtuels, puis réels. Mon objectif est d'analyser et adapter leur mouvement au comportement du performeur et l'inverse. Ce dialogue entre corps organiques et corps synthétiques aboutissant à de nouvelles formes de compositions et d'interactions scéniques, nous conduira à examiner en quoi et jusqu'où les critères de l'esthétique (pour l'art) et de la technique (pour la robotique) peuvent être transgressés.

Mon parcours professionnel est pluridisciplinaire : j'ai travaillé en tant qu'ingénieur de systèmes, ayant obtenu en parallèle un master de phénoménologie et un master professionnel de mise en scène. Par le biais de mon activité artistique, je m'intéresse à la danse et plus spécifiquement au geste spontané à travers différentes techniques d'expression corporelle. Dans le cadre du dispositif Idefi CréaTIC, j'ai eu l'occasion d'approfondir les méthodologies d'analyse des mouvements de gestes avec des capteurs, lors du séminaire La scène numérique au Laboratoire Lantiss de l'Université Laval de Québec. Mon expérience d'ingénieur pour une multinationale française et mes connaissances en programmation Java Plateforme Eclipse et C++, m'ont permis de comprendre les outils et les interfaces utilisés dans le laboratoire de robotique où j'ai effectué mes recherches. Grâce à des capteurs type PerceptionNeuron et XSens j'ai d'analyser la cinématique des mouvements humains pour mieux préparer mes expérimentations. Outre mon activité de création des spectacles, j'ai mis en place des partenariats pour des démonstrations d'équipement de la robotique industrielle, en participant à des événements autour de l'Intelligence Artificielle. C'est ainsi que les enjeux sociétaux de la robotique sont devenus une source d'inspiration pour mes expérimentations artistiques. Mes projets de danse partent d'une recherche sur des gestes quotidiens, afin de raconter comment le corps est éprouvé par la technologie dont l'impact pourrait "robotiser" nos modes de fonctionnement.

Pour aller plus loin, ma démarche questionne l'endroit où la danse inspirée par des pratiques somatiques et génératrice de gestes spontanés est un outil pour comprendre et saisir le réel de la technologie, d'une façon sensible. Dans le cadre de cette thèse, les éléments de mon parcours facilitent des expérimentations sensorielles artificielles en lien avec la proprioception. Plus particulièrement, un de mes objectifs est de voir comment la façon de représenter le corps performatif est traitée dans la robotique - par exemple en capturant des gestes spontanés avec l'aide des capteurs et en les implémentant dans des robots. Un enjeux plus complexe à mettre en place est celui de programmer des robots qui improvisent en direct leurs mouvements en interaction avec un performeur.

Couramment les algorithmes **de machine learning (ML)** apprennent ce que définit leur base de données. Il y a toujours un écart entre ce que les algorithmes apprennent à reconnaître sur demande et le comportement autonome que nous imaginons pour eux. Pour entraîner son programme de ML, il faut classifier et ordonner des données, l'accompagner dans le processus d'apprentissage et interpréter ses résultats. Cependant le principe d'apprentissage non-supervisé incite les programmes à apprendre tout seuls, sans la supervision humaine. Reste à voir si dans les prochaines années un robot sera capable de développer des initiatives particulières, indépendamment de ses concepteurs. Dans son livre "En attendant les robots", le chercheur Antonio Casilli fait remarquer que dans un programme qui traite des données aléatoires pour trouver des solutions à des problèmes, les résultats sont surprenants quand il s'agit du caractère spontané de prédiction fait par celles-ci. Cela donne évidemment place à des **réflexions éthiques**. Pour le physicien et philosophe Alexei Grinbaum, les éventuelles dérives autour de l'IA peuvent être anticipés avec l'aide du hasard :

> "les projections anthropomorphiques sont inévitables, parce que la machine imite l'homme et qu'elle apprend à partir des données que celui-ci produit. Elle est donc soumise aux biais et aux erreurs que ces données contiennent. (...) Faire du hasard une valeur, c'est permettre à la machine de se soustraire à cette posture morale et au jugement qui l'accompagne."

.0.4 Méthodologie

La question de la méthodologie de la recherche-création est largement étudié par Louis-Claude Paquin, professeur titulaire à l'École des médias, Faculté de communication Université du Québec à Montréal. Par *recherche-création* Paquin entend faire de la recherche par la création.

> "Penser un enroulement de la recherche sur la création et réciproquement de la création sur la recherche permettrait de subsumer la tension épistémologique entre la continuité phénoménale de ces deux activités et leur discontinuité évènementielle. Les deux activités se croisent, se touchent, voire s'hybrident, se convoquent l'une l'autre sans se confondre en une même indistincte entité. Toutefois, les deux activités mises en situation de voisinage entrent dans une organisation ambiguë où on ne sait plus si c'est la recherche qui permet la création ou la création qui permet la recherche." [0]

Selon son analyse, la méthode par laquelle je m'appréhende à finir cette thèse est une recherche informative qui intègre la création dans son processus. Cela vise une dimension incarné des actions afin de relier et mener en même temps action et réflexion. Cependant il souligne le caractère cyclique de cette démarche, passant plusieurs fois par des étapes de planification, action, observation et réflexion. Ainsi les problèmes de recherche, ses objectifs et les méthodes émergent du processus lui-même. En suivant son classification, j'ai trouve ma démarche proche du paradigme postmoderne d'*autoethnographie* comme "méthode d'investigation centré sur l'expérience personnelle"[0]. En suivant une narration subjective en tant que chercheuse, mon objectif est de décloisonner et dé-hiérarchiser les points de vue concernant la danse avec les robots et leur possible *intercorporéité*.

Comprendre les caractéristiques d'une recherche-création implique également habiter la complexité de processus impliqués dedans. Les auteurs de[0] détaillent leurs observations au sein du laboratoire SenseLab dirigé par Erin Manning à Montreal à

partir de 2004. Leur projet conçoit la recherche-création comme une valorisation du processus de création dans son autonomie. Pour Manning et Massumi le mot composé *recherche et création* est représenté par :

> "le trait d'union d'une pensée qui se meut, le trait qui rejoint la recherche et la création, est autant l'intervalle qui amène la coïncidence de la force et la forme que le rappel que ce qui se meut habite toujours un entre-deux." [0]

L'engagement dans une recherche-création implique adopter une pratique sans résultats-prédéterminés, ni livrables. Bien que la recuperation de ce processus par le néoliberialisme[0] contraint les institutions à faire le contraire, les projets qui visent la recherche-création font souvent l'expérience d'une résistance anticapitaliste. La littérature de spécialité essaie de comprendre les enjeux institutionnels dans la recherche-création, pour mieux définir sa pertinence, sans basculer dans une improvisation indeterminée. Ainsi les besoins d'innovation s'orientent vers l'invention des nouvelles techniques de relation, et sur les conditions favorables pour l'émergence des nouvelles modes de faire.

Tout travail de recherche-création s'inscrit dans un parcours de croisement de disciplines et de pratiques. Pour ce qui concerne cette thèse, les disciplines sont elles-mêmes résultantes de plusieurs sous-domaines. Que cela soit le cas de la danse inspirée par des pratiques somatiques - elles mêmes originaires de rapprochements entre plusieurs domaines comme la kinésiologie, la biomécanique et l'ergothérapie- ou de la robotique - influencée par des disciplines comme l'informatique, l'électronique ou la mécanique- nos démarches s'appuient sur des études en neurosciences, philosophie, arts et robotique. Le terrain de nos expérimentations varie entre des laboratoires et halles de robotique, des studios de danse et des lieux qui accueillent des dispositifs performatifs.

Pour faire dialoguer arts et science, nous avons mis en place une double méthodologie nécessitant une adaptation continuelle à des principes et de savoir-faire propres à chaque discipline. Des termes ou concepts appartenant à un domaine ont nécessité un travail d'explication quant à sa signification dans l'autre. Pour témoigner de cette difficulté, prenons par exemple, le mot "mouvement" au cœur de nos expériences pratiques. Ce mot a une signification très précise en robotique. Le mouvement d'un robot implique un déplacement dans l'espace, alors que pour la danse cela peut se traduire par des expérimentations perceptibles en étant immobile, à l'intérieur de son corps lors des explorations somatiques.

Notre processus de travail collaboratif artistique implique un ajustement constant a des envies, curiosités et contraintes technologiques. En contrepoids le travail avec des ingénieurs est formel et nécessite des précisions concrètes. Pour définir nos hypothèses de recherche nous avons cherché à correspondre tant aux postulats de la robotique (avoir des caractéristiques mesurables et quantifiables dans une logique d'implémentation scientifique), qu'aux envies et intuitions artistiques qui visent un renouvellement de formes dans la danse à l'ère du numérique.

Ainsi nous sommes rapprochées de **l'intelligence kinésique** comme expérience du mouvement au-delà de la compréhension intellectuelle pour inventer des fictions sensori-motrices avec les robots. Plusieurs scénarios d'interaction ont été analysés et discutés avec l'équipe de prof. Kheddar, Interactive Digital Humans. Face à la pensée cartésienne de l'ingénieur, l'artiste peine à justifier son ressenti, son intuition.**La créativité serait-elle un calcul mathématique, facilement paramétrable ?** Paquin utilise le terme bricolage pour parler du caractère expérimental de cette démarche.

> Le terme bricolage a une double acception, celle de processus et de résultat de ce processus. En tant que processus, il est caractérisé par des allers-

> retours mettant en interaction les particularités du terrain, les concepts et les théories identifiés lors de la revue de littérature, la question de recherche et les différentes méthodologies. L'enjeu est de se dégager et de conserver une marge de manœuvre suffisante pour combiner les méthodologies et l'ajustement de chacune de leurs composantes aux spécificités de l'objet et du terrain.
>
> En recherche-création, la situation est différente en raison de la dimension constructiviste du faire œuvre et de la nature heuristique de la démarche, qui consiste en un va-et-vient continuel entre l'exploration, qui mobilise une pensée expérientielle, subjective et sensible relevant de l'imaginaire, et la compréhension, qui mobilise une pensée conceptuelle et objectivante relevant de la rationalité. Comme il s'agit de concevoir et de réaliser une création et, en plus, d'étudier un phénomène lié à cette création (soit la thématique traitée, un de ses aspects, la pratique dans laquelle elle s'insère, etc.), aux questions précédentes s'ajoutent des questions relatives à la création proprement dite, dont la partie conception a été traitée dans l'énoncé d'intention : quelle est l'amorce de l'œuvre ? Quels sont les symboles ? Quelle est la forme et quelle est la matérialisation ? Et enfin des questions sur le faire proprement dit selon le type d'œuvre ou de pratique envisagées : Quelles modalités de réalisation ? Quelles techniques utiliser ? Quels traitements effectuer ? Quelle esthétique adopter ? [136]

Le journal de bord- outil transversal et archive

Les problématiques et hypothèses se heurtent aux aléas de la pluridisciplinarité. En raison de contraintes ou incompréhensions des approches, le processus de travail lors de ce projet de thèse implique une temporalité non linéaire. Un journal de bord rythme les aller-retour et hésitations de ma démarche.

Ces aller-retour entre expériences et observations donnent suite à des nouvelles initiatives et questionnements. La difficulté de notre processus est d'imposer à cela une dynamique propre aux projets de création. Dans ce type de fonctionnement collectif, la complémentarité des acteurs est fondamentale. Chaque membre doit être au clair avec sa propre identité professionnelle et son champ de compétences pour mieux recueillir et partager des informations qui enrichissent les échanges. Une décision suite aux contraintes d'un domaine, n'est pas forcément pertinente pour l'autre.

Similaire au ressenti des artistes-chercheurs en éducation somatique, j'ai dû faire le chemin inverse du repli sur soi pour mieux comprendre mes motivations. Des mots intraduisibles pour justifier la nécessité de mettre en scène des robots, tels des pantins sur des fils invisibles. Ces pantins je les ai côtoyés de près, chez eux, dans leur laboratoire. Je me suis habitué à leur présence, à leur façon d'être manipulés et mis en veille lorsque l'étude scientifique prend fin. Le plus difficile à été trouver le chemin du langage qui va courter l'écart d'incompréhension avec les ingénieurs, pour les ramener sur scène. Que deviendront-ils là-bas et comment cette expérience sera vécue à l'intérieur de mon propre corps ? Dans la pratique somatique des micro-changements opèrent pendant et après l'expérience. Le témoignage de Carla Bottigliari dan son article "Les trames du fond : fabriques et usages des imaginaires somatiques" décrit très bien ce processus. La transformation ressentie dans le corps du danseur pourrait correspondre à la transformation de l'artefact en partenaire de plateau, seulement si celui-ci pourrait s'exprimer et décider de son gré :

> "Quelque chose, peut-être, resterait de l'expérience, dans un coin de la mémoire corporelle : une émotion, une densité chromatique différente dans

> l'espace ambiant, une fraîcheur ou une torpeur, un questionnement ou une stupéfaction, une sensation d'avoir une colonne, d'avoir des pieds – ou au contraire, de ne les avoir guère, de n'être que sol et espace. Et encore, peut-être, l'impression d'un visage défait, d'un dévisagement, d'un sourire depuis l'os, comme l'on dirait du sourire du chat du Cheshire, ou d'un regard qui revient de très loin – tes yeux sont revenus/ d'un pays arbitraire1 –, d'intervalles plus longs entre les sons, comme si le lointain n'en finissait plus de s'étaler. Un monde. Le même, mais pas tout à fait".

Ce moment difficilement traduisible résultat d'une expérience somatique, correspond à une concentration de la perception à un niveau périphérique, tout en étant le contraire d'une concentration proprement parler. Cela pourrait se rapprocher comme vécu, de ce que nous identifions comme **présence attentionnelle diffuse**. En danse cela se produit au niveau de la proprioception, sans que cela signifie que le danseur "se voit danser". Au contraire, le danseur est immergé dans son expérience sensorielle de la danse, tout en gardant une attention périphérique à son environnement.

Nos formes de production se déclinent, selon le contexte, en journées d'étude, transmission de connaissances théoriques sous la forme des articles ou des cours et sorties de résidence. Lors des derniers trois années nous avons organisé une journée d'étude et trois sorties de résidence au Centre des Arts d'Enghien-les-Bains dans le cadre du projet CECCI-H2M, un séminaire de recherche autour du concept de lâcher-prise et l'intelligence sensorielle avec le collectif Open Source à Anis Gras en janvier 2023, deux ateliers de recherche corporelle avec les élèves du cours de danse du Lycée Mercy à Montpellier en novembre et décembre 2022, un cours sur la perception et l'esthétique du mouvement pour les élèves de master de l'école Mines ParisTech à Paris en octobre 2021 et deux études de terrain dont un au Laboratoire de Robotique et Micro-électronique de Montpellier en mars 2023.

Ces expérimentations ont été accompagnées par trois hypothèses de recherche que nous allons détailler dans les prochaines pages.

.0.5 Hypothèses de recherche

H1 *Quel type d'intelligence sensorielle pouvons-nous transmettre aux robots dans des contextes artistiques ? Est-ce la conscience du mouvement une capacité qui rend les robots plus adaptatifs et réceptifs lors des improvisations avec les humains ?* L'intelligence sensorielle est un concept apparu lors des pratiques somatiques de fin de 19é siècle qui commence à intéresser les chercheurs des domaines comme la psychologie et les neurosciences. Similaire au débat entre l'IA numérique et l'IA symbolique, pour une partie des neuroscientifiques, les processus mentaux sont des processus de computation et de représentation dans le cerveau, vu comme un ordinateur. Pour d'autres l'importance du corps sensoriel est déterminante et ils cherchent à mettre en avant un lien entre la perception, nos capacités cognitives et notre corps. Dans la robotique, pour définir l'intelligence, il est parfois question de mimétisme et de compréhension des systèmes biologiques qui s'adaptent. Ainsi des roboticiens imaginent des bio-robots qui explorent leur environnement d'une façon autonome, sans le recours au calcul informatique. L'idée que le corps et ses interactions avec l'environnement contribuent au développement d'une cognition intégrée, plus large, est suffisamment séduisante pour que des chercheurs et des artistes imaginent ses applications dans le mode réel. Ces dernières années, plusieurs laboratoires prestigieux de robotique ont mis en place des

études scientifiques pour comprendre ce type d'intelligence. Cependant le terrain d'exploration est vaste et des artistes s'expriment également sur le sujet(citations). Les robots sont omniprésents dans les sociétés technologiques. Au Japon ils font partie intégrante du quotidien des personnes (citations). En Europe, leur utilité prime d'abord, les rendant indispensables dans la plupart des industries. Ils suscitent néanmoins beaucoup de curiosité lorsqu'ils sont présents à des événements tels des salons de robotique. En France, de plus de plus des festivals dédiés aux arts numériques (citer festivals) présentent des œuvres interactives et performances avec des robots (citer oeuvres). Le caractère innovant de notre démarche réside dans le fait d'appliquer des principes d'intelligence sensorielle à des intéractions avec les robots. Tester l'incidence des facteurs comme l'attention, la synchronie et la précision des mouvements imités pour témoigner des états de présence et de réception dans des contextes de collaboration artistique est peu étudié par la communauté scientifique actuellement. Au-delà des expériences esthétiques et intentions artistiques, les danses inspirées par des pratiques somatiques invitent les chercheurs en neuroscience et robotique à penser différemment le corps. Lors des expérimentations d'improvisation en danse, l'humain réagit de façon spontanée, laissant s'exprimer les émotions à travers des mouvements. Des choreographs tels Anna Halprin et Deborah Hay ont longuement étudié ce type de mouvements, leur impact sur l'intention artistique du chorégraphe ainsi que leur capacité de témoigner d'un état de présence "autre", dans le sens plus réceptif à son environnement, plus précis et conscient de ses actes. Pareil aux systèmes d'intelligence distribuée, les danses somatiques laissent parler le corps et les émotions à travers les senses. La façon dont ces sens interagissent avec l'environnement permet au corps d'être plus présent/aware et précis dans ses intéractions. Les paradigmes liés à l'intelligence sensorielle nous poussent à penser différemment la relation entre corps et esprit, avant de la léguer aux robots. Des nouveaux concepts tels que "schéma corporel/ body schema" ou "cognition incarnée/ embodied cognition" complexifient notre savoir et la mécanique de nos intentions. Cela nous permet d'affiner notre capacité d'auto-réflexion, d'interroger notre savoir empirique direct, en utilisant la danse comme objet d'étude.

Dans notre recherche-création nous souhaitons évaluer le rôle de la conscience de mouvement- définie ici comme kinesthésie en lien avec la proprioception et l'introception- en interaction de danse avec des robots. Notre intention est de savoir si une connaissance approximative de ce type, gouvernée par des lois sensorielles éloignées de calculs mentaux conscients, trouve un fonctionnement analogue dans un organisme artificiel et dans quelle mesure cela le rend plus réceptif à des interactions avec des humains. Dans notre contexte artistique, nous considérons ce type d'intelligence sensorielle en parallèle avec des notions telles le lâcher-prise et la capacité d'improvisation des humains. Ainsi la proprioception nous permet de cartographier notre environnement sans aucun calcul mental préalable, tandis que l'introception où nos sens sont aiguillés, moins parasités par les processus mentaux en arrière-plan, clarifient la perception que nous avons de nous-mêmes et notre organisation interne, nous rendant plus disponibles à des interactions avec notre environnement.

Nous nous interrogeons à notre tour sur le type de conscience corporelle que nous pouvons déléguer aux robots lors des improvisations en danse. En espérant que ce type de réflexion suscitera un intérêt de la part de la communauté scientifique, nous mettons en place des sessions d'expérimentation avec différents dispositifs automatisés, pour comprendre leur impact sur les mouvements spontanés et la façon dont le corps humain réagit en situation d'improvisation avec un tel dispositif. Ainsi modéliser des états inspirés par la conscience du mouvement pour les transmettre aux robots, nous aidera

à mieux comprendre si la danse avec les robots est influencée par les caractéristiques des robots tels que la taille ou la forme, le rythme et la nature des mouvements. De façon connexe, cela pourra donner suite à des études plus complexes sur l'intelligence sensorielle humaine et son équivalent artificiel.

H2*Est-ce que l'interaction avec les robots engendre des états créatifs ? Est-ce que leur corps est performatif ? Sont les émotions un concept clé pour le développement de la performativité ?* Un des objectifs de cette thèse est d'investiguer les facteurs qui

déclenchent la créativité en état d'improvisation avec des robots. Nous partons du postulat que l'état de créativité est influencé par des processus émotionnels et que leur modélisation dans des systèmes autonomes type robots nécessite un travail préalable de mise en situation, similaire à la mise en scène.

La présence des robots sur un plateau de théâtre suscite beaucoup de curiosité parmi les spectateurs. Les émotions que les acteurs ou performeurs éprouvent sont peu partagées par leurs compagnons artificiels. Dans nos expérimentations, nous nous interrogeons sur les possibilités d'expression des robots, pour comprendre comment la créativité peut émerger dans des situations d'interaction entre humains et non-humains.

Depuis quelques décennies, les interactions multimodales des robots ont beaucoup été étudiées par la communauté scientifique (citer). Cependant, à ce jour les robots sont peu capables d'utiliser leurs six sens simultanément comme les humains le font. Ainsi leur capacité d'interagir et simuler des émotions est une modélisation réduite des processus de cognition et de perception humaine. Lors de nos expérimentations nous nous demandons si en situation d'interaction avec un partenaire non-humain, l'artiste réagit différemment par rapport à un partenaire humain. Nous questionnons la présence de dispositifs robotisés hors de leur contexte scientifique (que cela soit social, académique ou industriel) pour évaluer leur potentiel esthétique sur scène. Du point de vue de la réception de ce type d'œuvre artistique, nous nous intéresserons à l'effet de ces formes sur la perception du spectateur : qu'est ce qu'il a retenu du type d'interaction qu'il a vu, quels sont les éléments déclencheurs et auxquels niveau ils opèrent.

Les danses influencées par des pratiques somatiques considèrent le vécu du corps et les émotions comme des concepts clé pour le développement de la performativité. En tant que danseuse, j'aimerais comprendre comment provoquer des états "autres" définis par des mouvements spontanés/involontaires lors de l'improvisation avec un robot humanoïde ou industriel. En confrontant le spectateur à ce type d'expérience, je cherche à produire une coupure dans la linéarité de son vécu pour y associer plusieurs clés d'interprétation.

Lors de sessions d'improvisation, je me demande comment définir la créativité dans ce type d'interaction. Peut-être que le robot, vu comme partenaire et pas comme outil, a influencé mon inspiration plus qu'un partenaire humain l'aurait fait. Il y a probablement plusieurs critères à tenir en compte pour définir le cadre de notre interaction et son effet réel, au-delà de mon expérience immédiate sur scène.

Tout d'abord je m'interroge sur l'apparence de celui-ci - si humanoid ou non, ainsi que sa taille et façon de se déplacer. Lors de mon séjour au LIRMM j'ai eu l'opportunité d' improviser avec le robot humanoïde HRP-4 et le bras industriel Franka Panda. Lors de ces "tentatives" de danse en laboratoire avec chacun d'entre eux, j'ai pu constater dans quelle mesure ces facteurs ont un impact sur ma créativité et disponibilité d'improvisation. Lorsque le robot Panda a effectué des mouvements différents de celles propres à ma morphologie, mon imagination s'est prêté à un jeu de dépersonnalisa-

tion. J'ai pu m'imaginer une autre physicalité à mon tour, avec des gestes méconnus qui résonnaient plus avec ce que la machine devant moi éprouvait, qu'avec ce que je sentais. Lors d'une autre session de travail avec un petit animata en carton, j'ai pu réduire aussi la perception de mon propre corps pour ressentir des sensations nouvelles et m'identifier à ce que l'animat devant moi me proposait d'explorer.

Mes observations traitent également de la différence entre une présence virtuelle et une présence physique des robots. Lorsque j'ai effectué les mêmes séquences de mouvement avec les avatars virtuels des robots, quelque chose de l'ordre d'une image en mouvement s'est figé, ouvrant un espace de rêverie et de liberté de proposition. En échange, la présence physique des robots s'est imposée en moi comme un corps autre-quelque chose d'étrange et d'inconnu que j'ai voulu d'abord connaitre avant de pouvoir danser avec.

Les différentes incorporations m'ont aussi fait comprendre dans quelle mesure l'anthropomorphisme joue un rôle important dans la projection des narrations entre les deux partenaires : humain et non-humain. En effet, leur façon de bouger similaire à la mienne m'a permis d'empathiser plus vite. Ainsi nous avons mis en place des études qui questionnent comment l'anthropomorphisme encourage une fluidité dans l' interaction homme-robot et par quoi est facilité un processus créatif, une fois qu'il est mis en place.

H3 *Comment serait-il possible de définir et mesurer un état de conscience dans les artefacts ? Existe-t-il un état sauvage propre aux robots ?*

Les artistes dialoguent avec des machines sur scène pour créer une expérience perceptive et sensorielle pour eux et pour les spectateurs. Pour certains chercheurs (citation), l'intelligence humaine dépend du corps et du mouvement et la capacité de retour sensori-motrice d'un système peut déterminer son degré d'intelligence. En se proposant de mettre en place des études similaires sur scène, cette thèse analyse plusieurs formes d'interaction artistique avec les robots. Notre intention est de vérifier comment le robot imite le comportement humain et comment, à travers des contraintes mécaniques et des erreurs de hardware, il simule d'expériences perceptives propres. A leur tour, ces expériences font émerger des nouvelles formes d'expressivité dans son partenaire humain. Nous estimons que ces formes d'expressivité concernant les robots-mêmes, permettent à l'humain d'identifier dans leur comportement quelque chose proche d'un état sauvage, difficile à anticiper ou à décrypter. Pareil aux spécialistes en éthologie qui observent le fonctionnement des animaux sauvages, nous nous interrogeons sur la façon dont l'intelligence propre à la machine est saisie par l'humain. L'objectif de ces analyses est de comprendre jusqu'au où l'humain s'adapte aux robots, en testant des séquences de mouvement conçues pour mettre à l'épreuve l'autonomie des systèmes interactifs intelligents. En effet, nous aimerions également comprendre comment utiliser l'aléatoire de ce type de comportement pour générer du spectaculaire sur le plateau. Une de nos perspectives, est d'implémenter des mouvements réflexes dans des robot humanoïde et d'improviser avec -suivant des principes d'éducation somatique en lien avec "la conscience du mouvement"- pour ensuite analyser l'impact de cette interaction sur l'expressivité artistique des performeurs humains. Au sens plus large, nous aimerions comprendre en quoi les mouvements réflexes et les comportements imprévus influencent notre perception et notre état conscient lorsque nous dansons. Ces observations appuient l'hypothèse que notre expressivité corporelle se transforme par des états de lâcher prise et constitueront des bases pour un vocabulaire scénique inédit, construit sur mesure.

Première partie

Faire danser les robots- une approche pluridisciplinaire

Figure 1 – Captation de la performance Blind Robot de Louis Philippe Demers. Source photo : AI & SOCIETY journal, no.2, 2021.

´´There are the movements, occurrences, tasks, tricks, and traps that constitute each dance. These actions take place in the experiential realm. Then there is a substructure, an exercise not unlike a meditation, that is applied uninterruptedly throughout a dance. The substructure is a set of conditions that exists in the imaginative realm. It unifies, through practice, the sequence and performance of the dance material. Without the substructure there is no dance." Deborah Hay, My body the buddhist, p. 48

Introduction

Résume de trois chapitres en cours. Blabla bloublou bloublou bloublou bloublou bloublou bla bla

Chapitre I.1

Pratiques somatiques et quête de l'intelligence sensorielle

Je commence ce chapitre par une contextualisation des pratiques somatiques, en retraçant de loin leur histoire en lien avec la danse. Cela commence au début du 20é siècle, avec des précurseurs de ce que nous connaissons aujourd'hui comme *des pratiques somatiques*. Dans son livre *The Thinking Body*(1937) l'américaine Mabel Todd met les bases d'une pédagogie et d'une écologie corporelle qui s'appuient sur l'étude concomitante de la physique, de la mécanique, de l'anatomie humaine. En prenant appui sur les travaux scientifiques de son époque, Todd centre son analyse sur la place des principes d'équilibre des forces dans l'économie corporelle et ´´sur la détermination de la forme par la fonction, en tant que loi du développement organique". Ainsi pour elle, l'analyse des rapports entre forme et fonction explique la forme, celle-ci en étant le reflet des principes mécaniques relayant les ´´lois universelles" de la physique. La méthodologie de Todd est fondée sur des procédures de visualisation des images mentales, en amont de toute exécution du mouvement. Son objectif est d'intervenir sur les mécanismes inconscients qui régissent la motricité en travaillant sur la représentation la plus précise du mouvement pendant que celui là soit accompli :

> "L'imagination libère de la puissance. Lorsqu'on apprend consciemment à se servir d'images motivantes pour conditionner les réactions motrices adéquates, il faut connaître précisément trois choses : où cela se passe, dans quelle direction et selon quel désir. Quand les conditions sont réunies, le mouvement peut avoir lieu. "Ça bouge", alors, exactement comme "il neige", "il pleut" ou "il grêle". Les muscles obéissant instantanément à la pensée, l'action adaptée survient. Le degré de précision et d'aisance sera fonction de la netteté de la réponse imaginée ou de son importance vitale ou non. Autrement dit, la pulsion émotionnelle ou l'adhésion à une idée conditionne un type précis de mouvement, tout comme la condensation est l'un des préalables importants à la pluie ou à la neige."

Toujours sur les muscles en lien avec ses observations sur la forme, elle identifie le mouvement comme sensation globale analogue à la fonction des muscles pour expliquer la compréhension qu'elle a de cette partie du corps :

> "We have no objective phenomenal experience of our muscles. All that we are aware of and can judge by our other senses is the movement as a whole, and our sensation of movement is therefore referred to the whole movement and not the individual muscles."

Si à l'époque où Todd écrivait son livre, les muscles obéissant instantanément à la pensée, les dernières découvertes en neurosciences confirment que la plupart des opérations impliquées dans le contrôle de nos mouvements corporelles, comme la plupart des sensations qui initient un mouvement réflexe en particulier, sont de nature inconsciente. D'où vient alors cette pensée et comment des sens comme la proprioception sont en charge, autant des sensations de nos organes, que des fonctions régulatrices en lien avec les muscles. Par exemple, lorsque nous nous penchons en avant, nous faisons presque instantanément un mouvement en arrière afin de préserver notre équilibre. Comment comprendre cette vitesse avec laquelle opère notre corps pendant qu'il utilise des mouvements anticipateurs ? Tout cela sans que notre pensée le détermine. Que dire alors des processus d'apprentissage comme celui de la conduite auto ou d'un nouveau type de danse ? **Une nouvelle capacité motrice devient automatique une fois apprise et exécutée un nombre suffisamment des fois**. Si la plupart d'entre nous, ne sommes pas capables d'identifier l'instance de notre cerveau qui s'occupe de ce type d'apprentissage, celui-ci a lieu dans notre corps, donc c'est un processus organique constitutif de notre identité. Pour le neurophysiologiste Alain Bertoz, la perception est une action simulée, n'étant pas seulement

> "une interprétation des messages sensoriels : elle est contrainte par l'action, elle est simulation interne de l'action, elle est jugement et prise de décision, elle est anticipation des conséquences de l'action."

Toujours pour Bertoz, les modèles internes de la réalité physique ne sont pas seulement d'opérateurs mathématiques mais des vrais neurones dont les propriétés sont accordés au monde physique. Analyser le mouvement du point de vue neurologique nous permet de mieux comprendre notre spécificité et les processus physiologiques ayant lieu à l'intérieur de nous :

> "L'analyse du mouvement permet donc de découvrir les solutions trouvées au cours de l'évolution pour anticiper les conséquences de l'action et simplifier le contrôle des gestes."

Le plus que cette connaissance du corps humain s'élargit grâce à des disciplines comme les neurosciences, le plus c'est compliqué d'adapter ces principes à des technologies. Par exemple en robotique le problème de degrés de liberté (ie le nombre d'articulations dont un corps organique dispose) reste un défi pour les ingénieurs qui les désignent :

> "Les centaines de degrés de liberté qui caractérisent l'organisation anatomique et dynamique du squelette de la plupart des animaux et de l'homme, auraient rendu le contrôle du mouvement impossible si au cours de l'évolution n'étaient apparues des mécaniques par l'organisation de la géométrie du squelette, mais aussi le nombre de degrés de liberté que le cerveau doit contrôler. Les roboticiens, qui à ce jour, ne sont toujours pas capables de réaliser des machines de la complexité du moindre insecte, savent à quel point tous les ordinateurs sont vite saturés, à la fois en capacité de calcul et en rapidité, par les quelques degrés de liberté des robots qu'ils essaient de construire."

Bertoz va plus loin quant à la complexité des systèmes vivants et à l'intégration de ces principes dans des systèmes technologiques, en faisant référence au terme de **synérgie** :

> "Le mot synergie vient de syn (ensemble) et ergos (travail). Ce concept a été proposé par Bernstein pour appuyer l'idée que, le système nerveux ne peuvent contrôler toutes les degrés de liberté, l'évolution a sélectionné un

> répertoire de mouvements simples ou complexes, que nous pouvons appeler “mouvements naturels”, et qui impliquent des groupes de muscles et de membres travaillant (ergos) ensemble (syn). Nous avons d’ailleurs mentionné plus haut les contraintes qu’exerce le squelette sur le nombre de mouvements possibles à chaque articulation. Ce répertoire n’est d’ailleurs pas très large. Il suffit de contempler une danseuse pour constater l’extraordinaire pauvreté du répertoire moteur dont elle dispose. C’est la combinaison dans le temps et l’espace de ces éléments et les jeux de partenaires qui font à la fois le génie du chorégraphe et la richesse expressive de la danse.”

Il me semble pertinent d’appliquer ce processus de synergie à notre façon de travailler, dans la mesure où cela va nous aider à mieux comprendre les incompatibilités des langages et des pratiques entre les différentes disciplines que nous adressons et leurs enjeux.

Les critiques et philosophes spécialistes en danse ont longuement analysé l’émergence du geste dansé, selon le contexte socio-culturel et l’époque quand cela a eu lieu. Pour ce qu’il y a de la danse contemporaine, **la pratique de l’improvisation**, vue comme geste libre et libérée du dogmatisme de la technique du danseur, a suscité une révolution longuement attendue. Comme le remarque Anne Boissiére dans son livre “Approche philosophique du geste dansé”, ce geste semble s’inventer par lui-même dans l’intention de se produire sans intention immédiate ou point de départ. Un geste qui n’a pas eu besoin des explications pour s’auto suffire :

> La danse dans sa nouveauté et sa vie propre, confronte la pensée esthétique à ses propres limites ; elle n’est pas seulement un art du geste mais un art qui fait geste, contre les risques d’enlisement d’une pensée esthétique trop sure d’elle même. L’émancipation de la danse vis-à-vis d’autres arts oblige à reconsidérer la définition de l’art dans sa dimension multiple, c’est-à dire le rapport moderne qui lie l’art à ses genres.(...) La question de l’improvisation apparaît centrale pour penser le geste dansé, dans la mesure où celui-ci, dans sa liberté, semble ne plus devoir emprunter à un quelconque modèle mais procéder de soi, dans une impulsion et un dynamisme internes affranchis de tout point d’appui, de toute extériorité. L’improvisation n’est plus une variation sur des schémas préexistants, elle a une valeur constituante. Elle tisse une forme en acte à laquelle rien ne préexiste, une forme s’inventant à partir d’elle-même, dans une sorte de point zéro ou de commencement absolu qui lui donne son évidence et sa pureté. Il y a, à l’origine du mouvement libre, une opération de réduction qui n’est pas sans relation avec ce qu’il faut bien appeler le miracle de la danse que nous voyons opérer sous nos yeux. Quel est ce néant, ce vide, qui est au travail de façon invisible et manifeste dans la danse ?

Selon Jeremy Damian, les pratiques somatiques sont nées en 1976, lorsque Hanna fonde la revue textitSomatics Magazine -Journal of the Bodily Arts and Sciences dont le thématique s’oriente autour des études sur le corps expérientiel et ses expériences personnels -(ie. the study of the body through the personnel experiential perspective). Pour lui, les recherches sur le corps sont souvent prisonnières d’un débat entre une interprétation d’inspiration phénoménologique et une interprétation tirée de la sémiotique : textbfle corps comme expérience versus le corps comme signe. Pour aller plus loin, l’anthropologue Thomas J. Csordas déclare vouloir établir une synthèse de ces deux approches. Il focalise son attention sur ce qu’il nomme les“modes somatiques d’attention” (**somatic modes of attention**), définis comme des“manières culturellement

élaborées d'être présent à et avec son corps (**ways of attending to and with one's body**). Csordas souligne également l'importance des environnements qui incluent la présence"incorporée" des autres. L'originalité de son approche vient de l'insistance de temoigner sur l'élaboration culturelle d'engagements sensoriels portant à la fois sur une personne, un corps et son environnement. Cela produit un "milieu intersubjectif", médiée par une perspective somatique qui ouvre une autre "image du corps que celle que renvoie le miroir."

A son tour, Violetta Salvatierra évoque dans sa thèse, le contexte d'apparition de l'éducation somatique en France :

> "Elle arrive ainsi en France des États-Unis, en passant par le Québec, importée par des praticien · nes de la méthode Feldenkrais. Hanna essaye de forger à travers celle-ci une définition du corps, opérante dans ces pratiques, qui serait en rupture épistémologique avec la conception dualiste du corps/esprit et distincte ainsi du corps objectivable de la médecine (body) ; appréhendé dans sa dimension holistique et systémique, et attaché au corps vécu à la première personne, le terme"soma", dans la définition de Thomas Hanna, fait référence au "corps perçu de l'intérieur" et "la somatique" est définie comme "l'art et la science des processus d'intéraction synergétique entre la conscience, le fonctionnement biologique et l'environnement". Par la suite, d'autres théoricien · nes ont proposé d'autres termes et notions pour désigner le champ d'expériences mobilisé par ces pratiques, tels que la "soma-esthétique",proposé par le philosophe Richard Shusterman, dont les travaux dans le domaine se révèlent fort normatifs".

Une autre optique rapproche les pratiques somatiques d'une certaine forme d'écologie. Ce point de vue est défendu par la chercheuse Laurence Jay, selon qui elles conviennent à chaque contexte spécifique d'une personne, en encourageant une forte affirmation de sa subjectivité. S'adressent au corps-sujet dans une approche psycho-phénoménologique, le corps est identifié par des caractéristiques communes avec le domaine du vivant, donc en homéostasie, pour assurer une survie permanente :

> "Il est pensé comme un tout. Il ne s'agit pas d'un amas de parties disjointes, mais d'un système organisé de façon dynamique et en équilibre complexe, interdépendant dans chaque mouvement, chaque fonction, chaque échange d'énergie et d'information. Il ne s'agit pas d'une vision mécaniste qui sépare le haut et le bas, la matière et le processus, le soi et les autres, le soi et l'environnement, la pensée et les émotions. C'est une pensée systémique, un point de vue corps-sujet-monde. Ce point de vue rejoint les théories écologiques et systémiques et permet d'imaginer une écologie corporelle, en actes."

I.1.1 Les multiples facettes des pratiques somatiques

Pour mieux expliquer la dynamique qui opère entre la danse et les pratiques somatiques,je m'interroge sur la façon dont ces techniques structurent la corporéité ainsi que l'expérience phénoménologique du cors et ses sensations, lorsqu'elles sont employés comme exercices d'échauffement et entraînement régulier. Lorsqu'un danseur apprend une technique de danse, son corps est capable de reproduire les mouvements et de se mouvoir presque de façon automatique, selon les contraintes de cette technique. Lorsqu'il s'approprie une pratique somatique, cela est plus difficile à prouver, le danseur

n'ayant pas d'autre preuve à son appui que les traces de cette expérience à l'intérieur de son propre corps. Ainsi l'intériorité et l'expérience sensible du danseur trouvent leur place dans l'expérience kinesthésique :

> "Si toute technique de danse5 est affaire d'un programme systématique d'instructions, venant façonner le corps perçu à l'image d'un corps idéal, via la médiation d'un corps démonstratif (Foster, 1992) ; si les injonctions à faire et à sentir, et corrélativement, les actions et les perceptions produites (Cazemajou, 2013), relatent implicitement un modèle déterminé de corporéité ; peut-on dire la même chose pour les somatiques ?"

Lors des stages et ateliers de danse, j'ai eu l'occasion de me former et d'acquérir des compétences orientées autour de ma propre intériorité. Mais chaque expérience du corps et son vécu est difficilement traduisible pour les autres. Pour mieux témoigner de cet état, le philosophe Bruno Latour explicite dans son essai "How to talk about the body" ce qu'il entend par le fait d'avoir un corps :

> "To have a body is to learn to be affected, meaning 'effectuated', moved, put into motion by other entities, humans or non-humans. If you are not engaged in this learning you become insensitive, dumb, you drop dead. Equipped with such a 'patho-logical' definition of the body, one is not obliged to define an essence, a substance (what the body is by nature), but rather, I will argue, an interface that becomes more and more describable as it learns to be affected by more and more elements. The body is thus not a provisional residence of something superior – an immortal soul, the universal or thought – but what leaves a dynamic trajectory by which we learn to register and become sensitive to what the world is made of. Such is the great virtue of this definition : there is no sense in defining the body directly, but only in rendering the body sensitive to what these other elements are. By focusing on the body, one is immediately – or rather, mediately – directed to what the body has become aware of."

Pour revenir au terme de somatique, du grec *soma -corps ressenti, vécu de l'intérieur* et faire la distinction entre ses différentes approches, je m'appuie principalement sur les observations d'Isabelle Ginot. Dans l'ouvrage collectif "Penser les somatiques avec Feldenkrais" elle mentionne la motivation du chercheur Thomas Hanna de réunir sous le terme générique de somatiques une panoplie de pratiques afin de souligner leurs principes communs :

> "une conception holistique du sujet (où corps, pensée, affects, émotions sont indissociables), un instrumentarium savant de techniques gestuelles, manuelles et tactiles, une place centrale accordée à l'expérience subjective via un travail approfondi sur la perception en général, et en particulier sur le sens kinesthésique (celui qui nous permet de savoir dans quelle position nous sommes, si nous sommes stables ou en train de bouger, quelle est la position de nos membres même si nous ne les voyons pas. . .). Au-delà de ces principes communs, ces techniques sont multiples, elles puisent dans des croyances et des savoirs divers selon leur époque, et surtout, elles inventent et diffusent des imaginaires du corps et des gestes bien différents les uns des autres."

Ginot propose une classification selon les critères de l'analyste du mouvement Hubert Godard orientés autour de l'expérience collective ou individuelle. Souvent dans les séances collectives, le praticien propose des explorations sans illustrer le mouvement,

afin que chacun puisse explorer sa propre sensibilité esthétique et contraintes physiologiques. Lors des séances individuelles, le praticien propose un guidage à partir du toucher, parfois guidant par la parole une prise de conscience de son sujet. Celui-ci observe les effets du relâchement des blocages musculaires sur ses gestes, les variations de son propre poids selon les changements de posture et découvre grâce à des représentations internes, des parties auparavant méconnues de lui-même appelés par Godard "des zones organiques profondes" :

> "Certaines travaillent à partir d'une cartographie des tissus et de leurs caractéristiques biologiques — fascias, muscles, peau, os, viscères — et pensent le changement du geste et de la posture primordialement à partir des changements conduits dans ces tissus ; d'autres, telle la méthode Feldenkrais qui nous intéressera ici, s'appuient avant tout sur la construction des coordinations, soit la façon dont chacun de nous a appris (et peut réapprendre) à composer ses gestes dans l'espace et le temps jusqu'à ce que ce répertoire de nouvelles habitudes gestuelles compose la texture même de sa vie, et garde la plasticité nécessaire pour des changements ultérieurs. D'autres encore privilégient le travail sur la perception... Elles se pratiquent en séances collectives ou individuelles, passent très souvent par un travail sur le toucher (un des nombreux tabous concernant le corps en Occident), se définissent soit comme "éducatives" soit comme "thérapeutiques", ou encore les deux à la fois."

Depuis 2014, j'ai pratiqué plusieurs disciplines en lien avec la pensée du corps et l'intelligence du mouvement. Je définis ici *intelligence du mouvement* selon Jay pour laquelle il s'agit principalement de :

> "la faculté qu'a le corps à sentir, ressentir, réguler, équilibrer, décider, agir pour exprimer la vie qui l'anime c'est-à-dire le sujet. L'intelligence du mouvement habite le corps tout entier, pas seulement le cerveau. Le cerveau est informé et informe et l'intelligence du mouvement dialogue avec la pensée. Nous avons appris à considérer notre corps comme une machine, à faire en sorte de le contrôler le plus efficacement possible, à le gérer comme un lieu d'entrée sortie, à l'espérer plus silencieux qu'expressif, pour finalement somatiser lorsque notre corps exprime l'inexprimé."

Concernant mes propres expériences kinesthésiques et le travail de "prise de conscience" de mon propre corps, j'ai remarqué que cela est plus facilement traduisible en mots, lors des moments de lâcher prise en improvisation. Les outils que j'ai retenus lors des sessions d'apprentissage servent principalement à affiner ma concentration et la facilité de mouvement. La plupart des méthodes que j'ai pu expérimenter, visent l'utilisation d'une quantité d'effort appropriée pour une activité particulière, libérant les tensions du corps pour avoir plus d'énergie à utiliser ailleurs. Bien que la communauté des pratiquants puisse parler des effets thérapeutiques de ces pratiques, j'aimerais clarifier cet aspect. Pour moi et probablement pour des autres praticiens, il ne s'agit pas des traitements proprement parler, mais plutôt d'une volonté de rééducation de l'esprit et du corps en libérant des tensions et blocages.

I.1.1.1 B.M.C

En me rapprochant des ces pratiques, j'ai découvert entre outre la méthode Body Mind Centering lors de sessions d'entraînement physique au théâtre du Soleil. En 2014,

j'ai été en stage à la Cartoucherie de Vincennes en tant qu'assistante décor pour le spectacle MacBeth. Avec d'autres stagiaires, nous nous réunissons le matin pour pratiquer des exercices d'éveil corporel.

Cette pédagogie du corps est orienté vers la recherche d'un équilibre entre le système nerveux sympathique et le système nerveux parasympathique. Plus tard j'ai eu l'occasion d'approfondir et mieux me renseigner sur ses principes.

La Body-Mind Centering a été créée à la fin des années 70 par Bonnie Bainbridge Cohen, danseuse, ergothérapeute et ancienne choréologue en notation Laban. Son approche se focalise sur la perception individuelle, lors des études expérientiellse de l'anatomie et de la physiologie du corps. Elle utilise des systèmes pour définir plusieurs niveaux d'exploration sensorielle. Cela donne suite à un mélange d'expérience cognitive de compréhension et expérience phénoménologique d'intégration expérientielle du corps. Un des objectifs de cette pratique est d'agrandir les dynamiques psycho-physiques de la perception. Ainsi le développement du mouvement est étudié à l'échelle de son développement ontogenetique (de l'embryon à l'adulte) et comme évolution progressive des espèces dans le règne animal (la marche des amphibies a évolué en marche bipède des mammifères). Avant tout, BMC est une étude expérientielle basée sur l'incarnation qui a un interet pour le développement en tant que processus de travail mais aussi devenir du corps :

> "Development is not a linear process but occurs in overlapping waves with each stage containing elements of all the others. Because each previous stage underlies and supports each successive stage, any skipping, interrupting, or failing to complete a stage of development can lead to alignment/ movement problems, imbalances within the body systems, and problems in perception, sequencing, organization, memory, creativity and communication."

Cette pratique corporelle est largement utilisée non seulement dans la danse mais aussi dans de nombreux types de travail corporel, psycho-thérapie, yoga ou musique. A travers le mouvement et le toucher, les praticiens explorent des principes anatomiques et physiologiques multiples. Cela favorise une prise de conscience des divers systèmes du corps- liquides, tissus, organes, squelette, le système neuro-endocrinien pour orienter une action basée sur la perception.

— Parmi ces systèmes, nous mentionnons le système squelettique- structure de soutien qui répartit notre poids sur la terre, en lien avec la gravité.

— Le système des organes est pour la communauté BMC plutôt connecté à nos émotions et à notre façon de les exprimer.

— Le système endocrinien est vu comme métaphore de notre intuition et s'exprime dans nos moments forts tandis que le système de muscles exprime notre vitalité et notre puissance.

— Le système nerveux à son tour est un support de la mémoire de nos expériences et perceptions. Lorsque le mental incorpore cette structure, il facilite l'apprentissage de nouvelles expériences basées sur l'intuition et la créativité.

Pour les praticiens BMC, lorsqu'un système est sur-stimulé ou déséquilibré, il peut devenir la source de blessures, de maladies ou de détresse émotionnelle et psychologique. Pour équilibrer cela, l'imaginaire biologique du BMC stimule la prise en conscience du fonctionnement du corps lors des sessions guidées. Cependant, comme le décrit l'anthropologue Jeremy Damien dans sa thèse, lors de son expérience BMC en danse amateur avec le collectif *Les Zélées*, les danseurs ont du mal à se représenter et entrer en relation avec certains systèmes. Le système lymphatique avec les attributs désignés

par les praticiens tels "la clarté" et "la finesse" induit en erreur les danseurs, au point où l'auteur se demande si cela relève d'une réalité du corps ou plutôt d'une métaphore à intégrer de façon subjective. C'est important de remarque ici encore une fois des ambiguïtés en lien avec des concepts pluridisciplinaires. La signification du mot "lymphe" dans le domaine de la médecine n'est pas la même lors d'un atelier de danse. En tant qu'anthropologue, Damien rapproche la pré-supposée dimension thérapeutique de certaines pratiques, à des rituels et formes d'auto-suggestion collectives. Pour ma part, je m'interroge sur les effets de ces pratiques sur l'imagination des danseurs, sur leur capacité de produire des mouvements "nouveaux". La réponse vient de Cohen pour qui :

> "when we are talking about blood or lymph or any physical substances, we are not only talking about substances but about states of consciousness and processes inherent within them. We are relating our experiences to these maps, but the maps are not the experience".

Pour porter cette réflexion plus loin, Carla Bottiglieri cite à son tour la philosophe et chorégraphe allemande Petra Sabisch pour qui :

> "le mouvement est porté par une sorte de conjecture : il est l'expression exacte de l'indétermination de la relation entre sensation et imagination. Sans cette inspiration spéculative dans le jeu co-immanent entre le fond kinesthésique et les procédures imaginatives de production de l'image, il n'y aurait pas de spécifications par rapport aux qualités du mouvement. La relation indéterminée entre sensation et imagination devient un rapport singulier : elle produit une différence dans la qualité du mouvement, sans pour autant épuiser la virtualité de leur relation."

Dans son livre "Sensing, feeling and acting", Cohen explique son intention de faciliter l'accès à "une connaissance nouvelle en provenance de soi" et ainsi résoudre la dichotomie corps-esprit. Cela est structuré autour de trois concepts-clé qu'elle appelle l'alphabet de mouvement :

> "les réflexes primitifs en lien avec les mouvements spontanés et leur relation avec les mouvements intégrés, les réactions de redressement par rapport à la gravité et les réponses d'équilibration pour garder notre centre de masse en équilibre et rester débout".

Un quatrième concept intitulé *Basic Neuro Cellular Patterns* synthétise ces derniers, en organisant une classification de modèles en lien avec le développement phylogenetic et ontogenetic du mouvement. Il faut également préciser qu'en BMC le terme "somatique" est pensé en opposition avec celui de "psychique", avec un fort intérêt pour les mouvements réflexes et la façon dont le système nerveux périphérique s'organise. Pour clarifier le mouvement réflexe, Cohen affirme :

> "When a movement becomes reflexive, would you say that the experience goes from sensing to feeling ? Yes it gets into the blood. I feel the reflexes have a lot to do with the blood, with emotional expressions".

Selon BMC, la manière de bouger de chaque individu est influencée par la façon dont le mental se manifeste dans le corps lorsqu'il bouge. Lorsqu'il y a un ajustement perpétuel entre action et cognition, il y a également un alignement harmonieux entre différents systèmes. Comme déjà précisé, les supports d'exploration sont constitués de nos sens mais aussi de notre imagination.

Entrer dans cette dimension imaginaire implique la sollicitation **du sens de la proprioception**. Cela part de l'hypothèse que chaque tissu de notre corps a sa propre

vibration et résonance. La qualité du toucher dans BMC est ainsi basée sur la compréhension expérientielle de ces données. En parallèle, les praticiens peuvent prendre conscience d'une partie du corps en étudiant des images, des textes ou des livres d'anatomie pour mieux les visualiser. Une des formes d'exploration le plus directes repose sur un mélange entre le toucher et la visualisation des parties du corps pour arriver à un état de somatisation. Cet état est défini comme une prise de conscience directe des sensations et perceptions qui se dégagent de la partie du corps sur laquelle nous nous focalisons. Il est suggéré que, ors de cette étape de somatisation en BMC, un échange d'informations bi-directionnel a lieu entre les cellules du corps et le cerveau. Le toucher et le mouvement sont parmi les premiers sens que nous expérimentons lors de notre naissance. Ainsi cela renvoie à des processus de re-mémorisation des sensations plus anciennes de notre corps.

Un autre concept employé par cette méthode est le centrage, décrit la Carla Bottiglieri de la façon suivante :

> "D'autre part, l'opération de centrage renvoie métaphoriquement aux gestes manuels du potier, qui tourne l'argile autour du vide, pour donner forme à un vase. Moulage ou modulation 17 ? Le centrage, écrit Cohen, n'est ni la recherche d'aboutissement d'une forme, ni un lieu d'arrivée, mais un "équilibre dynamique qui fluctue autour d'un point en déplacement constant" 18. Il peut ainsi s'initier en n'importe quel point, se propager vers n'importe quelle direction : plusieurs centres, donc, comme autant de foyers possibles d'amorce et d'amplification. J'ajouterai que ce mouvement est le processus continu d'une relation où les termes s'échangent, ou se permutent : body et mind ne relèvent pas de deux ontologies distinctes, bien plutôt, ils instancient deux bordures, ou deux faces d'une limite topologique où formes et forces s'affectent mutuellement, se répètent et se différent, adviennent les unes aux autres, deviennent."

Puisque cette technique est en constant renouvellement et amélioration, dernièrement un autre concept-clé a été développé. La conscience et l'embodiment cellulaire représentent :

> "a state in which all cells have equal opportunity for expression, receptivity and cooperation. Attuning ourselves to our cellular consciousness brings us to a state in which we can find the ground from which flows the intricate manifestations of our physical, physiological and spiritual being." Cependant Cohen ne mentionne pas ses applications en danse et la filiation avec le travail de la chorégraphe américaine Deborah Hay que nous allons mentionner plus loin. Si pour Cohen "cellular consciousness is awakening the cells to themselves, which the brain cannot do."

A son tour, la chorégraphe Deborah Hay emploie ces concepts pour évoquer un état méditatif dans lequel des états de présence. Je vais aborder la façon dont je m'approprie ces éléments dans ma pratique, plus tard dans notre étude.

Cependant j'aimerais préciser que faire l'expérience de ma propre anatomie et de son fonctionnement psychologique, a augmenté mon sentiment d'identité artistique en tant que danseuse. Lors de mes laboratoires de recherche sur la conscience corporelle, j'ai eu l'occasion d'améliorer ma pratique et choisir ce qui mieux correspond à mes intentions, en interprétant à ma façon cette approche kinesthésique de l'anatomie humaine.

A ce jour, je pense avoir utilisé le BMC comme point de départ afin de développer une meilleure compréhension des sensations de mon corps et de l'action exprimée par

le mouvement et le toucher. Cela m'a permis d'activer une forme de conscience propre à chaque partie de mon corps et ainsi faire émerger une danse spontanée, propre à ce vécu.

I.1.1.2 Feldenkreis

Cette méthode développé par Moshé Feldenkrais revisite le mouvement des articulations de chaque corps, laissant à chacun la possibilité d'être plus autonome et confiant lorsqu'il bouge à sa façon. Ces cours sont connus sous le nom des "cours de prise de conscience par le mouvement". Pareil aux autres pratiques somatiques, elle permet de se focaliser sur les sensations internes, pour voir comment exécuter des mouvements plus souples. La méthode Feldenkrais vise à restaurer la capacité de bouger lors des accidents et à reprendre des habitudes de mouvement naturelles, en comprenant la quantité d'efforts nécessaires pour exécuter un mouvement de façon efficace. De cette façon, chaque participant a la possibilité d'être plus autonome et en confiance lors de ses déplacements dans l'espace. Proche de pratiques corporelles comme le Tai Chi, Feldenkrais utilise des mouvements lents pour faciliter la concentration du pratiquant sur des effets de maîtrise de sa force ou de sa flexibilité.

J'ai découvert la méthode Feldenkrais lors des cours hebdomadaires à l'université Sorbonne Nouvelle. La chercheuse Sylvie Frotin mentionne comment cette pratique contribue au processus de subjectivation en valorisant **le corps-sujet plutôt que le corps-objet**. En invitant, par exemple, une personne "à déterminer la position optimale pour exécuter un mouvement en s'appuyant sur son ressenti plutôt que sur des standards esthétiques arbitraires"3[17]. Différents exercices basés sur la perception du corps en mouvement ou sur la conscience de la respiration, permettent aux participants de prendre conscience de leurs habitudes corporelles. Ainsi en Feldenkreis, "l'apprentissage consiste à éveiller les zones d'anesthésie sensorielle et à élargir les types de sensation possible"[17]. Plus généralement, la méthode Feldenkrais aide à coordonner différentes parties du corps ensemble, encourageant l'expression des ressentis et des émotions pour une intégration holistique du corps et de l'esprit. Dans l'approche défendue par cette pratique somatique, souvent onscience du mouvement et conscience de la respiration vont ensemble :

> "L'éducateur somatique adhère à l'idée qu'une fonction sensori-motrice entravée affecte l'ensemble de la personne. Réciproquement, toute amélioration d'une fonction améliorera éventuellement l'entièreté de la personne. Par exemple, face à une personne présentant une respiration déficiente, le professeur pourra donc proposer diverses activités de mouvements pour que la personne chemine vers un mouvement diaphragmatique ample et pleinement fonctionnel, puisqu'il sait qu'un diaphragme apaisé est accompagné de cognitions moins anxiogènes. (. . .) Ressentir sa solidité osseuse, ressentir une expansion de sa respiration, sentir son regard s'ouvrir, pour ne citer que ces quelques exemples, sont la manifestation physique d'une confiance en soi ou, inversement pourrions-nous dire, la confiance en soi est la manifestation psychologique d'une solidité osseuse, d'une expansion de sa respiration ou d'un regard ouvert."

Les positions utilisées dans Feldenkrais telles *la pose au sol*, visent à réduire l'effet de la gravité sur le corps. Cela encourage la hanche à s'ouvrir pour faciliter des actions comme la marche et la course et améliore la mobilité des mouvements et aide à soulager les tensions et les tensions sur les articulations.

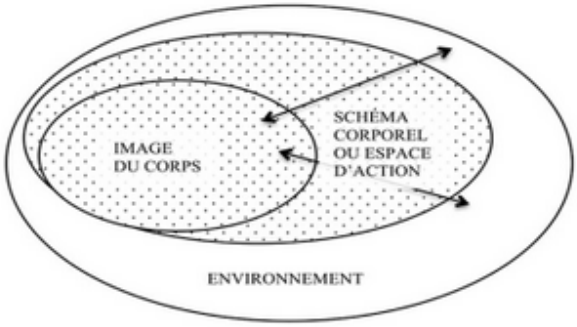


FIGURE I.1.1 – Selon M. Feldenkreis, "la conscience est la perception, conjuguée à la compréhension de son fonctionnement ou de ce qui se passe en nous pendant que nous sommes en état de perception." Source : le livre Penser les somatiques avec Feldenkreis, page 153.

Ce sont des exercices collectifs structurés autour d'un thème, dont l'objectif est d'avoir une prise de conscience sur son propre mouvement. Autre que les instructions sur la façon de bouger, le praticien donne des indications perceptives - sur quoi concentrer son attention et conceptuelles -pourquoi cette méthode ne s'illustre pas, pourquoi elle cherche le moindre effort. **Les exercices du recueil "Awareness Through Movement (PCM)" peuvent etre liés aux travaux de F. Varela sur l'autopoïèse**

Praticienne Feldenkreis, Isabelle Ginot témoigne également des changements qui opèrent dans le corps et les différentes manière de les évaluer.

Il y a un fort lien entre ces pratiques des concepts émergeants "d'image de corps" et "schéma corporel".

À la fin d'une séance de "Prise de conscience par le mouvement", l'expérience la plus courante est celle d'un changement très sensible dans la perception de la posture debout- comprendre quels appuis, observer son alignement, son hauteur et l'espace autour. En guise de conclusion de la séance, la marche et divers mouvements quotidiens sont proposés à l'exploration. Chaque changement peut être ressenti plus ou moins durablement et surtout différemment. Chaque perception est spécifique- par exemple un élève ressent son poids reparti différemment entre ses deux pieds. Un autre est confuse ou soulagée par la découverte de nouvelles postures. Quand un changement persiste d'une séance à l'autre, il deviendra plus habituel ou, selon l'expression de Feldenkrais - "intégré". Ce qui signifiera par exemple que le poids du corps est mieux réparti qu'auparavant, sans que l'élève le remarque. Cette nouvelle organisation gravitaire aura intégré le schéma corporel de la personne.

I.1.1.3 Viewpoints

Une autre méthode que j'ai intégrée dans mon approche expérimentale d'entraînement est la technique ViewPoints. Cette technique structurelle des processus de composition et de la mise en scène, est issue d'une méthode inventée par l'artiste de théâtre Mary Overlie dans les années 70. Son objectif est de stimuler la créativité et l'inspiration en utilisant des points de vue pour focaliser la concentration et ordonner la façon de travailler. Elle a été ensuite adaptée par les metteuses en scène Anne Bogart et Tina Landau autour de neuf points de vue "physiques" et de 5 points de vue "vocaux". Pour moi, l'apprentissage de ViewPoints s'est fait à travers des sessions

d'expérimentations pratiques avec le collectif de metteurs en scène Open Source. En tant qu'outil de mise en scène, le ViewPoints revisite la hiérarchie traditionnelle entre metteur en scène et acteurs. Les acteurs sont considérés comme des participants actifs dans la création globale du spectacle. Leur attention est focalisée sur différents éléments de la performance -rythme, durée, geste, relation spatiale. L'article [18] rend compte des expériences des étudiants en danse qui utilisent cette méthode. L'auteur interroge les exigences de cette méthode suite aux multiples positions du sujet. Il est à la fois observateur, participant, créateur, témoin et acteur. Cela part de la supposition que si les acteurs sont ouverts à leur environnement scénique, ils peuvent créer un mouvement et une composition scéniques dynamique. Dans un entretien lors d'une conférence sur cette technique, une de ses fondatrices, Anne Bogart affirme que rien n'est inventé, pour cette pratique, mais que tout est venu comme une réponse concerte à des besoins de plateau. Cherchant à convoquer l'instinct sur le plateau, ce qui m'intéresse dans cette technique est son rapport à la danse, définie au sens large comme mouvement :

> "What is dance ? they asked. If an elephant swings its trunk, is it dance ?
> If a person walks across the stage, is that dance ?"

Parmi les principes employés, **la réponse kinesthésique** est un type de mouvement selon lequel un geste spontané surgit en réponse à l'environnement extérieur. Des exemples de réponses kinesthésiques apparaissent lorsque nous nous levons instantanément quand quelqu'un ouvre une porte ou nous grattons la tête si quelqu'un nous pose une question difficile. Ce principe permet d'analyser le geste selon deux critères :

— gestes comportementaux : ceux que nous employons dans notre vie quotidienne, qui font écho à des situations de vie

— gestes expressifs : ceux qui expriment une émotion et répondent à des besoins d'abstractisation

Appliquer ces observations au fonctionnement d'une machine, m'a permis de voir si des gestes expressifs peuvent lui être propres ou pas. Entre philosophie pratique du travail, méthode d'entraînement ou technique d'improvisation, Viewpoints aide à mieux structurer le corps dans l'espace et le temps de la représentation. Ses éléments tangibles sont des points de vue selon lesquels les participants concentrent leur attention. Ils fournissent un ensemble d'outils qui libèrent l'imagination. Au plus lus large, l'approche systématique de cette méthode aide également les praticiens à remettre en question leur perception. Cela les permet de s'investir dans une pratique créative qui exige action et exploration pour déconstruire et réorganiser un théâtre viscéral et visuel.

I.1.1.4 Butō

Une autre type d'exploration sensorielle que j'ai eu l'occasion de découvrir est la danse Butō, lors de mes stages avec Atsushi Takenouchi entre 2013 et 2015. Cette pratique devenue un style de danse japonaise d'avant-garde est également un mode de vie. Elle diffère à la fois de la danse traditionnelle japonaise et de la danse occidentale moderne. Créé par Tatsumi Hijikata et Kazuo Ohno probablement en réaction aux événements de la Seconde Guerre mondiale, elle explore des thèmes tabous de la société. Ainsi cette danse convoque des images grotesques avec des mouvements corporels parfois lents, parfois compulsifs toujours en lien avec le soi. Haruchika Noguchi (1911 - 1976), **inventeur du concept thérapeutique de Seitai**, developpe ensuite *Katsugen Undo* comme pratique complémentaire au butô. Katsugen Undo part du postulat que nous avons tendance à nous concentrer sur des énergies excessives qui inhibent nos

systèmes d'autorégulation, altérant ainsi nos fonctions physiques, mentales et émotionnelles. Cette pratique est un exercice dynamique destiné à soulager le stress, à détoxifier le corps et à l'amener à un équilibre naturel et sain. Elle laisse libre cours aux mouvements involontaires du système nerveux autonome, en améliorant l'endurance et la flexibilité de l'organisme.

I.1.1.5 Gaga

Ensuite début 2020 je suis allée en Israël pour expérimenter le Gaga Movement, dont la pédagogie encourage le lâcher prise et le bien être des danseurs. Mouvement de danse non-conventionnelle, cette pratique a été développée par le directeur artistique de la Batsheva Dance Company, Ohad Naharin. Lors d'un accident au dos dans les années 90, il s'est lancé dans un processus de recherche corporelle avec des personnes sans expérience en danse. Ces expérimentations ont donné place au laboratoire Gaga/people étant ensuite demandés comme training régulier par les danseurs de sa compagnie, donnant suite aux cycles Gaga/dancers. Selon le contexte, cette technique a plusieurs déclinaisons : training pour renforcer le corps et le préparer physiquement en termes de souplesse et d'endurance, échauffement avant les répétitions et outil d'exploration pour cultiver la créativité. Dans son article- "The Phenomenology of the Body Schema and Contemporary Dance Practice : The Example of *Gaga*", la chercheuse Anna Foultier décrit les modalités de travail des danseurs du 21e siècle, devenus entrepreneurs de leur propre corps et technicité :

> "En raison des tendances chorégraphiques et artistiques ainsi que de la difficulté croissante pour les danseurs d'obtenir des contrats plus longs, la danseuse est devenue une *entrepreneure* censée façonner sa formation, s'adapter à divers styles et pratiques chorégraphiques et souvent fournir du matériel de mouvement aux pièces avec lesquelles elle travaille. Que cela soit perçu comme libérant l'agence et l'autorité de la danseuse sur son travail ou comme un accommodement à un contexte sociétal marqué par le néolibéralisme où La qualité marchande est un impératif, le danseur contemporain a une approche éclectique où l'entraînement peut varier du ballet, moderne, jazz, capoeira, pilates ou yoga à la natation ou à la course. Dans le monde de la danse post-postmoderne, l'accent n'est plus mis sur le moulage du corps dans une certaine forme, comme dans le ballet classique, ou sur le démantèlement des habitudes afin de découvrir des modèles de mouvement naturels, comme dans la danse moderne, mais plutôt sur la déconstruction et le remodelage continus du corps."

Dans les cours de Gaga que j'ai pris, l'enseignant et les participants sont en constant mouvement. Les participants reçoivent plusieurs types d'instructions : lever ses bras comme s'ils ont un poids lourd sur le dos, les soulever et les laisser tomber en étant recouvert par du miel, sentir ses bras légers comme une plume, tomber au sol avec la même vitesse que les bras qui tombent, etc. L'objectif de Gaga est d'ouvrir de nouvelles possibilités d'exploration dans le corps et ainsi confronter les anciennes habitudes afin de développer une conscience du corps et une écoute intérieure.

I.1.2 Le Shaking comme outil de travail

Le Shaking vu ici comme tremblement volontaire du corps est une pratique somatique que nous pouvons observer dans les animaux lorsqu'ils secouent leur corps après un événement dangereux qui a sollicité leur instinct de survie. Les éthologues ont identifié trois mécanismes de défense comme formes de réaction immédiate chez les animaux : s'en fuir, se battre ou se figer - le célebre *fight, flee or freez.* Parmi les trois la réponse "se figer" (en anglais *freeze*) est un mécanisme de survie qui protège l'animal en danger en inhibant et immobilisant son corps face à la douleur. C'est le cas de la vidéo du bison entouré par des lions qui dévient tout d'un coup mou et arrête de se débattre dans la bouche du crocodile, pour s'enfouir deux secondes après que les lions commencent à leur tour attaquer le crocodile pour disputer leur proie.**mettre lien** Une fois inhibés, les mécanismes de défense produites par le corps, comme l'adrénaline, restent stockés à l'intérieur et une fois le danger passé, les animaux vont secouer leur corps pour les libérer. Les exercices de libération des tensions aident le corps à accéder à des schémas musculaires profonds de stress et de tension, voire de traumatismes pour certains chercheurs (citer). Elles activent un mécanisme réflexe naturel de tremblement ou de vibration qui libère la tension musculaire, calmant le système nerveux. Lorsque ce mécanisme de secousses musculaires et vibrations est activé de façon volontaire, le corps est encouragé à revenir à un état d'équilibre. J'ai décidé d'utiliser et ensuite adapter cette technique lors de mes échauffements de danse car cette méthode n'a pas spécifiquement pour but de se concentrer sur soi et de ralentir le fil des pensées, mais plutôt de "libérer" le corps de ses tensions et privilégier le sentiment de lâcher-prise. Cette technique peut fonctionner particulièrement bien pour tous ceux et celles qui ont beaucoup de mal à rester sans bouger et à mettre leurs pensées en pause. Actuellement des thérapeutes utilisent des techniques de shaking pour réduire les effets du stress traumatique (PTSD).

I.1.2.1 Contexte

David Berceli, est auteur de trois livres traduits en 15 langues. Il est psychologue et activiste humanitaire américain qui travaille dans les domaines de la réduction du stress suite à des traumatismes. Dés la fin des années 1990, Berceli a travaillé en Extrême-Orient et en Afrique dans des zones de conflit. Suite à cette expérience du terrain, il a remarqué à quel point les secousses étaient une réponse universelle au traumatisme. Ces expériences l'ont mené à la création d'un ensemble d'exercices de libération de tension et de traumatisme appelés *Tension and Trauma Releasing Exercises(TRE).* Sa carrière universitaire comprend un diplôme en travail social (PhD), en travail social clinique (MA), en théologie (MA), ainsi qu'en études du Moyen-Orient (MA). L'objectif de sa thérapie est de trouver des moyens pour calmer le système nerveux avec l'aide de ce qu'il défine comme *Self Induced Therapeutic Tremors (SUTT)* pour un état de détente et repos parasympathiques profond. Sa méthode est basée sur une approche neurophysiologique intégrative qui utilise l' homéostasie pour décharger de façon mécanique la tension physique du corps.

Selon des études (citer), pratiquer le "shaking" en tant que protocole de mouvement au moins entre 5 et 15 minutes à la fois, permettrait d'activer le système nerveux parasympathique, ce qu'indique au corps de se détendre. Cette communication directe entre nos muscles, nos membres et notre système nerveux central permet de relâcher certaines tensions, tout en activant un sens de présence dans le corps.

Un autre outil que Berceli combine avec sa technique est la méditation de la pleine conscience pour réguler les émotions en augmentant le lien avec le corps et sa sensorialité. La pleine conscience encourage l'acceptation plutôt que l'évitement des expériences traumatiques et diminue la rumination sur des événements passés ou futurs qui peuvent épuiser notre énergie. Une première étude pilote qui mesure le stress chez 21 professionnels de la santé en Afrique du Sud, avant et après une utilisation de la méthode TRE pendant 8 semaines, montre les effets de cette méthode [19].

I.1.2.2 Exemple d'exploration sensorielle avec du shaking inspiré par la technique TRE

Tout d'abord, je me familiarise avec la pièce où je suis et la surface sur laquelle mon corps s'appuie, afin que mon système nerveux soit détendu et habitué à son environnemt. Je ferme les yeux et écoute les bruits autour de moi, du plus lointain au plus proche. Je touche les surfaces autour de moi, en insistant sur les textures. Une fois ce type d'exercice sensoriel fini, je commence par faire quelques exercices préparatoires tels que des étirements type yoga ou pilates pour fatiguer mes muscles. L'objectif est de privilégier un état de lacher- prise, pour l'étape suivante. Ensuite je m'allonge sur le dos, la plante des pieds jointe, les genoux pliés sur le côté. Je compte jusqu'au 150 pendant que je ramène mes genoux l'un vers l'autre et je maintiens la position. Je répète cette étape jusq'au quand mes genoux se touchent.

Petit à petit, je sens les muscles de ma cuisse se fatiguer. Pour Berceli, cette phase représente les shakes ou les tremblements. Au fur et à mesure que mes genoux s'approchent, les tremblements deviennent plus évidents et je peux les sentir remonter le long de mes jambes ou ma colonne vertébrale. Après vingt minutes, alors que mes genoux sont maintenant presque collés l'un à l'autre, je saccade le bas de mon corps presque d'une façon comique. Pour prolonger l'expérience, je m'allonge sur le dos et prends quelques minutes pour expirer bruyamment. Lorsque je me sens détendue,je m'asseoir sur mes talons. Je prends quelques respirations, puis je réfléchis à mon ressenti et à comment intégrer cette expérimentation dans mes recherches corporelles.

I.1.3 Renouvellement des approches chorégraphiques dans l'histoire de la danse

Dans son livre *Histoire de la danse*(1933) Curt Sachs parle de la danse comme le premier-né des arts :

> "La musique et la poésie s'écoulent dans le temps ; les arts plastiques et l'architecture modèlent l'espace. Mais la danse vit à la fois dans l'espace et le temps. Avant de confier ses émotions à la pierre, au verbe, au son, l'homme se sert de son propre corps pour organiser l'espace et pour rythmer le temps".

Pour prouver que la danse apporte une dimension sotériologique depuis toujours, il liste les danses à contre coups et les danses extatiques des peuples archaïques. Un siècle après ces observations, cette dimension thérapeutique des danses reste toujours d'actualité. Des méthodes d'éducation somatique développent autant de moyens pour dépasser nos dissonances cognitives et comprendre l'intelligence du corps. Cependant il est important de souligner que dans notre contexte, ce qui nous intéresse est la

façon dont ces méthodes ont pu accompagner les danseurs et praticiens en danse dans leur l'intention de renouveler les formes d'expression de cet art. L'histoire de la danse moderne et son renouvellement de formes à partir du début du 20e siècle, commence avec l'américaine Loïe Fuller et sa *Danse Serpentine*, faite de spirales et de volutes de voiles. Égérie de l'avant-garde artistique de la Belle Epoque, elle libère le corps et met en place les bases de l'abstraction en danse. Complémentaire à cette approche est la démarche mise en place par François Delsarte (1811-1871) professeur de chant qui développe entre 1840 et 1870 une théorie de l'expression fondée sur des correspondances entre geste et émotion. Par le biais du dramaturge américain Steele Mackaye, inscrit à ses cours à Paris, les danseurs des Etats Unis vont prendre connaissance du système mis en place par Delsarte, donnant place à un mouvement appelé *delsartisme* d'après le nom de son inventeur. L'influence de Delsartre va marquer tout une génération de danseurs modernes en Amérique tels Ruth Saint Denis(1879-1968) et Ted Shawn(1891-1972).

Quelques années plus tard c'est le tour de l'allemande Mary Wigmann de promouvoir la danse libre et de présenter sa *Danse de la Sorcière* ou *Hexentanz* en 1914. Selon Hubert Godard, il y avait dans sa démarche deux concepts-clé :

> "une travaillant l'imaginaire, l'autre le contraignant par une idéologie (le nazi), infléchissant l'organisation tonico-gravitaire qui anticipe et accompagne tout geste, toute attitude corporelle."

Ce courant international, initié entre autres par Isadora Duncan (1877-1927) influença de nombreux chorégraphes et marqua les débuts de la danse moderne. Le solo de danse de Wigman rompt avec la tradition classique par des gestes brusques, une posture au sol et des bras tendus. Avec l'accompagnement de percussions, son apparence de possédée convoque une dimension sensorielle de la danse, centrée sur une expérience de l'intimité et de connexion à soi. Tandis qu' à la même époque a Paris, l'ukrainien Vaslav Nijinski va plus loin dans le rapport a la sensorialité en simulant une masturbation pendant *L'après-midi d'un faune.*

Quelque décennies plus tard, Martha Graham développe une pédagogie basée sur l'opposition entre contraction et libération, avec l'aide des cycles de respiration. Considérée comme fondatrice de la danse contemporaine, son travail a inspiré les générations de chorégraphes de fin de XXéme siècle. Toujours dans les années 1940, Merce Cunningham et John Cage ont développé un concept radicalement nouveau en préparant la musique et la danse indépendamment, au sein d'une même performance. Ainsi les mouvements des danseurs ne sont plus liés aux rythmes, à l'humeur et à la structure de la musique. Chaque forme d'art existe de façon autonome dans un espace et un temps partagés. Dans une autre partie du monde, cette fois le Japon, Tatsumi Hijikata (1928-1986) et Kazuo Ōno (1906-2010) development la danse de butō nourris par les avant-gardes artistiques européennes comme l'expressionnisme allemand et le surréalisme. Née dans les années 1960, cette danse marque une rupture avec les arts vivants traditionnels du nô et du kabuki, en s'inspirant de bouddhisme et de croyances shintô. Les remous socio-politiques qui secouèrent le Japon à cette époque, notamment les événements tragiques d'Hiroshima et de Nagasaki de 1945, donnent forme à cette danse sensorielle basée sur l'introspection de ses protagonistes.

Une autre figure incontournable dans l'historie de la danse est Pina Bausch(1940-2009) danseuse et chorégraphe allemande. Fondatrice de la compagnie Tanztheater Wuppertal, elle rompt définitivement avec les formes de danse conventionnelles en introduisant le concept de danse-théâtre ou Tanztheater sur la scène allemande et internationale. Au début, des spectacles tel *Le Sacre du printemps*(1975) ont suscité de nombreuses critiques, avant de devenir une référence dans l'histoire de la danse postmoderne. Sur un sol recouvert de terre, danseurs et danseuses s'opposent, en se livrant à une lutte sauvage et poétique couverts de boue et de sueur. Cette lutte marque le sacrifice de l'élue, comme dans le rituel païen du chef-d'œuvre de Stravinsky. En allant jusqu'à l'épuisement, la danse se libère ainsi de son rapport à la représentation en développant de nouvelles normes esthétiques. Presque à la même époque, Carolyn Carlson, née le 7 mars 1943 à Oakland en Californie, danse pieds nus à l'Opéra Garnier à Paris et ouvre un laboratoire de recherche sur le mouvement en invitant des danseurs amateurs à rejoindre sa recherche. Tandis qu'Anne Teresa De Keersmaeker crée *Rosas danst Rosas* en 1983- pièce pour quatre danseuses et quatre mouvements, dont le titre donne le nom de sa compagnie. L'utilisation presque radicale de la musique de Steve Reich et Thierry De Mey, comme support premier de sa composition chorégraphique, ainsi que le recours aux motifs géométriques (cercles, courtes spirales, diagonales impeccables) comme base pour les mouvements, distinguent le travail de Keersmaeker des autres chorégraphes de sa génération.

Le travail sur une chaise, la répétition et l'épuisement du corps sont également des éléments clés de sa démarche. Quelques années plus tard, au contrepoids entre l'Amérique et l'Israël, Ohad Naharin renouvelle avec les traditions et les chants traditionnels juifs. Dans *Echad Mi Yodea*(1990), des danseurs assis sur des chaises, en train de trembler de façon répétitive évoquent des moments de dévotion dans une synagogue. Des

piles de vêtements jetés par terre peuvent renvoyer a des photographies de l'Holocauste. Des danseurs qui se déchaînent à travers la chorégraphie. Leur lutte pourrait être interprétée comme une résistance et un impasse suite à la construction d'Israël, mais aussi comme un dépassement de soi de l'artiste-créateur.

Le début du 21ème siècle continue cette tradition de la danse libérée de formes, de croisement de disciplines et des pratiques que cela soit chant, art martiaux, arts plastiques ou nouvelles technologies. Souvent lors des spectacles avec plusieurs danseurs sur le plateau, nous nous habituons à voir pousser les limites de la physicalité, sans oublier l'histoire de la danse et ses traditions, auxquelles la plupart des chorégraphes que je cite rendent hommage. Dans son chef d'œuvre *In Spite of Wishing and Wanting*(1999), Wim Vandekeybus imagine une performance sur le désir primordial et la tension entre le familier et l'étrange. Sur scène que des hommes. Leurs mouvements frôlent la férocité, la sauvagerie et la naïveté. Des séquences de danse envoûtantes sur une bande sonore sensuelle de David Byrne, donnent l'impression que les danseurs sont possédés par quelque chose ou quelqu'un. La peur et le désir de se transformer en quelque chose d'autre, représentent un thème central dans le travail de Vandekeybus.

Un autre projet qui traite du rapport que nous avons à la composition de la danse et la façon de la représenter est *Synchronous Objects for One Flat Thing*(2010). La collaboration entre William Forsythe et l'Ohio State University est basée sur le traitement des informations numériques, spatiales ou temporelles à partir de vidéos de l'œuvre de danse *One Flat Thing* de Forsythe ou des performeurs dansent sur et avec des tables. Leurs mouvements se synchronisent selon une série d' indices internes. Une fois la danse enregistrée sous différentes perspectives, les données ont servi pour créer d'autres médias, événements et objets. Par exemple, un objet synchrone développé par Ola Ahlqvist dans le département de géographie de l'Université d'Ohio, montre la densité du mouvement des danseurs. Cella prend la forme d'un paysage topographique avec des montagnes colorées représentant les endroits ou chacun passait la plupart de son temps lors de la danse.

Dans la même lignée, le spectacle *The Great Tammer*(2017) du chorégraphe grec Dimitris Papaioannou traite du rapport que les danseurs ont au corps, en s'inspirant de la sculpture et la peinture classique. Son travail a une forte composante plastique et repose sur une dilatation du temps. L'expérience qu'il propose aux spectateurs est sensorielle- des corps qui se démembrent pour se reconstituer en nouvelles images sur le plateau. Ce questionnement du corps est partagé, mais traité dans une approche différente par la chorégraphe brésilienne Lia Rodrigues. Ses créations transgressent plusieurs formes dont celle du rituel performée. Son spectacle *Furia*(2018) met en scène des moments extatiques en danse et des corps démembrés. Similaire au travail de Vandekeybus, nous pouvons croire les danseurs possédés. Leur présence convoque de l'émotion brute et transmet au spectateur une envie de partager la danse qui s'opère devant ses yeux.

I.1.3.1 Anna Halprin et son *taking part process*

Anna Halprin est une danseuse et chorégraphe américaine qui a beaucoup influencé la danse contemporaine. Dans sa pratique elle intègre des principes somatiques, en se focalisant sur des impulsions internes et un état de *grounding*(connexion) avec soi-même. Pour elle, il existe un phénomène d'interdépendance entre mouvement, sentiment et association interne du mouvement- vu comme représentation mentale. Son travail influencé par sa propre expérience du cancer, l'a amenée à créer avec des victimes de préjugés raciales, des personnes atteintes de maladies incurables comme le Sida et le cancer. Elle a intégré les principes de sa pédagogie lors des ateliers de danse à grande échelle, avec beaucoup de participants. Les dernières années de sa vie, elle cultive un lien entre la danse et la spiritualité. Dans un entretien avec Ilene A. Serlin[20], elle évoque sa première professeure de danse et l'impacte que cela a eu sur sa carrière :

> "Margareth 'Doubler was my true mentor, and she provided the best dance education I possibly could have had. She was a biologist by training, which gave her the foundation to approach dance from a different perspective than what was being taught by others as dance. She taught me to view dance from a scientific as well as philosophical and aesthetic point of view. She used to say,"Teach the objective principles of dance and this will enable your students to subjectify their experience." What she gave me was a great gift. She taught me to cultivate my own creative expression rather than imitate someone else's style."

Pour Halprin il y a une équivalence entre le fait d'être incorporé- *embodied*- et la spiritualité. Une des danses qu'elle avait mis en place c'est ce cycle de danses planétaires, ou plusieurs milliers de personnes dansent ensemble sur plusieurs continents :

> "I created *Circle the Earth* with a different approach because I want to make dance as accessible as possible to everyone. I want to create dances that anybody can do, and I want to return people to an awareness of movement that I believe is one of our most essential birthrights.(...)I think dance happens to be my particular language ; it always has been. Any medium can be anybody's language ; dance just happens to be mine. It's been a way that has pointed me to directions that I could not preconceive, and that's been the adventure. It was a risk- taking for me. You know, I didn't know I was going to be doing a dance about reclaiming a mountain.(...)This way of working is now called the expressive arts approach, although it wasn't called expressive art in those days. I was able to envision a kind of dance that had a purpose, a healing purpose, a societal purpose, an environmental purpose. I never considered myself a therapist, although I might be referred to as a therapist. I consider myself simply a dancer. I began to think of these dances I was making as rituals. I found that the word ritual enabled me to move more consciously into the realm of dancing for the people, dancing for change."

Cette danse a été d'abord performée un dimanche de Pâques, en pleine nature, sur une montagne où elle avait déjà l'habitude de danser. Halprin relate comment avec son groupe de participants, ils sont descendus du sommet de la montagne, après avoir accueilli le lever du soleil. Ils ont ensuite formé un cercle en dansant juste en dessous du sommet, pour pouvoir regarder dans les quatre directions. Chaque direction avait sa propre symbolique : le Sud est l'endroit d'où vient la vie, le Nord est l'endroit d'où vient la mort, et l'Ouest est l'endroit où va la lumière et l'Est est l'endroit d'où vient

la lumière. Après avoir fait cela, les danseurs partagent leur expérience, par petits groupes. En remémorant une de ses expériences de *Danse Planétaire*, Halprin évoque le souvenir d'un participant qu'elle connaissait, qui était en larmes, profondément ému après l'expérience. En écoutant son récit, elle a compris que son ami a eu une prise de conscience soudaine des aspects spirituels de sa vie. Souvent parmi les participants, la recherche de la spiritualité peut donner l'impression de quelque chose de spécial, d'inatteignable. Cependant son ami a trouvé un moment d'illumination en lien avec son travail. Il a pris conscience de la relation qu'il avait avec ses employés au restaurant, de la façon dont il traitait ses collègues, de la façon dont ils avaient l'habitude d' interagir et de coopérer. Pour lui, cette expérience d'appartenir à un groupe relevait de la spiritualité. L'élément principal dans l'approche de la danse d'Anna Halprin est son usage du mouvement naturel, intrinsèque au vécu quotidien du danseur. Ce type de mouvement structure l'expression et l'expérience de chaque corps. Dans son 'approche *Taking Part* Halprin parle de deux étapes :

— La première a lieu pour apprendre un langage commun à partir du corps, par l'usage des mouvements naturels. Les archétypes du corps reflètent et influencent les archétypes de la vie de chaque personne. Pour elle, le corps humain a des multiples dimensions : énergétique, physique, émotionnelle, mentale et spirituelle.

— La deuxième étape est un outil pour libérer la créativité collectivement pensée en lien avec les Cycles RSVP. Cette méthode de Cycles RSVP a été développée par son mari Lawrence Halprin dans les années 70 pour le projet Circle the Earth afin que chaque participant amène son vécu et histoire de vie dans le projet. Les Cycles RSVP se basent sur quatre principes : R parle de ressources (matériaux à disposition), S en anglais Scores représente les partitions comme celles de musique, V parle de de la valeur des actions (plus spécifiquement l'appréciation, le feedback et la valeur qui accompagne le processus de création), alors que P vient de Performance ou l'implémentation des partitions.

I.1.3.2 Deborah Hay is *playing awake*

Deborah Hay est danseuse, chorégraphe, écrivaine et enseignante. Son travail se concentre sur des projets de danse postmodernes impliquant des danseurs peu formés, sur un accompagnement musical fragmenté. Son style de danse est défini par des mouvements ordinaires, sous la forme des partitions. Hay est l'une des fondatrices du Judson Dance Theater- collectif de danseurs, compositeurs et artistes visuels qui se sont produits entre 1962 et 1964, à la Judson Memorial Church à Greenwich Village en Manhattan. Les artistes impliqués dans ce collectif sont reconnus pour avoir déconstruit la pratique et la théorie de la danse moderne. Sur son site, Hay décrit l'influence de ses débuts dans la compagnie de Merce Cunningham. Lors d'une tournée au Japon en 1964, elle rencontre le théâtre Noh et incorpore dans sa pratique l'extrême lenteur, le minimalisme et la suspension des mouvements dans sa chorégraphie post-Cunningham.En 1966, Hay et d'autres artistes travaillent avec les experts en informatique des Bell Labs, dans des performances collaboratives intitulées *9 Evenings : Theatre and Engineering.* Lors de cette collaboration, elle participe à la performance : *Studies in Perception 1* de Ken Knowlton et Leon Harmon. Une photo de Hay, nue allongée avec l'un de premiers ordinateurs de Bell, est alors imprimée dans le New York Times puis exposée lors de l'une des premières expositions d'art informatique - "The Machine as Seen at the End of the Mechanical Age" au Museum of Modern Art de New York à la fin de l'année 1968.

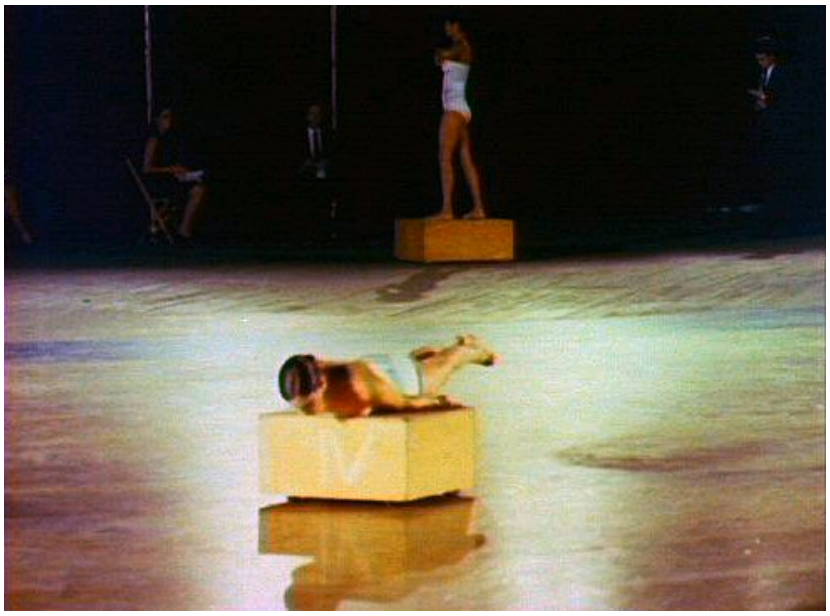


FIGURE I.1.2 – Deborah Hay, *Solo*. Source : archives vidéo de la Fondation Daniel Langlois pour l'art, la science et la technologie.

Son propre projet chorégraphique pour E.A.T. est la performance *Solo* présentée du 13 au 23 octobre 1966 à au 69th Regiment Armory.

Dans Solo, la chorégraphe américaine considère une distribution égale en temps et visibilité pour chaque élément de la performance. Les danseurs, les dispositifs technologiques, l'éclairage et la trame sonore ont le même rôle. Hay choisit le corps en marche comme motif de base, à partir duquel elle organise des séquences chorégraphiques simples appelés *moments*. Sur le plateau des danseurs et des plateformes mobiles, téléguidées par des interprètes assis à vue(sur le coté gauche du plateau). Chaque élément peut prendre une place passive ou active à l'intérieur de la performance. Ainsi les 16 danseurs déambulent à pied ou sont transportés sur les 8 plateformes téléguidées, qui à leur tour représentent des objets indépendants en mouvement ou des machines qui facilitent le déplacement des humains. Une série de consignes données aux interprètes (qu'il s'agit des danseurs ou des pilotes des plateformes) structurent la durée et la nature d'un moment dans la séquence chorégraphique globale.

Après ces projets collectives et son expérience avec les dispositifs technologiques, elle quitte New York pour s'installer dans une commune de Vermont, en 1970. Éloignée du monde de l'avant-garde artistique new-yorkaise, elle crée*Ten Circle Dances* (1971)- une pièce jouée dix soirs consécutifs sans public. Ses observations lors de cette période d'introspection l'aménagent à produire beaucoup de solos qui deviennent avec le temps, son mode de création privilégiée. Cette écriture prend une place fondamentale à l'intérieur de son processus de création et donne suite à des réflexions écrites sur la danse :

> "What my body can do is limited. This is not a bad thing because how I choreograph frees me from those limitations. Writing is then how I reframe and understand the body through my choreography."

Son premier livre, *Moving Through the Universe in Bare Feet*(1975), contient ses observations tirées de cette expérience. Puis en 1976, Hay déménage du Vermont à Austin, au Texas, où elle commence à développer un ensemble de pratiques chorégraphiques autour du concept intitulé *playing awake* ou *jeu éveillé* qui engageaient l'interprète à plusieurs

niveaux de perception à la fois. Cette méthode chorégraphique a été d'abord enseignée lors des ateliers pour d'interprètes et danseurs non formés, donnant suite à des performances publiques ultérieurement. Son deuxième livre, *Lamb at the Altar : The Story of a Dance*(1994), documente le processus créatif utilisé lors de cette période.Dans les années 1990, Hay se concentre presque exclusivement sur des danses solo, développées avec des principes de *playing awake*, sa méthode chorégraphique expérimentale. Ces œuvres comprennent *The Man Who Grew Common in Wisdom*(1989), *Voilà* (1995), *The Other Side of O*(1998), transmises ensuite à des interprètes renommés aux États-Unis, en Europe et en Australie.Son troisième livre *My Body, The Buddhist*, est publié par la suite à Wesleyan University Press en 2000. Ce livre contient ses réflexions sur le bouddhisme et les leçons qu'elle a apprises en portant une attention particulière à son corps pendant qu'elle dansait. Le concept de *mémoire cellulaire* est également décrit dans son livre. Dans sa thèse *Dance in the light of neuroscience : sharing the experience of Deborah Hay's performance : her work and reflections*, Gabriela Karolczak part du postulat que la danse est une expérience partagée entre un danseur et un spectateur, enracinée dans le mécanisme neurologique des neurones miroirs. Pour elle, les point d'interrogation en danse dont les neurosciences peuvent apporter des éléments de réponse, visent la validité écologique des expériences vécues. Le travail de Hay et la façon dont elle témoigne de ses observations empiriques à travers des décennies de pratique, transforment ses spectateurs en participants actifs à ses questionnements. D'ailleurs le credo artistique de Hay est défini de façon suivante :

> "Without it being my intention, dance has become a medium for the study and application of detachment. Actually, I prefer the term dis-attachment because it implies a more active role in letting go. The balance between loyalty and dis-attachment to that loyalty, sensually and choreographically, is how the practice of dance remains alive for me."- December 2010

I.1.4 Notations de danse

Comme l'affirme Violeta Salvatierra dans sa thèse, outre les pratiques somatiques et l'improvisation dansée, un troisième champ de ressources pour les savoirs gestuels de cette thèse, est celui de l'analyse du geste :

> "Également nommée"approche qualitative de l'analyse du mouvement" (j'utiliserai ces deux expressions indistinctement), l'analyse du geste a été développée par Hubert Godard, Odile Rouquet et d'autres danseur · ses en France depuis les années 1980, et partage des racines communes avec les techniques somatiques, dont elle se nourrit. Elle regroupe également des savoirs en biomécanique et en anatomie du mouvement humain, en relation avec des savoirs pédagogiques. Elle est historiquement reliée à la constitution de la discipline de l'analyse fonctionnelle du mouvement du corps dansé (dérivée de celle antérieurement connue sous l'appellation de"kinésiologie de la danse"), et travaille, comme les méthodes somatiques, avec lesquelles elle partage de nombreux enjeux, sur la plasticité sensorimotrice et sur la capacité de moduler les différents paramètres qui colorent la qualité expressive du geste."

Avant l'apparition du numérique, archiver la danse par écrit a été une manière de garder intacte le patrimoine culturel de chaque époque. Si le mouvement humain partage avec la musique les caractéristiques propres à cette dernière - hauteur, force,

durée, rythme- l'expression corporelle comporte en plus un aspect tridimensionnel particulièrement difficile à rendre en deux dimensions. Bien que la danse s'écrit et se lit sur des partitions depuis le Moyen ge, le XXe siècle a apporté de l'innovation dans ce domaine. Pour décrire la fluidité du mouvement, déterminer sa durée et sa dynamique dans l'espace, ainsi que les singularités de l'interprète, les chorégraphes et chercheurs ont recours à des systèmes de notation plus complexes. Ainsi les plus connus outils d'analyse et de transcription de la danse traduisent les mouvements de manière spécifique en utilisant des notations musicales et des silhouettes, des symboles abstraits, des lettres ou des abréviations. Leur objectif est d'améliorer et répertorier les performances dansées dans la culture occidentale.

I.1.4.1 La notation Laban

Le système de notation Laban, appelé aussi la cinétographie Laban, est un système d'écriture et d'analyse du mouvement du corps humain publié en 1928 par le chorégraphe et pédagogue hongrois Rudolf Laban. Selon Goddard, "l'impuissance à saisir par notre organisation linguistique le sens profond du mouvement" a amenée Laban vers la mise au point de son système de notation. Sous le nom de Laban Movement Analysis, il développera ultérieurement *la choreutique* ou harmonie du corps dans l'espace et *l'eukinétique* ou étude de la dynamique du mouvement. Ces principes opposent pour Goddard "pensée motrice et pensée en mots".Les principaux symboles de ce système sont les signes de direction avec leur durée et orientation, classifiés en formes et motifs pour déterminer la partie du corps concernée par le mouvement. Le placement des signes sur la portée donne une simultanéité des mouvements (lecture horizontale) et une succession (lecture verticale). Les distances, les relations avec des partenaires ou avec des objets, les micro-mouvements ou encore le dessin des déplacements au sol sont indiqués par des signes spécifiques. Laban définit également *la kinésphère* comme un espace imaginaire personnel placé autour d'une personne et accessible directement via ses membres tendus dans toutes les directions, jusqu'au bout des doigts et des pieds. Dans une kinésphère, les changements de forme peuvent être statiques- comme les changements de posture ou dynamiques- comme la manière dont le corps évolue activement d'un point à un autre dans l'espace. Ce concept clé dans l'analyse du mouvement est étroitement lié à la qualité du mouvement, définie en lien avec la notion de qualité de la forme dans une chorégraphie.

I.1.4.2 La notation Benesh

Apparu à Londres en 1955 sous le nom de Benesh Movement Notation, ce système de notation a été créé par Rudolf Benesh, musicien et mathématicien. Ainsi l'objectif de la notation Benesh est de codifier de façon concise par l'écriture, tous les mouvements possibles du corps humain - à la manière d'une partition de musique. Autre que l'analyse de mouvement chorégraphique, cette notation sera utilisée conjointement dans le domaine de l'ergonomie, de la médecine et de l'anthropologie de la danse. Entre autres, la notation Banesh fait partie d'un projet pilote réalisé avec le Centro di Educazione Motoria de Florence en 1967. Cela permet d'analyser les déficiences musculaires et contribue au traitement des enfants souffrant de paralysie cérébrale. Des physiothérapeutes basés en Suède et au Japon étudieront également le potentiel de la notation comme outil d'observation clinique et d'analyse pour le suivi des patients. Cependant la notation Benesh est principalement utilisée aujourd'hui comme outil d'enregistre-

ment des créations chorégraphiques. La maîtrise de la grammaire pour l'analyse du mouvement est claire et simple : lu de haut en bas, les cinq lignes du cadre de notation coïncident avec les positions de la tête, des épaules, de la taille, des genoux et des pieds.

I.1.4.3 La notation Eshkol-Wachman

La notation de mouvement Eshkol-Wachman est un système d'enregistrement de mouvement développé en Israël par la chorégraphe Noa Eshkol et l'architecte Abraham Wachman. Apparu en 1958, ce système a été créé pour la danse, afin de permettre aux chorégraphes et aux danseurs de reconstituer tout type de mouvement de danse contemporaine dans son intégralité. En comparaison avec la plupart des systèmes de notation et analyse de mouvement, Eshkol-Wachman est destinée à noter n'importe quel type de mouvement- sur papier ainsi que sur l'ordinateur. Grâce à cela, il est utilisé dans de nombreux domaines, notamment la danse, la médecine ou l'éthologie. Des observations psychomotrices, cognitives et socio-émotionnelles en lien avec l'apprentissage de ce système, ont encouragé les chercheurs à mettre en place des études pilote quant à leur impact sur des phénomènes de coordination de mouvement [21] qui pourraient servir comme moyen de détection des formes d'autisme. Selon son fondateur, Noa Eshkol ce système est également un outil d'apprentissage qui peut aider les gens à regarder differement le mouvement :

> "Eshkol-Wachman Movement Notation is a thinking tool that can teach people the art of observation, i.e. encourage them to aspire for the ultimate level of seeing. It does so by organizing the 'material' known as movements of the human body in relatively simple categories, thereby allowing us an insight (in-sight) into the complexity of this phenomenon as a whole."

Ainsi, dans la notation Eshkol-Wachman le corps est divisé en articulations où chaque paire d'articulations définit un segment de ligne. Chaque système articulé des axes tient compte des relations spatiales et des changements de relations entre les parties du corps. Le résultat est un processus analytique, entre le corps, l'espace et le temps dans un référentiel sphérique où les directions et les trajectoires de chaque partie du corps sont répertoriées. Quand une extrémité d'un segment de ligne est maintenue dans une position fixe, ce point est le centre de la sphère dont le rayon est la longueur du segment de ligne. Les positions de l'extrémité libre sont définies comme deux valeurs de coordonnées sur la surface de cette sphère, analogues à la latitude et à la longitude d'un globe mais écrites sous la forme des fractions avec le nombre vertical écrit au-dessus du nombre horizontal.

Conclusion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed eget erat tortor. Mauris iaculis congue nibh ac sollicitudin. Aliquam aliquam velit eu aliquet tincidunt. Vestibulum lacus ipsum, feugiat at feugiat id, auctor quis nisl. Maecenas ultricies sagittis convallis. Curabitur at velit ut odio condimentum fringilla. Ut consequat eget arcu vitae pharetra. Pellentesque quam quam, luctus at ipsum non, accumsan ultrices ipsum. Integer dictum, leo et ornare viverra, enim massa tristique est, aliquam porta odio arcu non lectus. Maecenas posuere, ante sed congue blandit, nisi quam aliquet enim, in vehicula eros metus vitae quam. Nam lacinia malesuada lorem, at mattis risus mattis interdum. Nullam ac sapien nec quam ultrices dictum vitae eu erat. Curabitur a leo

a lorem mollis volutpat. Duis volutpat porta nulla in convallis. Mauris sed accumsan nisl, ac efficitur nisl.

Chapitre I.2

Conscience du corps dans la robotique

Affective schemas remain unconscious when not matched with accommodation. J. Piaget

L'interprétation que ce travail donne au concept de CA est pensée en lien avec des réflexions éthiques sur l'avènement de la technologie. Puisque des disciplines tels la psychologie, la neurologie et les neurosciences ou la philosophie, n'arrivent pas à se mettre d'accord sur ce que le terme "conscience" humaine désigne, imaginer son équivalent artificiel reste ici une simple projection artistique. Cependant les artefacts qui la contiennent, leur spécificité et capacités sont des paramètres que j'ai pu étudier de prêt, en mettant en avant leur degré d'intelligence et d'adaptation. Je souligne cependant que ces termes, selon le domaine où elles opèrent, ont des significations spécifiques. Notre étude est pensée comme un exercice d'imagination et de spéculation. Son cible ce sont les robots comme dispositif technologique qui fascine. Bien qu'ils sont le sujet des investissements économiques actuelles, les robots ne sont pas accessibles à grande échelle. Pour ouvrir le débat, prenons le cas de l'ordinateur comme exemple d'artefact auquel nous interagissons le plus. Il a été construit grâce à des modélisation mathématiques d'opérations logiques de calcul. Sa puissance de calcul est impressionnante, mais il n'est pas capable d'une intelligence propre :

> "The computer is a machine for manipulating symbols. The world is not symbols ; we turn the world into symbols for the computer. Humans are the analog to digital interface between the world and the internet. The world remains outside the computer and outside the symbolic, but under the hegemony of the digital, the conflation of the products of computing with the world, bizarrely, goes unremarked." Simon Penny, Making Sense

Parmi ses avantages, est grande capacité d'analyse de données et son potentiel de interconnexion le rendent indispensable. En contrepoids, l'accumulation continuelle des données, identifiée sous le nom de "big data", pose de plus en plus des problèmes d'analyse. Rajouter à cela le fait qu'aucune machine n'est capable d'interpréter des données sans l'aide de l'humain qui configure en amont les critères de l'analyse. Même pour un informaticien, la phase où l'algorithme apprend puis s'entraîne pour s'améliorer, reste opaque. Nous assistons à des comportements et phénomènes cryptiques de la machine et leur effet sur la compréhension de l'humain. Nous composons avec cette réalité partielle. Selon le degré de maîtrise ou les compétences, nous sommes capables d'expliquer plus ou moins un effet ou un comportement en lien avec ces dispositifs technologiques.

Par cette thèse, mon but est d'interroger la façon dont les robots influencent des

nouvelles formes d'expressivité corporelle dans une performance. J'accorde une grande importance aux accidents qui surgissent dans ce type d'interaction, en les utilisant comme catalyseurs pour mon inspiration artistique.

I.2.1 L'approche cognitiviste

Dans les années 1990, Varela, Thompson et Rosch écrivent *The Embodied Mind-Cognitive Science and Human Experience* pour faire un état de lieu et proposer des directions pour les sciences cognitives. Plus précisément, ils analysent la façon dont le cerveau, le corps et l'environnement sont intégrés dans la cognition. Ils lient l'avènement des sciences cognitives à la cybernétique, en lui associant plusieurs découvertes. Parmi celles qui ont le plus impacté l'évolution des sciences cognitives, je liste :

— l'utilisation de la logique mathématique pour modéliser le système nerveux en neurosciences

— l'utilisation des algorithmes pour définir une IA en informatique

Plus tard, cela a également contribué à la mise en pratique de la théorie des systèmes en ingénierie, à la théorie du contrôle en robotique et aux premiers exemples de systèmes artificielles auto-organisés, et ainsi de suite.

Les approches et directions restent différentes selon le modèle théorique qu'elles utilisent comme point d'origine. Lors des dernières décennies, les sciences cognitives ont suscité beaucoup de débats entre les prises de position fonctionnelles des neurobiologistes(qui ignorent le rôle du corps), les phénoménologues et philosophes qui visent un vécu expérientiel. Dans les années à venir, l'impact des théories en lien avec la cognition sur d'autres domaines de connaissance, reste non-négligeable.Pour témoigner de la difficulté d'employer les termes qui concernent ce chapitre, et les appartenances que chaque champ révendique, nous nous appuyons sur le point de vue de l'artiste Simon Penny. Dans son anthologie *Making sense : cognition, computing, art and embodiment*, Penny énumère les quelques termes que je vais utiliser lors de cet état d'art, avec la polémique qui les entoure :

> "(...) the autopoietic conception of cognition is incompatible with the cognitivist conception (which is derived from Anglo-American analytic philosophy, though analytic philosophers have accused cognitivists of being a bit sloppy). Continental philosophers (phenomenologists) draw distinctions differently. When Lakoff and Johnson talk about the cognitive unconscious, their conceptions of the conscious and unconscious diverge from Freudian ideas. One reason for this confusion of terminology is precisely the condition of the paradigm shift itself. Neologisms (some of them clunky) and borrowings from other languages abound because existing language is built around dualist concepts. New language is needed. Maturana and Varela coine autopoiesis. Gibson invented affordance. Likewise umwelt and enactivim and other terms are now part of a new vocabulary."(Penny Making sense P. 195)

De cette manière, selon l'école qui la révendique, la cognition et ses proprietés sont sujet à des multiples points de vue et des oppositions.

I.2.1.1 Le cognitivisme

Les préoccupations actuelles de scientifiques visent un renouvellement avec la vision traditionnelle du cognitivisme. Ce courant a été fondé autour de représentations et calculs mentaux, dans les années 1950. Ses principes ont été promus entre outre par les recherches de l'epistemologiste suisse Jean Piaget (1896-1980) sur la biologie du développement des enfants.

Les découvertes de Piaget ont à leur tour influencée le constructivisme qui place l'expérience au coeur de l'acquisition des savoirs. Des modèles théoriques et pratiques inspirés par le cognitivisme, placent les mécanismes de construction active des savoirs au centre de leur préoccupation. A son tour, le cognitivisme hérite des approchés précédentes - la préoccupation pour le comportement(à la place des processus internes de cerveau), comme processus d'acquisition de savoirs. Un des objectifs du cognitivisme est de démontrer comment les états intentionnels qui ont des propriétés causales (ie. désirs, intentions), sont physiquement possibles et capables d'induire un comportement. Pour expliquer cela, Valera utilise la notion de *calcul symbolique* où les calculs sont définis comme opérations sur des symboles qui respectent ou sont contraints par des valeurs sémantiques. Cependant il souligne combien c'est important de se rappeller qu'un ordinateur fonctionne seulement sur la forme physique des symboles qu'il calcule, pusiqu'il n'a pas accès à leur valeur sémantique. Avec le temps, l'idée que la logique ne suffit pas pour simuler et comprendre le fonctionnement du cerveau a fait émerger de points de vue contradictoires sur le cognitivisme. Pour Varela :

> "The central intuition behind cognitivism is that intelligence—human intelligence included—so resembles computation in its essential characteristics that cognition can actually be defined as computations of symbolic representations. Clearly this orientation could not have emerged without the basis laid during the previous decade. The main difference was that one of the many original, tentative ideas was now promoted to a full-blown hypothesis, with a strong desire to set its boundaries apart from its broader, exploratory, and interdisciplinary roots, where the social and biological sciences figured preeminently with all their multifarious complexity." (Varela P. 40)

Pas loin du début du XXe siècle, entre un vision matérialiste du monde et son contrepoids marqué par le dualisme corps-esprit, des philosophes tels Raymond Ruyer[22] ou Henri Bergson[23] expliquent l'activité cognitive par la réalité physiologique du cerveau et son lien avec le corps. Ainsi Ruyer affirme que "c'est du cerveau réel, de sa subjectivité, que naissent les sensations", alors que pour Bergson le cerveau est un instrument en relation avec le corps[24] dont le mouvement est compris grâce à sa mécanique. Ruyer contredit cette vision, en soulignant le fait que le cerveau, comme siège de la conscience, a d'abord un fonctionnement sensoriel :

> "(...)le cerveau est le lieu de l'organisme par où passent les circuits externes, la fabrication des outils et des machines, la création des oeuvres d'art, des institutions sociales, l'organisation et l'entretien de tous les produits de la culture. Le cerveau est en nous comme une partie embryonnaire conservée. (...) Le *je* psychologique et cortical est le résultat d'un devenir mais second car il côtoie l'organique de sa mémoire corporelle. Cette coexistence est une intégration plutot qu'un emboîtement, car l'activité de la conscience ne peut être séparée de son tissu vivant, se définissant ainsi comme une conscience sensorielle." [24, p. 10]

Je rapproche ces observations à ce que des chercheurs en neuroscience on découvert quelques décennies plus tard, quand *l'intégration* de Ruyer dévient l'enactement chez Varela et les autres.

Dans le contexte spécifique de cette thèse en arts, une *conscience du corps* et son vécu immanent, contiennent un savoir non-réfléchi et involontaire qui peut se cultiver par des pratiques somatiques et d'éveil corporel. Ma démarche est d'attribuer au mouvement une place primordiale dans la constitution de l'être et de sa sensibilité artistique.

I.2.1.2 La théorie 4E de la cognition

J'ai choisi de présenter le concept de cognition sous l'angle d'une théorie actuelle - *The 4E Cognition Theory* dont les débats se concentrent sur le lieu où se trouve la cognition et son lien avec la perception et l'action. Cette "théorie 4E de la cognition" défend l'hypothèse que la cognition est plus qu'un modèle cartésien d'opération dans le cerveau. L'idée que le cerveau est similaire à un ordinateur, met en avant des phénomènes cognitifs entièrement déterminés par leur rôle fonctionnel. Cependant ici les phénomènes cognitifs sont étudiés en lien avec leur environnement. Des processus comme les détails biologiques et physiologiques du corps d'un agent, définies comme des processus extra-crâniens, sont analysés en lien avec son environnement naturel actif.

Ses caractéristiques principales se déclinent en quatre types de cognition :

— la cognition incarnée ou incorporée (ie. *embodied cognition*)

— la cognition ancrée (ie. *embedded cognition*)

— la cognition énactée (ie. *enacted cognition*)

— et la cognition étendue (ie. *extended cognition*)

Une des prémisses qui nous intéressent désigne l'activité perceptive-motrice comme constitutive pour la cognition[25]. Cela donne suite à deux hypothèses d'analyse :

— l'hypothèse forte, selon laquelle les processus cognitifs sont essentiellement produites lors des processus extra-crâniens ;

— l'hypothèse faible, pour laquelle ces processus sont seulement à moitié résultats de l'activité extra-crânienne.

Pour le contexte de cette thèse, ces processus extra-crâniens déterminent ce que j'ai défini dans le précédent chapitre comme **intelligence du corps**. Puisque nous avons vu que la perception résulte de l'interaction entre le corps et l'environnemt, une autre classification fait la différence entre les deux de la manière suivante :

— corporels (résultat de la dichotomie cerveau-corps)

— extracorporels (impliquant un couplage cerveau-corps-environnement).

Si l'approche traditionnelle de la cognition se concentre sur la compréhension rationnelle des processus neuronaux, la théorie de la cognition 4E vise l'observation et la compréhension instinctive d'une action incarnée dans le corps. Cela implique une nouvelle vision où phénomènes cognitifs sont étudiés sous un angle physiologique, suivant les observations empiriques de plusieurs domaines connexes.

Par exemple, la propriété de la cognition d'être incorporée signifie être causalement dépendante de processus extracorporels qui ont lieu dans l'environnement.

Alors que l'enaction[143] ou **enactivism**, est définie par le neurologue Francesco Varela comme une forme de cognition issue de l' intéraction dynamique avec l'environment, résultat de l'exercice actif des processus sensori-moteurs de cet organisme :

> "(...)this domain does not exist « out there » in an environment that acts as a landing pad for organisms that somehow drop or parachute into the world. Instead, living beings and their environments stand in relation to each other through mutual specification or codetermination." The embodied mind : Cognitive science and human experience(p. 198)

Dans son introduction au livre dédié à cette théorie 4E[128], le philosophe Richard Menary propose une vision d'ensemble pour intégrer les éventuelles contradictions quant aux propretés de la cognition. Pour lui, les systèmes cognitifs sont le résultat des fonctions neuronales et corporelles en lien avec les représentation mentales. Le caractère hétérogène de la théorie 4E devient ainsi une valorisation de multiples perspectives sur le sujet.

A son tour, l'artiste et chercheur Simon Penny relie l'expérience du corps à celle de la cognition etendue :

> "Cognition is held not to occur (exclusively) in the head or necessarily in some immaterial space of logical manipulation of symbolic tokens. These approaches propose, in different ways, that cognition is embodied ; integrated with non-neural bodily tissues ; or extended into artifacts, the designed environment,social systems, and cultural networks." Simon Penny, Making Sense

Bien que l'intuition de Penny vise seulement une des caractéristique de cette théorie, il me semble que les autres trois sont tout autant valables. Les désaccords entre les comportementalistes et les cognitivistes quant aux propriétés de cette théorie de la cognition 4E et son influence sur d'autres domaines, la situent au cœur des préoccupation actuelles en neurosciences. **En ce que nous concerne, nous devons clarifier le lien entre la cognition défnie selon la théorie 4E, la danse et la robotique.** Nous allons voir dans les prochaines pages comment la robotique s'inspire de cette théorie. Reste à voir dans quelle mesure la danse, ou l'art en général, se reposent également sur ses principes.

I.2.1.3 La boucle perception-action-cognition

Selon cette hypothèse théorique, la cognition est le résultat du couplage entre la perception et l'action d'un sujet sur son environnemt. Les chercheurs Chris D. Frith et Thomas Metzinger[26] avancent l'idée que la conscience, en tant qu'expérience subjective et auto-reflexive, détermine les comportements. Ils remarquent que du point de vue de la théorie de l'évolution, la présence de la conscience, détectée chez certains animaux et humains facilite une meilleure intégration et maîtrise de son environnemt. De cette manière, la relation perception-action-cognition devient le cadre d'exploration idéal pour les expériences subjectives :

> "conscious experience could then be a single, generative model of reality including a mode of the self as currently acting, perceiving, and thinking." (friston, p.194)

Dans le livre *4E Cognition : Historical Roots, Key Concepts, and Central Issues* (2018), Albert Newen, Shaun Gallagher, and Leon De Bruin intérrogent la place des *répresentations* dans l'incorporation ou comment le couplage entre cerveau, corps et environnement est interprété par la cognition. Le chapitre *Brain–Body–Environment Coupling and Basic Sensory* explore le concept *d'intentionnalité* comme caractéristique de la conscience. Ainsi, selon l'hypothèse pour laquelle la perception est orientée vers l'action, l'intentionnalité motrice dévient un des facteurs clé :

> "The notion that perception is action-oriented leads to a consideration of a very basic motor intentionality —a concept that derives from phenomenology (e.g., Merleau-Ponty 2012), but that can also be found in pragmatists such as John Dewey. As Robert Brandom notes, citing Dewey, *the most fundamental kind of intentionality (in the sense of directedness toward objects) is the practical involvement with objects exhibited by a sentient creature dealing skillfully with its world*(2008, p. 178). This captures a form of intentionality that is built into skillful bodily movement in tandem with environmental demands."

Pour moi, ce genre d'intentionnalité qui n'est pas le résultat d'un processus mental, mais de l'acquisition d'une maîtrise est aussi représentatif pour le geste dansé, tout comme pour les robots qui exécutent des taches répétitives avec précision . Nous avons vu plus haut comment la notion d'incarnation, telle qu'elle est définie dans la théorie 4E, nécessite un couplage complexe entre cerveau, corps et environnement. D'une façon analogue, ce couplage est aussi la base de tout système robotique où les processus de computation internes se font en lien direct avec l'environnement.

La théorie 4E de la cognition semble aujourd'hui la plus récente tentative de structurer les approches et renouveler les avancées théoriques du début de XXe siècle. C'est tout autant intéressant de remarquer comment ces nouveaux paradigmes et concepts ont facilité l'apparition des nouvelles disciplines comme :

— la philosophie de l'esprit, en anglais *philosophy of mind*, dont la question centrale est la relation entre corps, esprit et leur ancrage dans l'environnement,

— la philosophie des sciences, en anglais *philosophy of mind*, qui étudie la nature même de l'activité scientifique et ses spécificités,

— l'épistémologie, du grec *épistemos* qui veut dire science et *logos* qui veut dire discours, dont l'objet est l'analyse critique d'une science en particulier, du point de vue de son évolution, sa valeur, et sa portée scientifique et philosophique.

Ces débats sur la cognition ont aussi contribué à l'avènement des sous-disciplines connexes, tels **les études sur la conscience**, dont les dilemmes l'ont suivi de prêt.

I.2.2 Définitions de la conscience

Avant de comprendre ce qu'est la conscience artificielle, nous nous interrogeons sur les caractéristiques de la conscience humaine. Souvent nous disons qu'un organisme vivant est **conscient lorsqu'il est éveillé**. Quelle sera alors le qualificatif pour les robots ou d'autres types d'organismes artificiels ?

Des propriétés tels : calcul mental, apprentissage et mémoire arrivent à mieux définir l'intelligence humaine. Néanmoins chacun a son propre ressenti concernant sa conscience, du moins pour les organismes vivants intelligents. L'expérience subjective immédiate ou la *qualia* est ce qui détermine cette expérience de conscience. En parallèle avec l'intelligence, des processus comme la perception et la motricité sensorielle, la capacité de prédire l'environnement ou de témoigner des comportements complexes, structurent notre imaginaire autour de cette expérience. Étant donné l'imprécision des facteurs subjetctifs à prouver leur objectivité, suivie par la multiplicité des points de vue selon les disciplines qui adressent cette question, il semble peu probable que nous allons identifier la bonne définition de la conscience dans notre étude. Ce qui m'intéresse plutôt, est de comprendre dans quelle mesure le matérialisme et le pragmatisme,

trouvent un écho dans la vision artistique que nous proposons. Cet exercice prend appui sur plusieurs concepts propres à chaque vision (matérialisme versus dualisme) dans une tentative de les homogénéiser.

Puisque les débats sur la conscience, comme ceux sur la cognition se heurtent toujours à des questions de définition, nous allons tenter définir ce terme selon différentes courants de pensée. La plus pertinente, pour notre contexte, est la vision neuroscientifique du terme, puisqu'elle peut clarifier les enjeux en art et en robotique à la fois.

Pour cela nous nous appuyons sur la littérature[27]. Selon les critères que les chercheurs emploient, il existent différentes propriétés de la conscience.

La conscience et ses propretés

Un premier critère est celui du niveau de conscience, propre aux créatures vivantes-ce niveau varie entre plusieurs étapes parmi lesquelles les états végétatifs, les états de sommeil sans rêve et l'état d'éveil conscient vif.

Le deuxième se concentre sur le contenu de la conscience ou ce que cela veut dire d'avoir une connaissance *auto-réflexive* de son propre état mental. Pour les créatures vivantes, il existe des sortes de "stimuli auto-référentiels"[28] - propres au fait de suivre son reflet dans le miroir. Évidement qu'à l'heure actuelle, ce phénomène n'est implémenté dans les machines. Vanhaudenhuyse propose une schéma qui détaille la corrélation entre le niveau d'éveil et la conscience de soi et de l'environnement. **rajout schema**

Ainsi nous apprenons qu'il existe des variations entre l'état végetatif(propre aux patients réveillés d'une coma sans état de conscience détectée) caractérisé par des mouvements réflexes, et l'état de minimal de conscience où le patient est capable de comportements incohérents mais reproductibles et soutenus. Dans cet état minimal de conscience, un patient peut manifester des signes clairs de conscience de son environnement et de soi-même. Le même étude fait la distinction entre la conscience et la conscience de soi, en listant les propriétés de la conscience de soi :

> "la conscience qu'il existe d'autres consciences que la nôtre ; notre capacité de répondre adéquatement à des stimuli de l'environnement ; notre aptitude à reconnaître notre corps comme étant le nôtre ; la métaconscience, nous permettent de comprendre nos comportements et ceux des autres en terme de désirs et croyances ; la connaissance que nous avons de nous-mêmes comme le narrateur de notre propre vie." (paper vanhaudenhuyse p.529)

Lorsque identifiés grâce à la neuro-imagerie fonctionnelle, les processus auto-référentiels semblent présents seulement lors des états d'éveil actif. Dans la même mesure, lors des états de conscience altérés dont l'évolution n'est pas linéaire, le rapport à l'environnement est déterminant. Le chercheur Tom Ziemke, professeur en cognitive system spécialiste dans la recherche de formes incarnées de conscience ou en anglais *embodied cognition* parle de la relation entre l'IA incarnée dans des dispositifs physiques et la biologie synthétique. Selon lui, un programme qui assure une relation entre le robot et son environnement via des capteurs et actionneurs, représente une forme d'IA incarnée. Son travail, inspiré par F.J. Varela, lie l'intelligence à l'état **d'autopoiese** comme façon d'organiser la vie. Ziemke se demande si la conscience est essentiellement liée au domaine du vivant, ou **si tout système autonome auto-référentiel est capable d'une forme de conscience**. **Je me demander alors quelle analogie appliquer à notre étude de cas. Des robots sauvages ou des robots en transe, pourront mieux témoigner d'un état proche de qualia ?** Le papier[27, p. 195] liste également des propriétés de la conscience : avoir un contenu phénoménal spécifique,

être en contact direct avec la réalité et pas ses représentations, être instantanée. La conscience dévient alors un aspect direct et privé de la vie mentale de chacun, puisque cela nous est impossible de faire l'expérience d'une autre conscience que la nôtre. Nous pouvons faire cependant l'expérience d'une subjectivité, en écoutant le ressenti d'une autre personne, lors d'un spectacle de danse par exemple.

A l'inverse, il existe un autre type de classification selon la nature phénoménologique de la conscience et son accessibilité. Le philosophe Ned Block, différencie la *conscience phénoménologique*- comment une certaine expérience est perçue par le sujet- de celle définie comme *conscience d'accès*-disponible pour des processus cognitif comme le langage. Il décrit les deux de la façon suivante :

> "Phenomenal consciousness is experience ; the phenomenally conscious aspect of a state is what it is like to be in that state. The mark of access-consciousness, by contrast, is availability for use in reasoning and rationally guiding speech and action." (citer Block)

Ainsi la conscience phénoménale résulte d'expériences sensorielles et de notre perception mélangeant de sensations comme l'ouïe ou l'odorat, des sensations type douleur ou perceptions type proprioception, ainsi que des émotions tel la peur, parmi autres. A l'opposée, la conscience d'accès est disponible pour une utilisation dans le raisonnement et pour le contrôle conscient direct de l'action et de la parole. Des exemples de conscience d'accès sont les pensées, les croyances et les désirs. Pour Block, la *rapportabilité*, qu'il définit comme propriété de la conscience d'accès, a une grande importance pratique. Selon lui, la conscience d'accès doit être *représentative* car seul un contenu représentatif peut produire du raisonnement.

Une conséquence directe de cette classification de Block, est le fait de considérer l'esprit comme résultant de processus fondamentalement logiques et ainsi *modélisable* d'un point de vue algorithmique. Cette vision computationnelle de l'esprit, implique également que **la conscience peut être modélisée par un programme informatique**.En regardant de plus prés, ce que Block décrit comme conscience phénoménale ne suppose pas une catégorie distincte d'états conscients. Comme mentionné ci-dessus, il estime que la conscience phénoménale et la conscience d'accès interagissent normalement, mais il est possible d'avoir une conscience d'accès sans conscience phénoménale. Cette position rejoint celle du philosophe américain Daniel Dennet[29] pour qui **les zombies** sont possibles en tant qu'androïdes. De plus, ils sont, de point de vue informatique, identiques à une personne- pourrait exister tout en n'ayant aucune conscience phénoménale. Cependant à la différence de Dannet, Block affirme qu'il existe des expériences conscientes difficilement traduisibles par des algorithmes. Pour lui, l'existence de ces expériences relève "du problème difficile" de la conscience, dont nous allons détailler plus bas les enjeux.

La théorie de l'identité esprit-cerveau Parmi les théories des sciences cognitives qui identifient les états psychologiques à des processus neurophysiologiques, *la théorie de l'identité esprit-cerveau* est apparue dans les années 1960. Pour les partisans de cette hypothèse, les états mentaux et les états du cerveau sont numériquement identiques. L'idée que les pensées et notre esprit résident exclusivement dans des processus neurophysiologiques étant une perspective naturaliste, les neurosciences permettent de comprendre en quoi certaines structures et certains processus neurophysiologiques du cerveau, peuvent être prédictibles par des machines.

Cependant, nous savons aujourd'hui que les phénomènes mentaux sont multiples. Chaque individu les traduit différemment dans sa personnalité. Nos perceptions, sensa-

tions, désirs et croyances sont influencés par notre contexte socio-culturel. Pour les anticiper par des prédictions, les scientifiques doivent faire appel à plusieurs méthodes et théories expérimentales. Un courant dérivé de cette théorie de l'identité esprit-cerveau est *l'instrumentalisme*, mis en place par Daniel Dannett. Cette théorie considère les modèles scientifiques comme des instruments, nous permettant d'analyser et modéliser les phénomènes pour ensuite les devancer par des prédictions. Le point de vue de Dennet, concernant le libre arbitre et la conscience, ont suscité beaucoup de controverses. Dans son livre le plus connu, *Consciousness Explained* (1991), il explique comment la conscience est le résultat des processus cognitives et physiologiques dans le cerveau. Il évoque une analogie de la conscience similaire à un article académique coécrit par une poignée de scientifiques[29]. Par cela, il explique comment plusieurs processus mentaux peuvent exister simultanément dans le cerveau, sans forcément se connaître l'un l'autre. Ce principe correspond à un état où plusieurs brouillons coexistent simultanément et indépendamment de chaque contribution- attestant l'existence du papier principal. En extrapolant ces principes au terme de conscience, il nie cependant l'existence de *qualia*, en tant qu'expérience subjective directe et personnelle.

En contrepoids, des philosophes comme John Searle considèrent qu'il y a quelque chose de fondamental dans l'expérience subjective. Cette dimension ne peut pas être capturée par les programmes informatiques conventionnels[30]. Dans une de leurs correspondances, Searle réponds à Dennet de la façon suivante :

> "To make explicit the differences between conscious events and, for example, mountains and molecules, I said consciousness has a first-person or subjective ontology. By that I mean that conscious states only exist when experienced by a subject and they exist only from the first-person point of view of that subject. Such events are the data which a theory of consciousness is supposed to explain. In my account of consciousness I start with the data ; Dennett denies the existence of the data. To put it as clearly as I can : in his book, Consciousness Explained, Dennett denies the existence of consciousness. He continues to use the word, but he means something different by it. For him, it refers only to third-person phenomena, not to the first-person conscious feelings and experiences we all have. For Dennett there is no difference between us humans and complex zombies who lack any inner feelings, because we are all just complex zombies."

Un des arguments le plus fameux que Searle avance dans leur débat est celui appelé *the Chinese Room Argument*, où une personne enfermée dans une chambre communique avec l'extérieur via des messages écrites en chinois, sans comprendre les symboles du dictionnaire mis à sa disposition. Ce fonctionnement est similaire aux algorithmes de traduction qui exécutent des équivalences entre des mots, sans saisir leur sens.

I.2.2.1 The hard problem of consciousnes

Dans son article "Facing Up to the Problem of Consciousness" (1995), le philosophe David J. Chalmers met en avant des contradictions lorsque nous essayons de définir la conscience. Pour lui il s'agit d'un terme ambigu faisant référence à des phénomènes complexes. Il propose de diviser les arguments en deux catégories- celles qui concernent un problème facile de la conscience et - le reste qui font partie du problème difficile de la conscience[94]. *Le problème facile de la conscience* continent les hypothèses qui pourront trouver des solutions dans l'avenir immédiat- notamment les processus neurophysiologiques dans le cerveau et l'intelligence sensorielle du corps qui donnent accès

à des explications des capacités et des fonctions cognitives. Chalmers illustre les phénomènes qui correspondent à cet état. Pour lui un état mental est conscient lorsqu'il est décrit par des mots, ou lorsqu'il est accessible comme ressenti interne. Un système est conscient de certaines informations lorsqu'il traite et intègre cette information, puis modifie son comportement en conséquence. De la même façon, une action est consciente quand elle est délibérée.

Alors que *le problème difficile de la conscience* atteste de l'incapacité de modéliser certaines expériences subjectives et leur vécu. Pour citer Chalmers :

> "Is undeniable that some organisms are subjects of experience. But the question of how it is that these systems are subjects of experience is perplexing. Why is it that when our cognitive systems engage in visual and auditory information-processing, we have visual or auditory experience : the quality of deep blue, the sensation of middle C ? How can we explain why there is something it is like to entertain a mental image, or to experience an emotion ? It is widely agreed that experience arises from a physical basis, but we have no good explanation of why and how it arises. Why should physical processing give rise to a rich inner life at all ? It seems objectively unreasonable that it should, and yet it does."(Chalmers p.3)

Son argumentation va plus loin, en donnant l'exemple de la perception visuelle. Chalmers décrit comment les formes d'ondes électromagnétiques empiétant sur la rétine, sont discriminées et catégorisées par un système visuel pour que cette catégorisation est vécue comme la sensation de vif rouge. Ensuite, il montre comment l'expérience consciente qui survient lorsque ces fonctions sont exécutées, est difficile à expliquer et vérifier. Cela corresponds à ce que la communauté philosophique a défini comme une sorte de "lacune explicative entre les fonctions et l'expérience". Son exemple est éloquent lorsque il s'agit des *qualia*. Plus loin, il propose que les théories sur la conscience traitent l'expérience comme partie intégrante :

> "I suggest that a theory of consciousness should take experience as fundamental. We know that a theory of consciousness requires the addition of something fundamental to our ontology, as everything in physical theory is compatible with the absence of consciousness. We might add some entirely new nonphysical feature, from which experience can be derived, but it is hard to see what such a feature would be like. More likely, we will take experience itself as a fundamental feature of the world, alongside mass, charge, and space-time."(Chalmers p.14)

En anglais le terme de conscience permet une déclinaison en deux instances, celle de conscience comme vécu expérientiel et celui d'*awareness* ou forme de réceptivité caractérisé par le principe de la cohérence. Par cela Chalmers anticipait les avancements en electroencephalographie[120] concernant les ondes cérébrales et leur lien avec la conscience :

> "Various specific hypotheses have been put forward. For example, Crick and Koch (1990) suggest that 40-Hz oscillations may be the neural correlate of consciousness, whereas Libet (1993) suggests that temporally-extended neural activity is central. If we accept the principle of coherence, the most direct physical correlate of consciousness is awareness : the process whereby information is made directly available for global control. The different specific hypotheses can be interpreted as empirical suggestions about how awareness might be achieved. For example, Crick and Koch suggest that

> 40-Hz oscillations are the gateway by which information is integrated into working memory and thereby made available to later processes. Similarly, it is natural to suppose that Libet's temporally extended activity is relevant precisely because only that sort of activity achieves global availability." (Chalmers p.214)

Tout comme Chalmers, Block croit que nous pouvons avoir des expériences conscientes qui ne sont pas traduisibles par des algorithmes de calcul. Un exemple de conscience phénoménale qu'il donne est celui d'un bruit fort que nous ne remarquons pas consciemment parce que nous faisons attention à autre chose. Dans sa classification, le fait d'entendre le bruit (puisque nous ne pouvons pas couvrir notre oreille comme la paupière) relève de la conscience phénoménale alors que le fait de ne pas s'en rendre compte relève de la conscience d'accès. Cela suggère que ce type de conscience phénoménale décrite par Block, est basée sur une activité cérébrale classifiée comme inconsciente, donc difficilement modélisée par des algorithmes de calcul. L'inconscient est aussi l'endroit de prédilection de la création, dans notre contexte de la danse illustré par des mouvements reflexives et spontanées. Si un jour les robots vont devenir créatifs, probablement ils auront type de conscience phénoménale.

Pour l'instant, peu importe ce que nous identifions comme processus physiques qui génèrent des états de conscience. Tant que nous ne pouvons pas comprendre comment ils se manifestent dans chaque individualité, nous ne comprendrons pas comment les déléguer aux machines. Même une fois cela fait, il reste toujours un problème de vérification, car en construisant des machines qui fonctionnent comme nous, nous n'avons aucun moyen de savoir si le rendu biologique suffit pour une expérience intérieure propre. En d'autre termes, comment pouvons-nous savoir si un robot a une conscience phénoménale alors que notre moyen actuel pour déterminer cela chez nous, les humains passe par le vécu expérientiel individuel ?

D'autres philosophes tels Thomas Nagel affirment qu'il est impossible de déterminer les points communs entre une expérience directe, évoquée à la première personne et les descriptions à la troisième personne des expériences passées qui forment à leur tour des modèles. Dans son article "What Is It Like to Be a Bat ?"(1974) traduit en français par "Qu'est-ce que cela veut dire d'être un chauve-souri ?", le philosophe décrit la conscience comme un phénomène partagé par beaucoup des organismes vivants (notamment les mammifères dont le chauve-souris). Nagel fait une distinction entre conscience et perception sensorielle. Pour lui, ce que tous les organismes partagent, c'est ce qu'il appelle le *caractère subjectif de l'expérience*. Cette nature subjective bloque toute tentative d'expliquer la conscience par des moyens objectifs comme dn neurosciences ou en robotique. L'auteur a choisi la métaphore des chauves-souris en raison de leur appareil sensoriel originel. En effet, les chauves-souris utilisent l'écholocalisation pour naviguer et percevoir des objets, cette méthode de perception étant similaire à la vision des humains. L'auteur affirme que des humains dotés de sens similaires, ne peuvent pas cependant expérimenter l'état d'esprit d'une chauve-souris, puisque leur cerveau ne s'est pas développé comme celui d'une chauve-souris dès sa naissance. En échange des comportements comme voler, naviguer en sonar ou se suspendre à l'envers comme une chauve-souris, faciliteront des expériences proches de ce qu'une chauve-souris peut vivre.

Cette hypothèse est évoqué avec d'autres mots par Simon Penny qui met en avant le concept de *spécificité des capacités sensorielles*, dans le chapitre "The biology of cognition" de son livre *Making Sense*(2019). Pour appuyer cela, il cite le travail du biologiste Jacob Von Uexkull, au début du XXe siècle :

> "Von Uexkull argued that the experiential world of a creature is specific to that species, given to it by virtue of its particular suite of sensorimotor capabilities. He called this the creature's umwelt, which we might translate as life-world or experience-world. Put simply, in sensory experience, there is no objective world out there. By this logic, mind and world are simultaneously cocreated. Different species do not share umwelts, even if they happen to be physically colocated. Umwelts may intersect, like Venn diagrams, in which case different species can identify similar things. Creatures may cohabit the same place and be unaware of each other because their umwelts do not intersect due to differences of scale, sensory capability, and so on. Some animals construct their umwelts via senses, others do not have—such as the infrared sensing of some snakes, the echolocation of bats, the electro-sensing of platypus and some weakly electric fish, and the magneto-sensing of the hammerhead shark." penny making sense p. 17

Pour résumer sa pensée, les environnements sensoriels de la plupart des organises vivants sont spécifiques, sans qu'une espèce puisse faire l'expérience de la spécificité de l'autre. En contrepoids, pour ce qu'il y a de l'espèce humaine, les *qualia* témoignent de nos expériences uniques à l'échelle individuelle. En parallèle avec l'exemple de Nagel, il est tout autant important de regarder le développement de ces expérience dans la durée. Pour complexifier encore plus la donnée, il est aussi possible d'avoir une conscience phénoménale et d'accéder à la conscience d'accès indépendamment, bien qu'en général, les deux interagissent. Tant que différentes perspectives ne s'accordent pas sur ces observations, la conscience restera un tabou qui fascine.

Dans son article, "Consciousness : The last 50 years."(2018) le neuroscientifique Anil K. Seth souligne le caractère interdisciplinaire des études sur la conscience et la volonté de tisser des ponts entre les expériences phénoménologiques et le fonctionnement neuronal. Pour lui, l'expérience phénoménologique ne peut pas exister sans l'ancrage du corps dans son environnement - en anglais *an environment embedded embodiment processes*. Seth trace l'histoire des études sur la conscience, en tant que phénomène neurologique et identifie une première étape entre 1960 et 1990. Après les découvertes en études comportementales, les scientifiques mettent les bases d'une nouvelle approche en sciences cognitives. Cette approche, atteste l'existence d'un état mental interne qui opère une modulation entre réponse et stimulation nerveuse. D'une façon prédictible, cela provoquera beaucoup de débats à l'intérieur de la communauté scientifique. Il cite entre autres le psychologue Stuart Sutherland qui affirmait en 1989 :

> "Consciousness is a fascinating but elusive phenomenon. It is impossible to specify what it is, what it does, or why it evolved. Nothing worth reading has been written on it."

Tandis que des autres chercheurs se heurtent aux limites de leurs hypothèses théoriques lorsqu'ils cherchent à modéliser une unité de la conscience. Il note la contribution de Michael Gazzaniga et ses observations en lien avec les hémisphères cérébraux (alternant des processus cognitifs entre l'hémisphère droit et gauche). Aussi celle de Benjamin Libert qui fait des expériences en lien avec le libre arbitre et les mouvements volontaires. La deuxième étape dans l'évolution des études sur la conscience commence dans les années 1990 et continue jusqu'au moment présent. Cette période est marqué par les études de Christoph Koch dont le papier "Towards a neurobiological theory of consciousness" offre une nouvelle perspective quant à "the hard problem of consciousness." Ses recherchent visent une simulation neurobiologique de la conscience, comme

processus purement physiologique. Seth mentionne également Karl Friston dont le principe d'énergie libre, en angalis- *Free Energy Principle- FEP* renforce l'hypothèse que la perception est influencée par l'action, au niveau neuronal. Devenu entre-temps principe normatif qui décrit les systèmes adaptatifs capables d'auto-organisation (par exemple le cerveau), le FEP suscite l'intérêt des nombreux prises de positions à l'intérieur de la communauté scientifique. Pour ce qu'il y a de ce travail, je vais également mentionner le concept de *représentation* ou modification interne propre aux organismes vivants[31].

En neurosciences ces principes sont proches de la théorie du code prédictif, **predictive coding theory**. Selon cette théorie, la perception est le résultat de l'apprentisage par l'inférence. [1] Les choses se compliquent quand ce type d'inférence est inconscient, en anglais *unconscious inference*. Cette hypothèse a été avancé en 1867 par le physicien et polymathe allemand Hermann von Helmholtz. Elle décrit un mécanisme réflexe concernant la formation des impressions visuelles. Le cerveau génère et met à jour son propre modèle mental de l'environnemt et compose avec les indices sensoriels qui lui manquent. Des techniques de machine learning s'inspirent actuellement de ces principes.

> " Predictive coding proposes that the brain infers the external causes of sensations by continuously predicting its input through top-down signals and adapts to minimize prediction error. This substantiates the idea that the brain might use an adaptive world model to support per- ception. The free energy principle (FEP) also proposes a similar vision. It argues that our brain supports both perception (perceptual inference) and action (active inference) using a form of variational Bayesian inference ; in particular, using (variational) free energy, it assesses the quality of the prediction and its conformity to prior beliefs."

Ces idées très influentes dans les sciences cognitives, inspirent également la robotique afin de développer des comportements adaptatifs capables d'une forme avancée d'interaction sociale.

I.2.2.2 Relation conscience-action

Le livre *The Pragmatic Turn Toward Action-Oriented Views in Cognitive Science*(2016) est le résultat d'une semaine de débats entre neurologues, psychologues et philosophes concernant les sciences cognitives. Une des questions principales de cet recueil est :

> "Comment l'action structure la conscience et qu'est ce que détermine la cognition de l'action ?"(cite page 262)

Dans le chapitre "What's the use of consciousness", Anil Seth décrit une nouvelle approche qui s'intéresse au rôle de l'action dans les processus cognitives et implicitement la conscience. Cette hypothèse est proche de la boucle perception-action-cognition que nous avons cité auparavant. A l'opposé des représentations internes suite au calcul mental, l'action favorise une vision énactée-*enacted*, ancrée -*embedded* et incorporée-*embodied* de systèmes cognitifs. Pour Seth, cete distinction, marque *une tournure pragmatique* dans l'évolution de ces sciences et leur vécu expérientiel associé. Avec ses collègues, ils établissent quatre approche théoriques clé, pour mieux définir leur cadre :

1. cf. dictionnaire La Rousse : opération par laquelle on passe d'une assertion considérée comme vraie à une autre assertion au moyen d'un système de règles qui rend cette deuxième assertion également vraie.

1. le cerveau Baesyian, ou *Baesyian brain* : définit la perception comme un processus d'inférence des signaux sensorielles et met en avant le rôle des erreurs comme moyen d'affiner cette inférence.
2. la contingence sensori-motrice, ou *sensorimotor contingency- SMC* :considère la perception est une capacité d'engagement dans l'environnement qui s'améliore avec le temps.
3. le système de control adaptatif-distributif, ou *distributed adaptive control- DAC* : voit le cerveau comme outil incorporé en relation avec l'environnement.
4. l'autonomie énactée qui stipule l'importance de l'autonomie et de l'auto-organisation pour la cognition, en lien avec le travail du neurologue Francesco Varela.

Lors de cette première partie théorique, j'adresse quelques uns de ces théories en lien avec mes recherches. Certaines principes se retrouvent dans plusieurs approches ou sous différents nom. Cependant les idées qu'elles avancent sont semblables.

Schema of theoretical frameworks qui ont servi comme discussions pour la relation action-conscience. P 266 Frist

I.2.2.3 Quand l'intelligence artificielle exclut la conscience

Le philosophe et psychologue Zoltan Torey, décrit dans son livre *The crucible of consciousness* (2009) la difficulté des scientifiques d'argumenter l'existence de la conscience, au-delà du formalisme mathématico-logique. Pour lui, le formalisme est seulement une spécification des opérations et transactions neuronales dans le cerveau. Ces opérations deviennent des instances de protocoles pour des machines. Mais, comme le remarque Roger Penrose, que Torey cite :

> "Algorithms themselves never ascertain truths. It would be as easy to make an algorithm produce nothing but falsehood as it would be to make it produce truths. One needs external insights to decide the validity or otherwise of an algorithm."

Ces "discriminants externes" sont pour Torey, la preuve même que les systèmes gouvernés par ce formalisme sont incomplets. De plus, il extrapole sa démonstration à tout système formel- mathématique, logique ou philosophie analytique. Il précise qu'un cerveau qui a généré ces formalismes par des opérations mentales, ne peut pas être modélisée en programmes informatiques- puisque cet ordinateur ne génère pas d'autres systèmes à son tour.

Cela rejoint, au moins en partie, la visions de Michel Bitbol pour qui l'expérience phénoménologique de la conscience ne peut pas être vérifié par des critères objectives :

> "Nous n'avons rigoureusement aucun critère nous permettant de savoir, ni même de deviner, qu'un artéfact fabriqué par nous est ou n'est pas doté de conscience phénoménale. Il est vrai que nous pourrions tomber dessus par hasard, et mettre en place les conditions d'une conscience phénoménale sans le faire exprès ; mais dans ce cas, nul signe, pas le plus petit indice, ne nous permettrait de savoir que nous avons réussi (ou de savoir le contraire). C'est ce que signale à juste titre le neurobiologiste Jesse Prinz : *À quel degré de proximité avec le cerveau humain un ordinateur doit-il parvenir, avant que nous puissions dire qu'il est probablement conscient ? Il n'y a aucune manière de répondre à cette question.*" [86]

Dans le monde des machines, les résultats le plus concluants pour illustrer des processus mentaux, sont dans le domaine de l'intelligence artificielle. L'artiste Simon Penny remarque le lien entre l'intelligence et la congition :

> "We cannot meaningfully speak of intelligence as occurring exclusively inside the skull, connecting to the body and the world via mechanistic sensors and effectors. On the contrary, cognition is biologically material and embodied, and discussing it outside such contexts is of dubious value. Furthermore, cognition is dynamic ; it occurs as a temporally ongoing relational engagement with architectures, artifacts, tools, language, human (and interspecies) relationships, and social systems."Simon Penny, Making Sense

Pour aller plus loin, des chercheurs [32] s'interrogent sur la façon dont notre société s'est emparé du phénomène de l'intelligence artificielle, notamment sa branche connexionniste avec ses prédictions calculées et des ouvriers à la tâche qui nourrissent des algorithmes de machine learning (ML). Puisque cela se répercute dans toutes les domaines de nos vies, ils prônent une culture critique de l'IA, et les biais statistiques que cela engendre, en prenant conscience du fait que "nous sommes les sens et la conscience des machines". D'une façon réaliste, la perspective d'une *weak AI*, où les programmes simulent et modélisent la pensée humaine, prédomine celle de *strong AI*, où les programmes "pensent" par elles-mêmes[133, 107].

De la même manière, le neurologue Stanislas Dehaene considère que les processus inconscients, sont la preuve que la conscience ne peut-pas être modélisée :

> "We cannot be conscious of what we are not conscious of. This truism has deep consequences. Because we are blind to our unconscious processes, we tend to underestimate their role in our mental life. However, cognitive neuroscientists developed various means of presenting images or sounds without inducing any conscious experience and then used behavioral and brain imaging to probe their processing depth(...) Subliminal digits, words, faces, or objects can be invariantly recognized and influence motor, semantic, and decision levels of processing. Neuroimaging methods reveal that the vast majority of brain areas can be activated nonconsciously." [96]

Cela me semble pertinent de rapprocher ces considérations avec l'idée que toute activité créative réside dans l'inconscient. Si ces présomptions sont vrais, **le jour où les robots vont être créatifs, ils témoigneront également d'une forme de (in)conscience.** Je me demande si cela sera plus facile de déduire une forme de conscience à partir d'une intention artistique, ou l'inverse. Cependant, avant d'aller plus loin dans ces projections, la question de l'IA est un premier étude de cas pour lancer le débat- puisque ses avancements ont des effets concrets sur notre vie quotidienne et façn d'interagir. Pour cela, je m'appuie sur les observations de la philosophe française Catherine Malabou. Pour elle, aborder la question de l'IA, signifie réfléchir à une relation de coopération entre humain et machine. Malabou a refusé l'idée de compétitivité entre les deux, en précisant que pour elle s'il s'agit d'une fausse problème :

> "Croire qu'il existe une réalité humaine intacte de toute aliénation technologique est une illusion qui s'effondre facilement dès que l'on prend en compte le fait que le cerveau humain – parlons de lui puisque c'est bien de lui qu'il s'agit – s'est développé épigénétiquement dans son interaction avec les artefacts. Leroi-Gourhan l'explique magnifiquement. Du silex à la cybernétique, le mécanisme de l'interaction est le même. Notre cerveau ne peut fonctionner qu'à se mettre au dehors, à prolonger son système par

> des prothèses (cf. *l'exorganologie* de Bernard Stiegler), au point qu'il est impossible de faire la part, dans l'évolution cérébrale des hommes depuis la préhistoire, entre nature et technique. Un cerveau qui ne serait pas prolongé par des artifices serait un cerveau mort."

La philosophe souligne la distinction entre le concept d'*intellect* et celui d'*intelligence*, dont l'apparition est plutôt liée au Bergson et au développement de la psychologie expérimentale en fin de XIXe siècle. Elle défend un point de vue matérialiste selon lequel les fonctions intellectuelles sont supportées grâce à des bases matérielles et organiques :

> "Ayant beaucoup travaillé sur le cerveau, je suis convaincue qu'il n'existe pas de lieu séparé qui abriterait les opérations mentales et cognitives, elles dérivent toutes de processus neuronaux. Il est donc impossible de ne pas associer intelligence et cerveau."

Réduire l'intelligence humaine à du calcul mathématique et des termes quantitatifs, n'a pas de sens pour elle non plus. Cependant, elle voit de l'interet dedans lorsque ce calcul invente les concepts sur lesquels il résonne. Plus spécifiquement, elle propose comme définition minima de l'intelligence *l'invention de son objet*.

Dans un entretien avec Malabou, le cinéaste Ariel Kyrou évoque le livre *Cerveau augmenté, homme diminué* (2016) du philosophe Miguel Benasayag pour qui :

> "la pensée n'est pas déposée dans les réseaux de neurones comme un software figé installé dans le hardware. Elle est distribuée dans le corps et dans le milieu, dans l'échange entre l'un et l'autre, ainsi que dans l'histoire – s'inscrivant ainsi dans une évolution complexe qui n'a aucun rapport avec celle des versions successives de logiciels enrichis de nouvelles lignes de code informatique (2.0,2.1, 2.12, etc.)."

Lors de cet échange, ils avancent l'idée que l'aboutissement des préoccupations technologiques courantes, sera probablement une IA capable de définir son sujet de recherche. Les différences entre la pensée de Kyrou et celle de Malabou concernent les conséquences de ces avancées dans la recherche en IA. Leur point de vue s'accorde quand il s'agit de l'impact que les techniques et les outils -"du silex à l'écriture et dorénavant au monde numérique"- ont pour faire évoluer notre cerveau. Ils défendent dans la même mesure l'impossibilité de prédire l'avenir technologique de notre planète. Tout comme ils affirment leur méfiance quant à la possibilité de contrôler l'impact de la technologie dans les années à venir.

Pour résumer, l'intelligence artificielle connexionniste transpose le modèle des réseaux de neurones et leur façon de traiter l'information basée sur des calculs à des machines, tandis que l'intelligence artificielle symbolique traite cette information par la manipulation de symboles en explorant des données massives sur le comportement humain. La perspective théorique selon laquelle dans un futur plus ou moins lointain, un autre type d'intelligence- plurielle, imprévisible et complémentaire à l'intelligence humaine- verra le jour, complexifie ce scénario.

Entre ce qu'il a été défini comme *l'IA symbolique*, *l'IA numérique* et la polarité entre ces deux approches exclusives - le concept d' *Intelligence Extensive*(IE) où "Extended Intelligence" en anglais, représente une alternative constructive. Ce type d'intelligence vise l'amélioration des capacités humaines en interaction avec des agents non-humains. Plus concrètement, en lieu d'être en compétition directe avec l'intelligence humaine, l'IE cherche à la sublimer. Cette approche utilise l'erreur comme outil d'apprentissage et intègre des principes de *slow science*[33] pour permettre à l'humain de mieux intégrer les données de son environnemt pour coopérer avec la machine. En cherchant des analogies

dans notre contexte particulier qui est le domaine de l'art, il est plus facile de se concentrer sur cet aspect de l'erreur comme outil d'apprentissage et donner place à l'expressivité de la machine. Les enjeux sont moins importants. Néanmoins, même dans ce cas- les considération éthiques[132], les ressentis[5] et les éventuelles réactions imprévisibles de la part des humains structurent une forme de conscience difficile à prédire pour chercher son correspondant artificiel.

La robotique, tout comme l'IA s'empare de ces notions pour construire de modèles (en anglais *world models*) qui pourrait correspondre à l'environnemt sensoriel des agents artificiels. Ainsi le modèle d'un chauve-souris et différent de celui d'un robot, qui est à son tour différent de celui d'un humain :

> "A cognitive system learns a world model to predict its future sensory observations better and optimize its policies, also referred to as controllers. Note that although typically the term "world model" is used to denote the spatiotemporal dynamics of the external environment, it could also equally apply to bod- ily dynamics (including interoceptive signals from inside the body) and the social environment." [153]

I.2.3 Robotique et cognition incarnée

Qu'il s'agisse d'un objet mobile avec une source d'énergie, programmé pour *sentir* et *interagir* avec son environnement[11] ou d'un agent capable de percevoir son environnement par des capteurs et d'agir sur cet environnement par l'intermédiaire d'effecteurs, les robots font l'objet de multiple définitions.

Selon Russell et Norvig et leur sur papier sur l'intelligence artificielle[34], les robots influencent notre sens du réel et la réalité depuis que nous interagissons avec eux. En plus du fait qu'ils exécutent du travail utile pour les humains (comme imaginé initialement par l'écrivain tcheque qui a donné leur nom[35]), leur place dans notre société est désormais acquise. Pour l'instant, nous attendons de ces robots qu'ils exécutent des actions précises, selon les instructions reçues lors de leur configuration. Dans un avenir plus ou moins proche, il est possible qu'ils seront capables de nous surprendre avec des comportements inattendus.

I.2.3.1 La robotique cognitive

Behavior-based robotics(BBR)

Certains mouvements en robotique ont suivi de prêt les découvertes en sciences cognitives[126]. Parmi ces découvertes, la robotique basée sur le comportement qui s'inspire des systèmes biologiques, pour construire des dispositifs qui réagissent à l'environnement. Le focus de la BBR est le monde animal, plus particulièrement le comportement des insectes. Un des caractéristiques les plus importantes de cette discipline est *l'adaptabilité* des systèmes qui en font partie. Ainsi, ces robots sont moins dotés avec de la puissance de calcul pour réaliser des actions. Leur comportement émerge des interactions qu'ils ont avec l'environnement. Le type d'intelligence artificielle qui opère dans ces systèmes est inspiré par la branche de l'IA faible. Leur programmation contient un set de base des comportements spécifiques, selon l'environnement où ils opèrent, avec les problèmes qu'ils doivent résoudre. Quand un comportement n'est pas adapté à un contexte particulier, ils s'appuient sur des erreurs pour améliorer leur modèle interne.

Le fondateur de cette discipline est Rodney Brooks, qui par ses expérimentations au Massachusetts Institute of Technology, dans les années 1980, a mis les bases de la robotique basée sur le comportement. Ses premiers robots, avec des roues pour suggérer des pattes, ont été construits suite à ses observations des comportements anthropomorphiques. Parmi cela : éviter un obstacle, s'approcher d'une source de lumière, chercher à économiser sa batterie lors de longs trajets, etc.

Une des influences de Brooks est le travail de neurophysiologiste et pionnier de la robotique W. Gray Walter. Fin des années 1940, Gray Walter a développé un certain nombre de robots simples basés sur des comportements ressemblant à des animaux. Ces prototypes de robots ont aidé Gray Walter à mieux comprendre le fonctionnement du cerveau des animaux, par des modèles simples de leurs opérations de base. Les plus connus sont Elmer et Elsie (abréviation de ELectro MEchanical Robots, Light Sensitive), recouverts d'une coque en plastique transparent similaire aux tortues. Enfant, Brooks a lu son livre *The Living Brain* (1963), pour ensuite construire ses propres prototypes.

Connu pour sa critique de l'IA symbolique, Brooks voit la logique et le raisonnement comme des processus mentaux propres aux humains. Au lieu de se focaliser sur le traitement des symboles et les représentations internes, il propose de construire des modèles basés sur l'interaction avec le monde réel. Ces modèles ont inspiré les théories sur l'incorporation et l'intelligence incarnée.

Schema distributed intelligence Brooks

Au cours des trois dernières décennies, les recherches de Brooks ont donné suite à des innovations dans le domaine de l'intelligence artificielle. Selon[**Ziemke**], l'approche de l'intelligence incarnée, en anglais *embodied AI* s'est imposée comme une méthodologie fiable pour les robots, dont l'objectif est de comprendre la cognition pour résoudre les problèmes fondamentaux et paradoxes de l'IA traditionnelle tels *The Chinese Room Argument* mentionné plus haut.

Cognitive developmental robotics (CDR)

L'ingénieur Minoru Asada, professeur au département Adaptive Machine Systems de l'université de Osaka, a mis les bases de cette discipline au début des années 2000 :

> "Cognitive Developmental Robotics aims at understanding human cognitive developmental process by synthetic or constructive approaches. Its core ideas are *physical embodiment* and *social interaction* that enable information structuring through interactions with the environment, including other agents." prof. Minoru Asada, SISReCPost-cognitivisme

CDR se base sur l'incarnation physique, ainsi que des principes d'*embodied cognition* pour structurer l'information lors des interactions avec l'environnement. Elle propose des modèles de développement inspirés par les fonctions cognitives humaines en lien avec le comportement[82].

Le papier[153] présente un état d'art sur les défis de cette branche influente de la robotique. Ses auteurs se demandent comment mieux développer des robots qui explorent l'espace de manière autonome, comprennent ses réglés et apprennent d'une façon continuelle s'adapter à celles-ci. La réponse se trouve dans les études sur le développement des enfants, similaires aux théories de Piaget que j'ai mentionné plus haut. Les enfants apprennent grâce à leurs interactions physiques, avec l'environnemt et leurs tuteurs. L'affectivité et les capacités sociales, en anglais *social skills*, jouent un rôle important dans ce processus. Pour Asada et al. ce processus d'apprentissage est permanent-en anglais *continual or lifelong learning*. Les robots qui développement leur intelligence, doivent être capables d'adapter leur apprentissage de l'environnement, à

travers l'expérience sensori-motrice de celle-ci.

Autres approches soulignent l'importance des processus réflexifs dans le développement de l'intelligence des robots[14, 162] :

> "Ce processus de reconnaissance de soi est de plus en plus étudié en robotique pour mimer le développement des capacités motrices et d'interaction sociale chez l'enfant. Mais de telles corrélations statistiques entre ce qui est perçu par les caméras du robot et ses ordres moteurs peuvent être calculées sans une quelconque notion de conscience de soi. Ici, la mesure du degré d'information intégrée dans le programme informatique du robot apporterait une réponse quantitative et précise sur le degré de conscience attendu en lien avec un tel processus." prof. Raja Chatila, ISIR et le test du miroir, 2016

Cela relie les observations de Ziemke, ainsi que celles de Frith et Metzinger présentées en lien avec la boucle perception-action-cognition.

I.2.3.2 Une *cognition* artificielle ?

Comme nous avons vu auparavant, le début des années 1990 est marqué par la publication de plusieurs ouvrages comme celles de Brooks, Dreyfus et Varela, Thompson & Rosch sur une possible conscience des machines. Pour intérroger le concept d' **embodied cognition**, les roboticiens s'appuient sur des théories en sciences cognitives, informatique et phénoménologie. Une des derniers tendances est le rapprochement avec l'autonomie biologique et la subjectivité comme nouvelle interprétation de la cognition incarnée[37].

Concernant la capacité de robots d'entreprendre des actions, traduit ici comme *capacité d'agir* de l'anglais *agency*, Ziemke affirme :

> "The idea behind this approach can be summarized by the slogan that perceiving is a way of acting ; or more precisely, *what we perceive is determined by what we do (or what we know how to do.* In other words, it is claimed that perception is a skillful mode of exploration of the environment which draws on an implicit understanding of sensorimotor regularities, that is, perception is constituted by a kind of bodily know-how. In general, the sensorimotor account emphasizes the importance of action in perception. The capacity for action is not only needed in order to make use of sensorimotor skills, it is also a necessary condition for the acquisition of such skills since *only through self -movement can one test and so learn the relevant patterns of sensorimotor dependence.* Accordingly, for perception to be constituted it is not sufficient for a system to simply undergo an interaction with its environment, since the exercise of a skill requires an intention and an agent (not necessarily a *homunculus*) that does the intending. In other words, the dynamic sensorimotor approach needs a notion of selfhood or agency which is the locus of intentional action in the world." (Ziemke IA p. 473)

Pour continuer cette idée, le chercheur se demande si les boucles sensorimotrices disposent des moyens conceptuels pour distinguer les actions intentionnelles d'un agent autonome, des mouvements accidentels et réflexes.

Dans son livre *How the body shapes the mind* (2006), le philosophe Shaun Gallagher avance l'idée que la compréhension scientifique et phénoménologique du corps est

essentielle pour comprendre des phénomènes tels que la conscience ou la cognition. Son approche vise à développer un vocabulaire commun inspiré par :

> "les processus cérébraux en neurosciences, les expressions comportementales en psychologie, les préoccupations de conception en intelligence artificielle et en robotique, et les débats sur l'expérience incarnée dans la phénoménologie et la philosophie de l'esprit".

Gallagher analyse des phénomènes tels l'apprentissage de nouveau-nés par l'imitation, la conscience de soi, le libre arbitre, la cognition sociale et l'intersubjectivité, la perception intermodale pour en citer quelques-unes des thématiques abordées. Il aborde ces sujets au travers des concepts comme *l'image corporelle* et le schéma corporel, la proprioception et **la théorie de l'enactivisme**.

Une de ses hypothèses est la théorie de l'ancrage physique, ou en anglais *the physical grounding hypothesis* (PGH). Cette théorie stipule que le contenu et le fonctionnement de l'esprit sont fondés sur les propriétés physiques et l'expérience incarnée de l'agent. Loin de promouvoir l'influence du physique sur le mental, Gallagher souligne la complexité des facteurs impliquées dans toute explication adéquate de la cognition.

Entre outre le chercheur présente le rôle du schéma corporel dans une gamme de fonctions cognitives perceptives, parmi lesquelles la différenciation de soi et des autres.

> "In the beginning, that is, at the time of our birth, our human capacities for perception and behavior have already been shaped by our movement. Prenatal bodily movement has already been organized along the lines of our own human shape, in proprioceptive and cross-modal registrations, in ways that provide a capacity for experiencing a basic distinction between our own embodied existence and everything else. As a result, when we first open our eyes, not only can we see but also our vision, imperfect as it is, is already attuned to those shapes that resemble our own shape. More precisely and quite literally, we can see our own possibilities in the faces of others. The infant, minutes after birth, is capable of imitating the gesture that it sees on the face of another person. It is thus capable of a certain kind of movement that foreshadows intentional action, and that propels it into a human world." (p.1)

Plus loin, il décrit le concept de schéma corporel et sa différence par rapport à l'image corporelle. Ainsi dans son acceptation, **le schéma corporel** est un système de capacités sensori-motrices, englobant tous les aspects non-conscients du contrôle moteur, y compris les processus sous-corticaux, pré-moteurs et moteurs dans le cerveau. Il mentionne également les systèmes d'information nécessaires au bon fonctionnement de ces processus. Il distingue le concept de schéma corporel de celui **d'image corporelle** vu comme résultat des expériences perceptives du corps. Gallagher distingue les différences entre les deux termes au niveau conceptuel, mais aussi au niveau empirique donnant l'exemple d'un patient qui dans un état de négligence ne se préoccupe de son image de soi pour se laver ou s'habiller. Cependant ses capacités motrices telles que la marche ou les tâches bimanuelles telles restent intactes et il les exerce. Cela montre que même si l'image corporelle est altérée ou endommagée, le schéma corporel reste intact.

De même, les sujets qui ont perdu un membre ont la capacité de le ressentir[38]. Plus loin, Gallagher illustre le cas des malformations congénitales, où le membre fantôme est signalé quelques années après la naissance, d'habitude après une intervention chirurgicale, un accident ou un autre événement corporel important. Ainsi la probabilité

qu'un schéma corporel ou une image corporelles soient innés, est très réduite. Dans les cas de membres fantômes, des informations contradictoires entre la proprioception(qui pourrait indiquer la présence d'un membre) et la vision (qui l'infirme) se basent sur la vision.

Ainsi ce type d'accumulation d'information qui résulte de l'intéraction avec l'environnement des organismes vivants, pourrait être transposée aux machines. Leurs propres schémas corporels existent déjà et ce sont elles qui déterminent le comportement du robot. Reste à voir si le type de cognition acquise par l'agent vivant est proche à celle de l'agent artificiel.

I.2.3.3 Des émotions artificielles

Les émotions jouent un rôle clé dans la question de la conscience. Prof. Asada supervise des études sur le développement de *l'empathie artificiele* et le rôle de la *contagion émotionnelle* dans la mimique motrice[0]. Son équipe met en place des études sur le type de cognition que les bébés développent dans leurs premiers mois, pour ensuite transposer ses principes à des robots. L'évolution corporelle et la croissance des humains est pour lui un des concepts clé de la robotique cognitive.

Le rôle de l'introspection

L'introspection permet aux humains d'être conscients de leurs propre processus mentaux. Ces processus semblent avoir une séquence linéaire comme la production de la parole ou des lignes de raisonnement. L'introspection influence également les actes artistiques. Pendant la phase de création, un artiste sonde son imaginaire pour clarifier ses intuitions. Lorsque nous nous rappelons de l'exemple donné par Block, c'est intéressant d'analyser un possible scénario où la personne aurait prêté attention au bruit auparavant ignoré. Cela pourrait produire un type d'expérience subjective, à la limite de la conscience d'accès, pour ensuite déterminer à partir de quand le bruit est devenu conscient. Cette introspection liée à un stimulus extérieur, trouve son équivalent dans l'acte d'introspection de l'artiste qui veut mieux comprendre ses intuitions. Ainsi la distinction de Block entre conscience phénoménale et conscience d'accès a des implications importantes pour les neuroscientifiques et les informaticiens qui cherchent à modéliser une conscience artificielle dans des dispositifs tels les robots. Mais une fois cette intention exprimée, comment pouvons-nous savoir si l'algorithme a produit une conscience semblable à celle de l'homme ? Dans la même mesure, developper des expériences subjectives pour la conscience phénoménale des robots, implique des considérations éthiques. Heureusement le moyen pour doter rationnellement les machines de nos expériences personnelles, parfois irrationnelles, n'est pas encore à notre portée. Même si la communauté scientifique est divisée et de nombreux neuro-biologistes et informaticiens estiment que les philosophes sont trop pessimistes quant à la capacité des algorithmes de modéliser la conscience humaine, il est important de comprendre nos motivations et intentions face à cela.Les paradigmes sur l'énaction, en anglais **the enactive theory**, ont émergé après la publication du livre *The Embodied Mind* (1992) que nous avons déjà mentionné plus haut. Par son biais, nous découvrons que les expériences perceptives ne sont pas des événements internes dans notre tête, mais plutôt des actions que nous produisons à travers notre exploration sensorimotrice de l' environnement. Dans le livre *How the body shapes the way we think* (2006), Rolf Pfeifer et Josh Bongard soulignent l'importance de la morphologie du corps et ainsi de l'embodiment, sur l'intelligence d'un système. Leur point de départ est le fonctionnement humain qu'ils extrapolent aux machines, avec l'idée que **pour être intelligent, nous**

avons besoin d'un corps physique :

> "One of the most elementary capacities of any creature is categorization : the ability to make distinctions in the real world. If we cannot distinguish food from nonfood, dangerous from safe objects and situations, our parents from other people, or our home from the rest of the world, we are not going to survive for very long. Likewise, robots incapable of making basic distinctions, e.g., a household robot that cannot distinguish garbage from antiques, a vacuum cleaner from a dishwasher, or pets from babies will not be very useful. We will attempt to demonstrate that the formation of such categories is very directly determined by our embodiment, i.e., our morphology and the material properties of our body. Morphology includes the shape of the body, the kinds of limbs and where they are attached, the kinds of sensors (eyes, ears, nose, skin for touch and temperature, mouth for taste) and where on the body they are found. By material properties we mean, for example, the deformability of the fingertips and of the skin, or the elasticity of the muscle-tendon system. When interacting with the real world, the body is stimulated in very particular ways, and this stimulation provides, in a sense, the raw material for the brain to work with. As we will see later, this raw material can be used to create categories—cups, apples, pets, people—that describe the environment in a natural way." (How the body, p.2)

Si les robots disposent d'un corps physique, savoir faire l'expérience d'une incorporation leur échappe. Je me demande alors comment la danse, langage du corps et des émotions, peut faciliter cela.

Le rôle de l'affecte

Le concept d'émotion, vu sous l'angle de la théorie 4E de la cognition est une affectivité située, pour qui la cognition n'est pas un processus quantifiable, similaire à un modèle informatique. Au contraire, tout affecte nécessite un type incarné et situé de cognition. Dés la petite enfance, jusqu'aux situations sociales sophistiquées qui caractérisent l'âge adulte, les processus emphatiques complexifient la compréhension que nous avons de nous-mêmes et notre environnement. Ainsi nous remarquons que ce n'est pas seulement le sentiment conscient d'émotion qui est important. Des processus affectifs inconscients comme la douleur ou le plaisir, jouent un rôle tout aussi important et peuvent biaiser la perception des émotions. Pour interroger cette place des affectes dans la construction de l'expérience du réel, la chercheuse Branka Zei Pollermann introduit *un modèle unifié de cognition* basé sur les théories de Jean Piaget, Ludwig von Bertalanffy et Louis J. Prieto. Ce modèle stipule que les espaces affectives (ie. *affected spaces*) facilitent des comportements adaptatifs lors des processus cognitifs. Ses observations s'appuient sur la **théorie générale des systèmes**, qui trouve aujourd'hui de multiples applications. La modélisation des organismes humains, appelés *systèmes ouverts* par Ludwig von Bertalanffy, intéresse également certains roboticiens et nous allons détailler cela dans les prochaines pages. De l'autre coté, L.J Prieto base sa théorie autour du concept de *praxis* -vu comme action intentionnelle- et la façon dont cela structure la cognition. Il identifie :

> "une caractéristique qui semble apparaître toujours dans la connaissance scientifique et qui ne se retrouve pas, en revanche, dans la connaissance non scientifique, à savoir l'explicitation des concepts avec lesquels la connaissance en question opère."

Alors que Jean Piaget met en avant deux concepts-clé pour caractériser l'interaction des systèmes dites intelligentes avec l'environnement. Le premier est le concept d'*assimilation des schémas de comportement préexistant* et l'autre le concept d'*adaptation*. Concept clé en robotique, la capacité d'adaptation est considérée ici comme moment d'équilibre entre deux états, évoquant un sentiment de plaisir quand cet équilibre atteint. Selon le point de vue de Piaget, l'intelligence humaine se développe avec l'âge, passant par plusieurs étapes parmi lesquelles : l'intelligence logico-mathématique, musicale, spatiale, corporelle-kinesthésique, interpersonnelle et ainsi de suite.

Le chercheur Olivier Houdé, specialiste en developpement cognitif, complète cette théorie[40], en situant trois phases de l'intelligence humaine modélisés dans des algorithmes :

— l'intelligence sensori-motrice (avant 6 ans)

— l'intelligence opérationnelle concrète tel comme définie par Jean Piaget (entre 7 et 12 ans) et

— l'intelligence propre à la résistance cognitive, appelée *intelligence opérationnelle formelle*(de l'adolescence à l'âge adulte)

Cette dernière permet le raisonnement scientifique et l'apprentissage des valeurs et normes sociales.

Dans son analyse *A unified model of cognition, emotion and action*[140], Pollermann montre comment le comportement adaptatif d'un système est assuré par les cinq critères suivants :

— A.sentir l'environnement externe et interne, interpréter puis stocker l'information

— B. utiliser la mémoire et les signaux perceptives pour décider

— C. réguler les ressources internes (pour les humains il s'agit d' ajustements au niveau somatique et neuroendocrin)

— D. transformer les actions choisies en modèles de comportement

— E. évaluer le rendu (perception, procession de l'information et mémoire)

draw schema and maybe schema of Varela

De façon analogique, ces critères correspondent aussi aux propriétés des émotions. Cela est traduit par des attributs comme la *valence*(critère A et E via des stimuli extérieurs), *la capacité d'activation*(critère C et D, selon les feedback de sous-systèmes) et *la potence*(correspondant au critère B). Plus loin en parlant des émotions, Pollermann cite le neuropsychologist Douglas Watt pour qui lorsque les paramètres de base dépassent les variations connues, l'état est ressenti et interprété comme émotionnel :

> "When internal physiological states are outside a desirable range, both visceral sensations and action dispositions are activated."

A mon tour, je m'interroge sur le rôle des représentations mentales en lien avec ces observations. Sur scène, les performeurs convoquent leur imaginaire. Leur vécu experientiel vient s'associer à des émotions nouvelles, qu'ils vivent seulement en partie-*sorte de simulacre d'une émotion*. Cet aspect est proche de celui des robots, pour qui les émotions n'existent pas véritablement.

Indépendamment de l'impact des nouvelles observations sur l'embodiment[6], ou des multiples perspectives impliquées dans le concept d'intelligence, Pfeifer et Bongard considèrent comme intelligent ce qui peut être investi par deux caractéristiques : *la capacité d'adaptation* et *la diversité*. Plus concrètement, les agents intelligents se conforment toujours aux exigences physiques et les règles sociales de leur environnement, et exploitent ces règles pour produire des comportements nouveaux, selon le contexte :

> "All animals, humans, and robots have to comply with the fact that there is gravity and friction, and that locomotion requires energy : there is simply no way out of it. But adapting to these constraints and exploiting them in particular ways opens up the possibility of walking, running, drinking from a cup, putting dishes on a table, playing soccer, or riding a bicycle. Diversity means that the agent can perform many different types of behavior so that he—or she or it—can react appropriately to a given situation. An agent that only walks, or only plays chess, or only runs is intuitively considered less intelligent than one that can also build toy cars out of a Lego kit, pour beer into a glass, and give a lecture in front of a critical audience. Learning, which is mentioned in many definitions of intelligence, is a powerful means for increasing behavioral diversity over time." (Rolf Pfeifer et Josh Bongard p.16)

L'idée que des robots capables de s'adapter pourront un jour proposer des véritables actes artistiques, est à la fois terrifiante et à la fois séduisante. Le vécu experimential d'un robot, ses émotions et pensée seront codifiés dans le bagage sensoriel de *son espèce*. Lorsqu'un ours peint, nous évaluons son comportement selon les normes sociales qui définissent notre espèce. Plus probablement l'ours imite un comportement humain à son tour, dont le sens lui échappe. Si toutefois, il aura un comportement spécifique, différent de celui des humains cela restera opaque pour nous le temps que des ethologues observent plusieurs ours, pour tirer des conclusions quant à sa motivation. Dans ce sens, je reste ouverte à l possibilité d'assister un jour à une véritable oeuvre d'*Art Robotique*, faite par des robots est non avec des robots en guise de médiums et outils.

Conclusion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed eget erat tortor. Mauris iaculis congue nibh ac sollicitudin. Aliquam aliquam velit eu aliquet tincidunt. Vestibulum lacus ipsum, feugiat at feugiat id, auctor quis nisl. Maecenas ultricies sagittis convallis. Curabitur at velit ut odio condimentum fringilla. Ut consequat eget arcu vitae pharetra. Pellentesque quam quam, luctus at ipsum non, accumsan ultrices ipsum. Integer dictum, leo et ornare viverra, enim massa tristique est, aliquam porta odio arcu non lectus. Maecenas posuere, ante sed congue blandit, nisi quam aliquet enim, in vehicula eros metus vitae quam. Nam lacinia malesuada lorem, at mattis risus mattis interdum. Nullam ac sapien nec quam ultrices dictum vitae eu erat. Curabitur a leo

a lorem mollis volutpat. Duis volutpat porta nulla in convallis. Mauris sed accumsan nisl, ac efficitur nisl.

Chapitre I.3

Robots sur scène

L'état d'art de ce chapitre se concentre sur le lien entre le mouvement du corps humain, l'appréhension des enjeux que cela engendre pour la robotique puis l'incorporation ou l'embodiment[] acquis à travers la danse, dans le contexte des spectacles avec des robots[41]. Dans son livre *La robotique : une récidive d'Héphaïstos !* (2012) Jean-Paul Laumond décrit la controverse entre la science- "dont l'objectif est de déduire" par rapport à la technologie- "préoccupé davantage par le faire " et les observations empiriques. Pour lui, la robotique est née de la tension entre ces deux approches contemporaines, inspirées des lois naturelles. Néanmoins ces deux disciplines s'inspirent à leur tour de la physique, de la biologie, des neurosciences, de la psychologie et d'autres théories complémentaires. Ainsi, la robotique peut être considérée comme un moyen de comprendre et de mettre en œuvre la complexité du vivant, à travers un mélange des savoirs-faire et des pratiques. Dans une démarche parallèle, proche d'une approche sociologique, cette complexité du vivant pourrait être appréhendée aussi par l'art, comme discipline[42] à travers "ses intentions spéculatives et provocatrices"[43]. L'artiste Simon Penny utilise la dichotomie entre une forme de savoir qui réside dans l'abstraction et une autre qui réside dans la réalité concrète du monde[43] pour introduire un concept émergent qu'il intitule la **robotique culturelle**. Ce concept met en avant le lien entre les robots et les sociétés dans lesquelles ces derniers évoluent. Si dans les premiers chapitres nous avons pu comprendre le contexte artistique que cette thèse défend, le présent chapitre traite du rapport du corps dans la robotique et les éventuels enjeux que cela soulève.

I.3.1 La biomécanique comme façon d'appréhender le corps

Le terme biomécanique regroupe la biologie comme science du vivant et la mécanique comme science physique d'étude du mouvement- entre ses déformations et ses états d'équilibre. Au sens large, cette discipline étudie la physiologie du mouvement dans le corps humain avec ses fonctions et ses propriétés respectives. Des disciplines comme la robotique, la médecine ou le design s'appuient sur des principes de biomécanique pour mieux construire leurs hypothèses de recherche. Dans le domaine artistique, les danseurs et les metteurs en scène se sont également intéressés à la biomécanique pour développer leurs pratiques.

I.3.1.1 Meyerhold et son approche sociologique

La biomécanique a aussi donné nom à une discipline enseignée par le metteur en scène russe Vsevolod Emilievitch Meyerhold. Cette discipline fait son apparition au début du XXe siècle et cultive une conscience de soi dans l'espace ainsi qu'un travail plastique et rythmique de l'acteur. Inspirée entre autres par la commedia dell'arte et du travail des danseuses Isadora Duncan et Loïe Fuller, cette méthode d'entraînement physique permet aux acteurs de développer leur coordination et leur sens du rythme sur le plateau.

En comparaison avec d'autres éléments du théâtre, Meyerhold considérait le mouvement scénique comme un des moyens d'expression les plus puissants. Ainsi il dirige entre 1914 et 1917, dans son studio à Pétersbourg une série d'études de pantomime accompagnées au piano. Parmi ces exercices- "Les Deux Smeraldina", "Le poignard" ou "La gifle"- reposent sur des activités corporelles comme le bond ou la chute ainsi que des éléments d'acrobatie avec différents objets liés à la tradition théâtrale- l'épée, la cape ou la canne. Par ces partitions rigoureuses, l'acteur est censé comprendre l'importance des différents éléments du corps les uns par rapport aux autres. Un exemple que Meyerhold citait lors de ses exercices, fait référence à l'importance des détails- quand le petit doigt bouge, le corps entier doit supporter ce mouvement, pour rendre le petit doigt visible jusqu'au fond de la salle. La plupart de ces exercices se font en groupe, même si elles ne requièrent qu'une seule personne pour les pratiquer. Lorsqu'une personne finit sa pratique, le reste du groupe reprend la totalité de l'étude une seconde fois, pour enrichir les variations de propositions. "Le poignard" et "La gifle" sont deux études qui s'exécutent en paire, pour travailler la coordination et la précision entre les partenaires. L'élément clé de la pratique de Meyerhold est ainsi le corps de l'acteur, considéré comme un matériau à travailler individuellement mais aussi collectivement comme l'affirme [44] :

> "Le travail physique de l'acteur, découpé en segments d'actions précisément délimités dans l'espace et dans le temps se caractérise encore par un montage de matériaux hétérogènes unifiés par le rythme de l'action et l'ironie de l'acteur : combinaison de techniques appartenant à différents métiers du spectacle, de registres vocaux variés, création d'une sorte d'acteur collectif. Les meilleurs comédiens ont l'équilibre des funambules, le tronc monté sur ressorts des jongleurs, l'audace des acrobates, le coup de poing du boxeur, le cri du ventriloque."

En alternant travail individuel et travail collectif, les acteurs acquièrent des bases solides d'interaction et une bonne capacité d'adaptation aux formats et expériences. Comme le souligne Mel Gordon dans son article sur Meyerhold[45], pour le metteur en scène russe la fonction du théâtre est d'abord sociale afin d'éduquer et de promouvoir la reconstruction socialiste et scientifique de son pays. Lorsque Stalin s'empare du pouvoir,la plupart des secteurs de la société soviétique traversent des processus rapides de collectivisation et d'industrialisation. Les théâtres, puis plus généralement la culture, perdent progressivement leurs moyens et la liberté d'expression.D'autres méthodes s'inventent.

Le metteur en scène russe voit les troupes de travailleurs semi-professionnels comme un outil pour éduquer les masses. Pour améliorer sa formation d'acteurs, il applique des principes ou des méthodologies scientifiques à la mode dans l'industrie soviétique, à ses fondements théoriques. Parmi ces méthodologies, le Taylorisme est le résultat des observations de l'ingénieur américain Frederick Winslow Taylor (1856-1915) sur la gestion scientifique du travail et de la productivité. Au début des années 1910, sa méthode est

largement appliquée dans l'industrie, notamment en Europe et en Russie. Après avoir visité des usinés et examiné leurs chaînes de production, l'ingénieur est arrivé à la conclusion que les mouvements physiques des travailleurs influencent le rendement de la production. Lorsqu'il exécute une tâche répétitive, un travailleur s'engage, souvent sans s'en rendre compte, dans des mouvements superflus qui diminuent son efficacité. Pour Taylor, il est question de trouver les mouvements et les gestes les plus efficaces, dans ce qu'il a appelé *une économie du mouvement*. Pour faire cela, il a dû prendre en considération des facteurs comme les rythmes de travail et l'équilibre des postures. Toujours pour Gordon, les idées de Meyerhold croisent également celles de la psychologie fonctionnelle- dont le psychologue William James a mis les bases, ainsi que celles du béhaviorisme que j'ai mentionné en lien avec le cognitivisme. Entre autres James considère la conscience et ses états transitoires comme directement liés au corps physique, alors que certains schémas d'activité musculaire suscitent des états émotionnels équivalents. En Russie à la même époque, des médecins comme Vladimir Bekhterev ou Ivan Pavlov ont aussi entamé des recherches sur les comportements et le conditionnement des réflexes humains. Selon leurs observations, tout comportement humain peut s'expliquer par l'histoire des interactions de l'individu avec son environnement.

En s'inspirant de ces observations, Meyerhold les applique à sa méthode d'entraînement physique des acteurs. Les effets de ce processus sont ressentis lors des spectacles dont le rythme des acteurs est proche d'une chorégraphie. Si le décor est souvent inspiré par le courant constructiviste - dont la philosophie repose sur l'austérité et les motifs non-figuratifs, les déplacements des acteurs dessinent des parcours géométriques à la façon d'une danse des motifs. Ces parcours dépendent du nombre pair ou impair des acteurs. Ils créent des constellations dans l'espace qui donnent aux spectateurs la sensation d'une mécanisation des processus artistiques.

D'une façon avant-gardiste et engagée, Meyerhold a dédié son travail à la lutte des classes, aux problèmes sociaux, en espérant contribuer à la création d'un nouveau type humain. Le culte de personnalité et les dérives du régime totalitaire stalinien ont fait que son théâtre soit fermé en 1938 et le metteur en scène exécuté en 1940, malgré le fait qu'il soutenait pleinement les idées communiste.

I.3.2 Faire danser les robots

I.3.2.1 Nouvelles formes de corporéité sur scène

Pour comprendre comment mettre en scène les robots, je commence mon analyse avec les problématiques liées à la représentation du corps dans les propositions scéniques contemporaines.

Une certaine partie de la communauté artistique en danse, semble œuvrer à une compréhension phénoménologique de l'expérience de l'incarnation. Les danseurs et chorégraphes proches de ce mouvement, s'intéressent à la conscience du corps ainsi qu'à l'évolution des formes de corporéité avec l'émergence des principes neuroscientifiques et somatiques. Le livre *Disjunctive Captures of the Body and Movement*[0] interroge les formes de corporéité qui donnent une façon propre d'habiter le corps. Pour cela, Bojana cite des choreographs tels Ingvartsen et Jefta VanDinther ou Eszter Salamon pour qui la danse est, avant tout, un lieu d'expérimentation. Elle questionne l'expérience subjective du mouvement, tout comme la chercheuse Stamatia Portanova dont Bojana se sent proche. Portanova travaille sur les nouvelles technologies et leur impact sur la danse[47]. Dans le chapitre *Can objects be processes ?*, elle se demande comment le

geste dansé peut s'échapper à la linéarité du temps et faire émerger un contenu original, atemporel. Dans le contexte d'une monde dominé par les ordinateurs et les sciences computationnelles, elle désigne le glitch comme facteur perturbateur[48], capable de transgresser les lois physiques et de provoquer une faille anachronique :

> "the appearance of the new takes the form of a glitch, an interruption of the continuous relational chain between past and future, the moment when past data are valued and particular ideas are selected in an occasion of experience, in order to determine what the future occasion will be."

Son hypothesis se construit autour du travail de William Forsythe. Le spectacle *One Flat Thing, reproduced*(2000) a comme contrepoids numérique *Synchronous Objects for One Flat Thing reproduced* - un site vidéo créé par la compagnie de danse Forsythe en collaboration l'Université d'Ohio comme outil de visualisation des paramètres chorégraphiques. Les paramètres captés lors du mouvement des danseurs sont transposés en données statistiques en lien avec la musique, l'architecture, ou la géographie - pour explorer sous un autre ongle les possibilités de composition entre le mouvement et l'espace. Le site *Synchronous Objects* ne peut pas reproduire la chorégraphie à posteriori, malgré la multitude des données capturées et l'infinité des possibilités de représentation- puisque le temps de la performance est unique dans sa temporalité. Pour Stamatia, l'analogie avec le glitch trouve son correspondant dans l'instantanéité du présent quand chaque mouvement répétée en dehors de la représentation, donne suite à une œuvre inédite et éphémère.

I.3.2.2 Défis chorégraphiques dans la représentation du corps

Les œuvres chorégraphiques que Bojana analyse ne remplacent pas les danseurs par des agents non-humains ou des systèmes numériques comme dans l'étude de Portanova. En échange, elles mettent en scène le corps comme support physique du mouvement, à la lisière entre expérience subjective et objective. Bojana insiste sur la manière dont la relation entre le corps et le mouvement est rendue impersonnelle, *dé-subjectivé*, mais aussi *dé-objectivé* sur la base d'une perturbation délibérée entre sujet et objet.

Pour mieux définir ces concepts, dans son optique la subjectivation traite le corps comme une source d'expression de soi. Ainsi par le mouvement jaillit l'envie du corps d'exprimer son expérience émotionnelle intérieure. A l'inverse, l'objectivation restreint le corps à un simple instrument d'articulation physique, dont le mouvement se fait "en" et "pour" lui-même.

Dès les premières pages de son livre, Bojana nous introduit au *concept deleuzien de reconnaissance* où le corps et le mouvement se situent dans des relations d'interdépendance. L'identité subjective du danseur est reflétée et représentée dans l'identité objective du mouvement. Cela l'aide à mieux définir un corps en mouvement et comprendre les facteurs qui facilitent ce processus de symbiose.

Déconstruire le corps humain signifie également construire une multiplicité de corps à partir de ses membres. Par le fait d'éviter l'unification d'une seule figure reconnaissable dans sa forme et son image, le corps est objectivé. Comme Bojana le souligne dans son livre, le partitionner pour recomposer ses parties dans un processus de devenir, laisse apparaître des nouveaux corps différents et méconnaissables.

En ce qui concerne mon contexte particulier de spectacles avec des robots, je réfléchis aux deux - corps et mouvement - en contrepoids avec la machine. Lorsque les danseurs réalisent une synthèse entre le corps et le mouvement, les machines deviennent la structure qui animent "un corps hybride en mouvement." Cette objectivation opère

à plusieurs niveaux, physique et phénoménologique, avec pour seul indicateur pour l'expressivité humaine.

Deleuze et Guattari voient ce résultat hybride des objets détachées et des corps réorganisés, comme un processus perpétuel[**Bojana**] :

> "Partial objects are only apparently derived from (prélevés sur) global persons ; they are really produced by being drawn from (prélevés sur) a flow or a nonpersonal hyle, with which they re-establish contact by connecting themselves to other partial objects."

Ces constats, des véritables défis chorégraphiques, ont encouragé Bojana à regarder de plus prêt les performances qui adressent ces problèmes sur le plateau.

Le spectacle *Nvsbl*(2006) d'Ester Salomon met en scène quatre performeuses gravitant à partir de quatre coins de la scène vers le centre- parcourant 5,5 mètres pendant une période d'environ 80 minutes. La trajectoire qu'elles effectuent est si alambiquée et prolongée dans la durée que ni les spectateurs ni les interprètes n'arrivent à saisir complètement le déplacement dans l'espace. Alors que les spectateurs peuvent enregistrer la transformation rétrospectivement - en détournant le regard puis en regardant en arrière pour vérifier s'il y a eu un avancement - "cette expérience reste en dessous du seuil de perception"[49].

Pour parler de son projet, la chorégraphe cite la critique d'art Peggy Phelan[50] pour qui toute performance à sa propre réalité. Cette réalité existe seulement pendant le temps de la représentation :

> "Our visual perception therefore does not provide us with a complete picture or idea of reality. Nevertheless, we use visible reality as an effect of reality in order to construct our image of reality."

Lors de la création du *Nvsbl*, la chorégraphe hongroise s'est inspirée des techniques somatiques comme le Body Mind Centering, mentionné dans le chapitre antérieur. Lors de la représentation, tous les paramètres par lesquels le mouvement est habituellement perçu et reconnu sont suspendus[**Bojana**]. Aucun élément corporel ne peut être distingué comme initiateur du mouvement, puisque chaque performeuse est impliquée dans un mouvement perpétuel qui opère à son intérieur. Les chercheurs[144] évoquent le concept de regard oscillatoire, en anglais *oscillating gaze* pour faire référence au mouvement d'attention qui sollicité le spectateur pour regarder autrement ce que se déploie devant ses yeux. Des nombreuses parties du corps s'engagent simultanément dans un processus de dépliage de formes, comme un corps vivant laisse entrevoir son statut d'objet.

Un deuxième travail mentionné par Bojana fait référence à la manière de créer avec des objets et des dispositifs moins technologiques. Elle prend comme exemple le spectacle *It's in the air*(2008) par Ingvartsen and Jefta VanDinther dont il est question de réinventer le corps et ses limites dans un contexte où les lois physiques sont transgressées. Ce spectacle où un homme et une femme performent sur deux trampolines géantes, s'organise autour de plusieurs rencontres mouvement-machine. Le mouvement reste partagée entre le corps et le trampoline, entre le volontarisme de l'action et le lâcher-prise de la personne qui subisse le rebond :

> "We are not looking for what we can do on a trampoline but rather for what a trampoline can do for us. By introducing the trampolines as a resistance to the movement production we force ourselves to reconsider everything we know about the dancing body, in relation to weight, shape, gravity, direction, rhythm and phrasing." (Ingvartsen and van Dinther 2007 : 1)

FIGURE I.3.1 – Heart Robot, un projet de XXX. Source photo :

Les deux performeurs multiplient les possibilités d'expression, alternant entre le lâcher prise et la maîtrise totale du geste, un corps tonique et un corps mou, un saut haut et un saut très bas. Le rythme de leurs sauts donne l'impression d'un visionnage des images cinématographiques à la façon de Muybridge. Le corps apparaît comme une figure, à la fois humaine, animale et mécanique, en compétition avec la gravité. Sa désubjectivation en relation avec des trampolines, montre comment des dispositifs techniques moins complexes que les robots peuvent nous interpeller tout autant.

I.3.2.3 Déconstruire la corporéité des robots

Au cours des dernières décennies, des chercheurs dans différents domaines de la robotique ont étayé l'importance du mouvement[51] dans la mise en place des interactions avec les robots. Pour la grande majorité d'entre eux, le contrôle optimal est le facteur clé pour améliorer tout travail collaboratif homme-robot. Leur objectif est de générer des commandes motrices adaptées à plusieurs contextes et contraintes. Certaines études mesurent l'effet de l'imitation sur le HRI[52] alors que d'autres se concentrent sur l'improvisation et l'apprentissage par renforcement. A notre échelle, cette recherche-création s'attache à comprendre comment la perception du mouvement peut augmenter la complicité avec les systèmes artificiels. De manière large, elle interroge la façon dont le comportement et le mouvement définissent la capacité d'agence et l'autonomie des robots- concepts que nous allons aborder dans les prochains chapitres.

Pour programmer des robots qui dansent, il faut trouver des analogies entre les symboles abstraits des ordinateurs et les signaux physiques des corps en mouvement. Selon le roboticien Jean-Pierre Laumont, "un mouvement est perçu par les autres dès son achèvement dans l'espace physique"[53]. Pour lui, toute analyse du mouvement humain, traduisible aux robots, se concentre sur la relation entre l'espace physique et l'espace corporel. Les roboticiens sont confrontés à ces questions quand ils modélisent un espace physique comme *l'espace opérationnel* dans lequel les actions du robot sont exprimées, alors que *l'espace du corps est*, pour eux, l'espace de contrôle ou l'espace de configuration du système robotique considéré.

Leur travail se concentre sur la prise en compte des informations cinématiques

d'un mouvement tout comme sur les informations dynamiques - par exemple les forces de contact avec l'environnement lors d'un mouvement. La dynamique permet entre autres, de contrôler la stabilité du robot pour générer des mouvements fluides et sûrs. Comparativement à la biomécanique, qui permet d'affiner l'interaction du corps humain avec son environnement, la dynamique est un critère important pour observer la qualité d'un mouvement et mesurer sa performance. Ainsi les humains, comme les animaux, utilisent des forces de contact pour générer du mouvement et se tenir debout face à la gravité. Pour cela, ils effectuent des tâches complexes où ils adaptent leur corps à l'environnement de façon spontanée. La communauté scientifique à formalisé cette propriété innée dans la théorie des primitives de mouvement dynamique[54], ou en anglais *Dynamic Movement Primitives* (DMP).

Pour programmer des mouvements similaires à une danse, il faut les décomposer dans une séquence de mouvements élémentaires, basée à son tour sur des primitives de mouvements dynamiques. Lorsqu'il s'agit de modéliser les processus psycho-somatiques ou les émotions qui déterminent une danse, les choses deviennent en général compliquées. Des avancées en neurosciences s'intéressent à ce type de défis[55]. À cet égard, chaque mouvement peut être modélisé sous la forme d'une équation mathématique qui respecte les lois physiques. Cette équation est à son tour traduite en langage de programmation. Des modèles mathématiques sous-jacents à l'analyse de la dynamique du mouvement humain correspondent à des modèles descriptifs basés sur une multitude de variables mécaniques. Dans ce sens, **les équations de mouvement** ont une terminologie spécifique, selon leur domaine d'utilisation. De façon générale, elles décrivent le mouvement d'un objet physique selon les lois de la mécanique newtonienne. Ce mouvement peut être représenté sous la forme de coordonnées sphériques, cylindriques ou cartésiennes. Il comprend l'accélération de l'objet en fonction de sa position, de sa vitesse, de sa masse et les variables connexes. Selon Laumond, en robotique une équation de mouvement est définie comme un moyen de comprendre la relation qui varie entre le temps pour un mouvement spécifique, le moment des forces appliquées sur l'environnement et les forces générées par les muscles et transmises par couples articulaires.

Pour les humains, la capacité de combiner et d'adapter des unités de mouvement de base en tâches complexes, se produit par la coordination entre des muscles et des articulations. Puisque le corps humain dispose d'approximativement 700 muscles, 360 articulations et 206 os[56], le même mouvement peut être réalisé en activant différentes parties du corps. Définir le mouvement à partir des multiples stratégies possibles dévient encore plus compliqué lorsque nous prenons en compte la spécificité de chaque individu. Cette spécificité est souvent observée lors des séances d'éducation somatique où l'intuition et le ressenti du praticien comptent plus que les statistiques et les équations mathématiques. Néanmoins une fois une hypothèse émise, elle doit être vérifiée scientifiquement pour pouvoir être validée et acceptée par la communauté scientifique. C'est en cela qu'un travail intuitif et instinctif en danse contemporaine est parfois difficilement transposée en robotique.

En fonction des mesures disponibles et de la partie du corps qui initie le mouvement humain, différentes approches peuvent être envisagées. Certaines études[57, 58] se concentrent seulement sur le mouvement des extrémités ou du torse, ce que correspond au *task-space* ou l'espace des tâches en robotique[59]. En effet, la plus grande partie du corps humain est le torse ; représentant en moyenne 43% du poids corporel total alors que les cuisses, le bas des jambes et les pieds constituent les 37% restants du poids total - suivis par les membres supérieurs (13%) et la tête et le cou (7%)[60]. Pour les

mouvements courants, ces primitives ont l'origine dans notre inconscient et sont pour la plupart des gestes automatiques ou des mouvements réflexes. Hubert Godard fait appel au concept de pré-mouvement comme langage non conscient de la posture, pour expliquer ce type de mouvement :

> "Tout un système de muscles dit gravitaires, dont l'action échappe pour un grande part à la conscience vigile et à la volonté, est chargé d'assurer notre posture ; ce sont eux qui maintiennent notre équilibre et qui nous permettent de nous tenir debout sans avoir à y penser. Il se trouve que ces muscles sont aussi ceux qui enregistrent nos changements d'état affectif et émotionnel. Ainsi, toute modification de notre posture aura une incidence sur notre état émotionnel, et réciproquement tout changement affectif entraînera une modification, même imperceptible, de notre posture."

Le libre arbitre vs "the readiness potential"

Pour aller plus loin et illustrer mon point de vue sur la dualité corps-esprit, je mentionne l'expérience du neurologue Benjamin Libet[61] qui, avec ses collègues, s'intéressent aux phénomènes qui opérant dans le cerveau au moment où une action intentionnelle a lieu. Plus spécifiquement, l'expérience demande aux participants de bouger leur doigt spontanément, quand ils veulent. En parallèle, ils regardent une horloge avec un point de lumière tournant, afin d'indiquer l'endroit où est le point sur l'horloge lorsqu'ils prennent leur décision consciente de vouloir exécuter un mouvement de doigt. Pendant ces instructions, Liebt et son équipe analysent l'activité cérébrale avec des capteurs d'électroencéphalographie (EEG) et mesurent le mouvement réel des doigts avec des capteurs électromyographiques (EMG). Leurs résultats prouvent que le début de l'activité cérébrale commence plus d'une demi-seconde avant le mouvement réel des doigts et plus de 300 ms avant que les sujets ne prennent conscience qu'ils veulent bouger leur doigt. Ils définissent alors le facteur de *readiness potential* (potentiel de préparation) - pour illustrer le fait que la volonté consciente de bouger le doigt se produit un intervalle significatif après le début de l'activité cérébrale pertinente. Cette expérience démontre que le concept de libre arbitre est plus complexe à définir que ce que nous entendons par *décisions consciente* et influe sur les débats actuels concernant l'intelligence artificielle. Si 40 ans après cette expérience, il nous est toujours difficile de modéliser le facteur de *readiness potential* , rendre des robots capables de prendre des décisions *conscientes* reste un défi.Cependant cela n'empêche pas la communauté scientifique d'imaginer d' autres pistes d'exploration et hypothèses de recherche. Une de ces pistes réside dans l'importance de l'interaction avec l'environnement. Si un agent ou un système a un corps physique (en anglais *is embedded*, il est soumis aux lois de la physique qui impliquent de s'habituer à la gravité et aux forces de friction, ainsi qu'à l'approvisionnement en énergie pour survivre. Ainsi cela pose de nouveaux défis pour ce qu'il y a de capacité d'adaptation et des multiples négociations entre les calculs internes et des actions directes :

> "the real importance of embodiment comes from the interaction between physical processes and what we might want to call information processes. In biological agents, this concerns the relation between physical actions and neural processing—or, to put it somewhat casually, between the body and the brain. The equivalent in a robot would be the relation between the robot's actions and its control program." (Rolf Pfeifer et Josh Bongard p.18)

Pour illustrer cela, ils font une comparaison entre l'action d'attraper un verre par

un humain et par un robot. Si pour l'humain, le tissu de ses bout des doigts s'adapte à la forme du verre, le calcul de forces à appliquer se fait en conséquence. Cependant pour une main de robot le tissu est rigide, il n'y a pas cette possibilité d'adaptation et plus souvent le verre se casse car la force appliquée n'est pas la bonne. Ainsi ils argumentent l'hypothèse que l'intelligence humaine est distribuée dans tout le corps, et pas que dans le cerveau.

Pour simplifier les choses, une approche plus pratique est celle où les robots humanoïdes imitent des mouvements de danse capturés lors des démonstrations humaines. La simulation numérique du système musculo-squelettique humain permet de travailler avec un grand nombre de données expérimentales. La capacité de traiter ces données de façon itérative en temps réel dépend de la fréquence d'enregistrement. Les roboticiens utilisent des techniques de *Motion Capture* combinées à des technologies comme le Learning from Paradigme[62] qui propose des modèles pour faciliter la danse- tels la cinématique inverse ou les modèles de contrôle prédictif- ainsi que de la dynamique inversée de l'espace opérationnel[63]. L'objectif de ces technologies est d'enregistrer et générer des mouvements avec un coût de calcul optimal. Une grande majorité des projets artistiques actuels font appel à des robots préprogrammés par des humains pour répondre à des signaux spécifiques et se comporter d'une certaine manière. Sur scène, le fardeau des mouvements synchrones qui garantissent l'interaction repose sur la réactivité et l'adaptabilité de l'artiste. En danse par exemple, le performeur doit garder le tempo, ce qui ne lui laisse que très peu de possibilités d'improvisation. De plus, il n'a pas le droit à des erreurs, car le robot continuerait alors à exécuter son programme quels que soient les événements imprévus qui se déroulent en parallèle. Cette situation est généralement évitée grâce à un opérateur humain disponible pour prendre le contrôle du robot à distance. En utilisant les technologies de suivi existantes comme des capteurs XSENS, l'artiste peut se connecter directement au robot, pendant que ses mouvements sont analysés en temps réel. Alternativement, ses mouvements peuvent être utilisés pour contrôler le mouvement du robot ou déclencher des changements de rôle. D'autres techniques basées sur la reconnaissance thermique ou la vision et le suivi haptique du mouvement humain, font l'objet des études en cours qui pourront éventuellement inspirer la communauté artistique.En 2012, lors d'un spectacle de danse de 10 minutes avec un robot HRP-2 et un danseur de hip-hop, l'humain a embrassé l'humanoïde sur scène. Les mouvements ont été calculés grâce au modèle OSID développé par LAAS. Le geste du danseur- ouvrant ses bras devant l'humanoïde- peut être interprété rétrospectivement comme une réaction empathique d'abandon devant la machine, une invitation pour devenir amis, ou bien l'acte de reconnaître un vieil ami.

Une fois interpellé, le robot a attendu quelques secondes -probablement dû à un délai de temps de traitement de l'information- avant d'ouvrir ses bras pour faire un câlin à l'humain. Chaque spectateur projette sa propre interprétation concernant le message du spectacle et finalement les deux interprètes ont des motivations indépendantes l'un de l'autre. Si dans le cas de l'humain c'est clair que son action a été déterminée et conscience, dans le cas du robot, nous nous imaginons qu'il a été programmé pour répondre à un comportement spécifique.Dans [64] Nakaoka et al. avancent l'idée qu'une version améliorée des robots HRP peut générer une technologie de contenu innovante à partir des technologies MoCap à l'origine des animations de personnages vidéo. Pour rendre cela possible, les développements technologiques ont été combinés avec le feedback des utilisateurs quotidiens afin de mieux comprendre leurs attentes. Dans ce sens, le robot HRP-4C (l'équivalent féminin de HRP-4) a chanté et présenté une danse lors d'une performance au DC-EXPO 2010, en utilisant l'interface Choréonoïde pour pro-

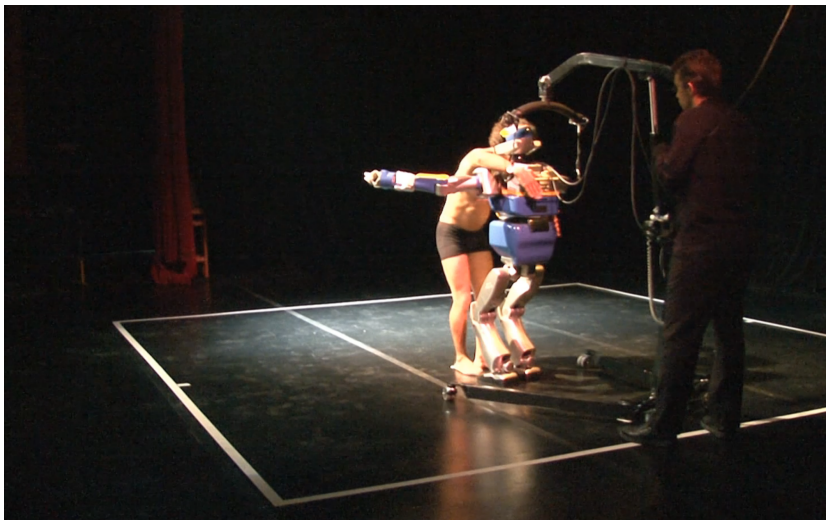


FIGURE I.3.2 – Captation de la performance au LAAS. Source photo :

grammer ses mouvements. Tout en mettant en œuvre les mouvements de danse d'un chorégraphe très connu apprécié par le public japonais, l'équipe a travaillé sur de nouvelles possibilités de mouvement propres aux robots. En adaptant le sens artistique des idées aux contraintes techniques du robot et l'inverse, ils ont proposé un projet innovant avec un robot réaliste qui s'est confondu parmi des danseuses humaines habillées et maquillées de façon identique. Ceci est un exemple de robot qui imite à la perfection un humain. Je suis loin de mes intuitions concernant la spécificité des robots comme espèces à part entière, mais les prochaines pages nous aideront à étudier de plus prêt ce phénomène. Dans *Les corps multiples d'une machine performative*[65] Louis Philippe Demers utilise le terme de "machine performative " pour illustrer une qualité des corps mécaniques dotées d'une "saveur de vivacité ". Pour lui, les expérimentations artistiques[66] avec les robots sont des exemples réussies d'incorporation, grâce aux concepts comme le "body- schema " [67] pour mieux implémenter dans les robots les fonctionnalités du vivant. Sa vision de l'incorporation[68] ouvre de nouvelles possibilités d'expression pour les artistes et les formes d'art hybride.Dans la même idée, d'autres chercheurs affirment que le comportement est le facteur le plus important dans l'avancement de la robotique[69]. Cela nous amène, à notre tour, à considérer le rôle des émotions dans la constitution d'un comportement. Dans mon contexte particulier de la danse, analyser les changements dans la conception et la configuration des projets d'art robotique, m'aide à mieux comprendre les possibilités d'interaction physique lors d'une performance live. HRI a beaucoup évolué au cours des dernières années. Actuellement il se décline dans des sous-domaines comme Natural HRI mettant en œuvre des émotions artificielles dans les robots, grâce aux modèles de classification hybrides multimodaux[70] et de l'apprentissage robotique interactif. Il est probable qu'au fur et à mesure que la compréhension de nous-mêmes s'élargisse, ces machines deviendront plus complexes également. Par l'utilisation de telles technologies, l'artiste n'est plus astreint à un choix binaire de suivre ou pas les cues des robots pré-programmés. De tels rôles peuvent être modulés comme dans[71, 72]. Au lieu d'exécuter des mouvements préprogrammés, les robots peuvent être contrôlés en ligne par les mouvements de l'artiste et même par les émotions de celui-ci, en temps réel. Des nouveaux espaces centralisés de contrôle multi-robot et multi-objet[73] pourraient également offrir la possibilité de manipuler plusieurs robots à la fois par un seul artiste ou combiner le contrôle de plusieurs robots par plusieurs artistes. Grâce aux techniques récentes de ML, les robots

pourraient apprendre directement des mouvements artistiques en observant l'humain, puis proposer des améliorations en temps réel sur scène. D'autres modèles qui utilisent l'apprentissage par renforcement [74] sont actuellement en cours de développement, apprenant aux robots à créer leur propre carte de réseaux sociaux et comportements afférents[75], tout en interagissant avec les humains.

I.3.3 Différents formats de présentation

Les projets artistiques avec des robots visent des interactions multimodales. Sur scène, ces interactions privilégient un contact physique avec des humains, facilité par des gestes, de la voix ou du toucher. Généralement le message transmis par ces œuvres est la nécessité de rapprocher les robots et les humains. Cette idée émerge à la fin des années 1960, quand un nouveau genre alliant l'art et les machines fait son apparition sur la scène artistique : l'Art Robotique. Initialement motivées par des rêves personnels en lien avec des défis scientifiques, les premiers projets artistiques impliquent des robots construits sur mesure, inspirés par les automates. Au fur au mesure que la technologie avance, ces robots vont devenir à leur tour plus complexes, capables de nous émouvoir et nous surprendre. Pour cette synthèse, je vais donc commencer par les dispositifs maladroits des années 1980, suivis par les expériences bioniques avec des exosquelettes une décennie plus tard et les bras robotiques industriels en parallèle avec les humanoïdes sophistiqués des dernières décennies. Cette progression suit de près l'évolution des développements technologiques dans la recherche en robotique, qui s'est souvent prêtée à des collaborations avec d' autres disciplines pour élargir et questionner ses directions.

A ce stade de mon état d'art, il me paraît intéressant de proposer une analyse globale du rôle de l'art robotique dans la réconciliation des projections fatalistes concernant notre cohabitation avec les machines. Cela me semble également intéressant d'investiguer dans quelle mesure cet art peut devenir un miroir pour refléter des spéculations transhumanistes, selon sa réception dans l'espace publique et les médias. Lorsque nous regardons la littérature contemporaine (citer art) des roboticiens, des artistes et des neuroscientifiques sont en cours d'établir les prémisses d'une nouvelle éthique pour les robots et les développements technologiques, afin d'empêcher les éventuelles dérives sur le sujet. Les œuvres sélectionnées informent la robotique sociale des possibilités d'interaction originales, tout en témoignant d'une relation complexe avec les machines, qui date déjà depuis presque un siècle. Quelque part l'art robotique, à l'instar des sciences traditionnelles comme la biologie ou la psychologie, peut faciliter une meilleure compréhension de nous-mêmes et nos attentes vis-à-vis des robots. Si la robotique sociale développe actuellement des machines incroyables, les robots sous diverses formes et fonctionnalités, sont de plus en plus présents dans notre vie quotidienne et nos cultures. La technologie est essentielle pour définir ce que les humains sont, du moins dans notre tradition occidentale, où la convergence entre l'homme et la machine est à la fois séduisante et repoussante. En contrepartie, la culture japonaise entretient une certaine distance avec la technologie, expliquant pourquoi les robots sont moins problématiques " là-bas, et comment ils ont été apprivoisés " (citer) avant d'être intégrés dans la société. Ce qui m'intéresse, en observant différents formats et expériences artistiques, est de comprendre comment les robots pourraient trouver à travers l'art, une condition indomptée ", avant leur industrialisation et en dehors leur commercialisation à grande échelle. Cette sélection représente seulement un échantillon des œuvres d'art robotique en lien avec la scène. Lorsqu'elles sont mentionnées par les artistes eux-mêmes ou la

littérature, les spécifications techniques offrent un aperçu important sur les défis et les limites de ce type de processus de recherche-création. A ma connaissance, il n'y a pas actuellement une méthodologie officielle sur la manière dont l'Art Robotique doit être évaluée, cette synthèse s'appuie donc sur des méthodes quantitatives utilisées dans les études existantes [19], [20] et est complété par les retours artistiques des auteurs ou les archives des processus de création et de réception. Le format des œuvres peut aller des sculptures et installations cinématiques, aux spectacles, performances et improvisations en direct. Pour mieux comprendre leur évolution, elles sont mentionnées en ordre chronologique. À cela, j'ai pensé rajouter également les apparitions dans le média où des robots se présentent en tant que maîtres spirituels ou artistes qui prônent un autre type de culture de divertissement (citer), afin de voir comment le rapport à la scène est influencé par ce format. De cette manière une caractéristique importante de cet étude, repose sur l'hypothèse que les interactions homme-robot au contact rapproché [13], [14], c'est-à-dire l'utilisation de gestes et d'interfaces haptiques [15]–[18], peut améliorer la façon dont les robots sociaux sont acceptés par les utilisateurs non expérimentés. Mon objectif est donc de voir comment ce processus d'apprivoisement opère dans des contextes artistiques et culturelles et qu'est ce que pourrait être son opposé - défini ici comme une condition indomptée " ou sauvage des robots. Dans les prochaines pages, j'analyse la spécificité des robots présentés dans les œuvres sélectionnées, puis j'appréhende les facteurs qui ont influencé le développement de l'Art Robotique. Pour argumenter ce processus, je m'appuie sur une première partie qui précise le contexte dans lequel la robotique et l'art aurait pu se rencontrer, leur lien commun et la façon dont elles se sont inspirées réciproquement. Souvent, l'impact des œuvres sélectionnées a facilité des découvertes en robotique sociale. Puisque les projets artistiques impliquant les robots ont été soumis à des contraintes technologiques (i.e. choix de matériaux influençant le message de l'œuvre d'art), je regarde comment ceux-ci sont considérés tout au long des processus de création et comment ils ont été mis en scène.[i]

I.3.3.1 D'où viennent les robots

Lorsque nous pensons à des robots, nous imaginons des dispositifs intelligents, autonomes du point de vue de l'alimentation, programmés pour ressentir " et interagir " avec nous et l'environnement [21]. En contrepoids, l'art veut faciliter l'accès à la dimension sensorielle de notre existence. Pour faire cela, les artistes misent sur l'affect (voir les sentiments du public) à travers une manipulation astucieuse de qualités tangibles " [22 citation penny anglais]. D'une manière prédictible, la définition de chaque terme est soumise à des évolutions permanentes, prouvant leur importance dans les préoccupations courantes de notre société. Interroger ces transformations dans le contexte de l'Art Robotique, aide à déterminer leur caractère dans les prochaines années.

Pas si loin du monde de l'art, la fascination pour des artefacts et des machines qui pourraient éventuellement devenir « vivants », a longtemps peuplé les rêves des humains. Quelques-uns de ces artefacts- les automates- ont été identifiés par des chercheurs [23], [21] comme vecteurs du développement technologique de nos sociétés. La définition du terme Automata sous-entend l'existence des dispositifs mécaniques qui se déplacent de manière autonome sans être directement manipulés par des humains. Remontant l'histoire pour identifier leurs origines, nous remarquons l'existence d'appareils mécaniques mobiles autonomes à Alexandrie vers le IVe siècle av. J.-C. [21] ainsi l'utilisation des gardiens robotiques automatisés " en bois, conçus à l'époque du

roi indien Ajatasatru de Magadha un siècle plus tard [21]. Quelque temps plus tard, le polymathe Ismail al-Jazari - suronmé « le père de la robotique » parmi les roboticiens d'aujourd'hui - a construit plusieurs automates humanoïdes pendant la période islamique du XIIIe siècle. Trois siècles plus tard Léonard de Vinci aurait présenté à la cour de Milan son chevalier mécanique. Dès le XVIIIe siècle, Jacques de Vaucanson présente lors des salons et des expositions privées, des inventions comme son célèbre « joueur de flûte » avec des poumons artificiels, ainsi que un canard qui pouvait manger, déféquer et flotter sur l'eau [23] comme son double animal " [24]. Selon [25] et [24], Vaucason aurait même été mandaté par le roi Louis XV pour construire secrètement un androïde de taille humaine vraisemblable dans les plus petits détails à des fonctions biologiques du corps humain - respiration, circulation, digestion, mouvement. Compte tenu des limitations techniques et matérielles de cette période, ce projet a malheureusement dû échouer. Vers la même époque, Wolfgang von Kempelen trompe son public en cachant un vrai humain dans son automate joueur d'échecs appelé Le Turc« , en invitant les nobles à défier les capacités intellectuelles" de sa machine. Un siècle plus tard, des inventions pratiques comme le phonographe ou le Cinématographe des frères Lumière confirment l'intérêt des spectateurs pour un goût du spectacle inspiré par la science, mettant en avant des machines ressemblant à des humains et éventuellement des robots. L'histoire de la robotique est étroitement liée à celle d'art [26], la sculpture anthropomorphe et la marionnette influençant la robotique plus que le design des ordinateurs. La différence entre les automates et les robots sociaux, indépendamment de leur utilisation ou de leur forme, est que les premiers sont des artefacts uniques, créés à la main " [27] alors que les derniers sont produits en masse, de façon automatisée.

« Au début du XXe siècle, l'écrivain tchèque Karel Capek écrit R.U.R.- Rossumovi Univerzalni Roboti (Les Robots Universels de Rossum) - une pièce de théâtre sur des créatures artificielles travaillant en usine. Ces créatures appelées »roboti« étaient facilement confondus avec les humains en raison de leur forme et de leurs capacités. Conçus pour remplacer le travail humain, ils apparaissent capables de réfléchir par eux-mêmes. D'abord heureux de travailler pour les humains, ils finissent par prendre conscience de leur état et décident de se rebeller contre les humains. Puisque cela peut potentiellement provoquer leur propre extinction [28], ils changent de perspective et décident de sauver l'avenir de l'humanité. Le texte gagne rapidement en notoriété et est traduit dans plus de trente langues à la fin du 1923 [27]. Le terme robot " [29] est désormais employé pour désigner des androïdes et des automates (»robota« signifiant travail forcé " en tchèque). Le nom du créateur des robots - Rossum [30] - pourrait renvoyer au mot tchèque rozum " signifiant raison ", sagesse " ou »bon sens« [31]. Dans cette interprétation, les créatures de Capek correspondaient à des serfs apportent la raison aux humains ". Aujourd'hui seulement le terme robot " [32], [26] désigne ce que nous appelons des machines programmables autonomes. Leurs applications se sont diversifiées[33], [34] (impactant des domaines comme la médecine, l'aéronautique, le militaire) et notre interaction avec les robots et leur impact à long terme sur nos vies [4] est en pleine expansion [35]. R.U.R. a été diffusé dans le monde entier et a conduit à différentes réactions parmi ses spectateurs. Au Japon, le spectacle a été présenté en 1924 sous le titre de Jinzo Ningen " (Homme Artificiel)[36]. Quatre ans plus tard, Makoto Nishimura- un biologiste marin sans aucune connaissance préalable en mécanique ni en ingénierie - a décidé de construire de toutes pièces une créature autonome équivalente, qu'il a nommée Gakutensoku " . Ce terme traduit par apprendre des règles de nature " vient en réponse aux médias de l'époque où les machines sont dépeintes comme des »serviteurs« des humains. Ainsi naît le premier robot fabriqué au Japon, selon

son créateur »le premier membre d'une nouvelle espèce, dont le but est d'inspirer les humains et de faciliter l'évolution humaine en élargissant nos horizons intellectuels " [37]. A partir de ce premier exemple, c'est intéressant d'imaginer comment les robots pourraient devenir un jour une race à part entière, capables d'autonomie et d'une forme de conscience artificielle". Cette thèse traite des exemples qui apportent les pour" et les contre" d'une telle projection, avec l'art comme terrain idéal d'expérimentations.

I.3.3.2 L'invention de l'Art Robotique

Au début du 20ème siècle, les artistes se sont intéressés à la cinétique et les sculptures en mouvement. Après les machines de Jean Tinguely [26] et de Marcel Duchamps, l'artiste coréen Nam June Paik crée l'oeuvre *Robot K-456* (1964) - probablement le 1er robot humanoïde à être utilisé dans un projet artistique.

Son nom vient de l'œuvre de Mozart *Concerto numéro 456 pour piano n° 18 en Si bémol majeur*, témoignant des liens entre la musique et la robotique. Ce prototype de robot télécommandé sur 20 canaux, a été construit au Japon par Shuya Abe [55] pour être présenté lors d'un festival annuel d'avant-garde à New York.

Lors de son apparition publique, le robot K-456 a marché dans les rues de New York pour diffuser l'enregistrement du discours du président John F. Kennedy. Il a également été impliqué dans une série d'actions type happenings, comme celle dans laquelle il fait semblant de déféquer devant des passants. Plus tard, dévenu célebre par à son utilisation de la vidéo et des médias de l'époque, Paik crée une oeuvre où Merce Cunningham est dedoublé en train de dancer sur des fonds de couleur qui alternent entre bleu, blanc et transparent. Cette œuvre intitulée *Merce by Merce by Paik* (1973) confirme les intuitions de l'artiste quant à l'impact des moyens technologiques sur la perception humaine. Ainsi il nous fait perdre le focus de la perception du mouvement dansé, en jouant avec l'environnement qui contient le danseur [76]. Le projet K-456 reste toujours en cours et vingt ans plus tard, le robot prend part à une simulation d'accident intitulée ´´La première catastrophe du 21e siècle". Cette fois une voiture conduite par l'artiste Bill Anastasi [56] lui rentre dedans en traversant la route. Dans ce premier exemple, nous soulignons l'intention de l'artiste de provoquer des interactions physiques et de donner l'illusion des processus physiologiques propres au robot, similaire au *Canard* de Vaucanson. Les spectateurs de cette performance assistent à une rencontre entre deux machines où un robot actionné par un humain (la voiture) heurte un autre. Leur rencontre conduit à la destruction du premier, projetant, sans probablement vouloir, une relation de confrontation entre les humains et les robots, avec des robots qui combattent pour dominer la race humaine. Ce scénario menaçant des robots destructifs a été réitéré tout au long des années suivantes. Lors des représentations données par Survival Research Laboratories, des machines souvent à grande échelle rivalisent pour s'entre-détruire [26], [57]. A la même époque, les artistes Bill Vorn et Louis Philippe Demers dépeignaient les robots comme des animaux sauvages se contestant un cube de métal (qui représente un morceau de viande) dans *Au bord du chaos* (1995). Dans sa performance *A- positif* (1997)[58] Eduardo Kak est littéralement connecté à un robot, à travers une aiguille intraveineuse qui transfuse son propre sang à la machine, afin d'allumer avec l'oxygène du liquide[28] la flamme d'un dispositif électronique. L'acte pourrait être interprété comme une métaphore pour alimenter la machine, la nourrir. Cela peut aussi signifier une tentative de le rendre humain, voir comment sa réalité physique peut ou pas transgresser les lois biologiques du vivant. Cette association de sang et de métal, du vivant et de l'artificiel, à son l'origine dans la

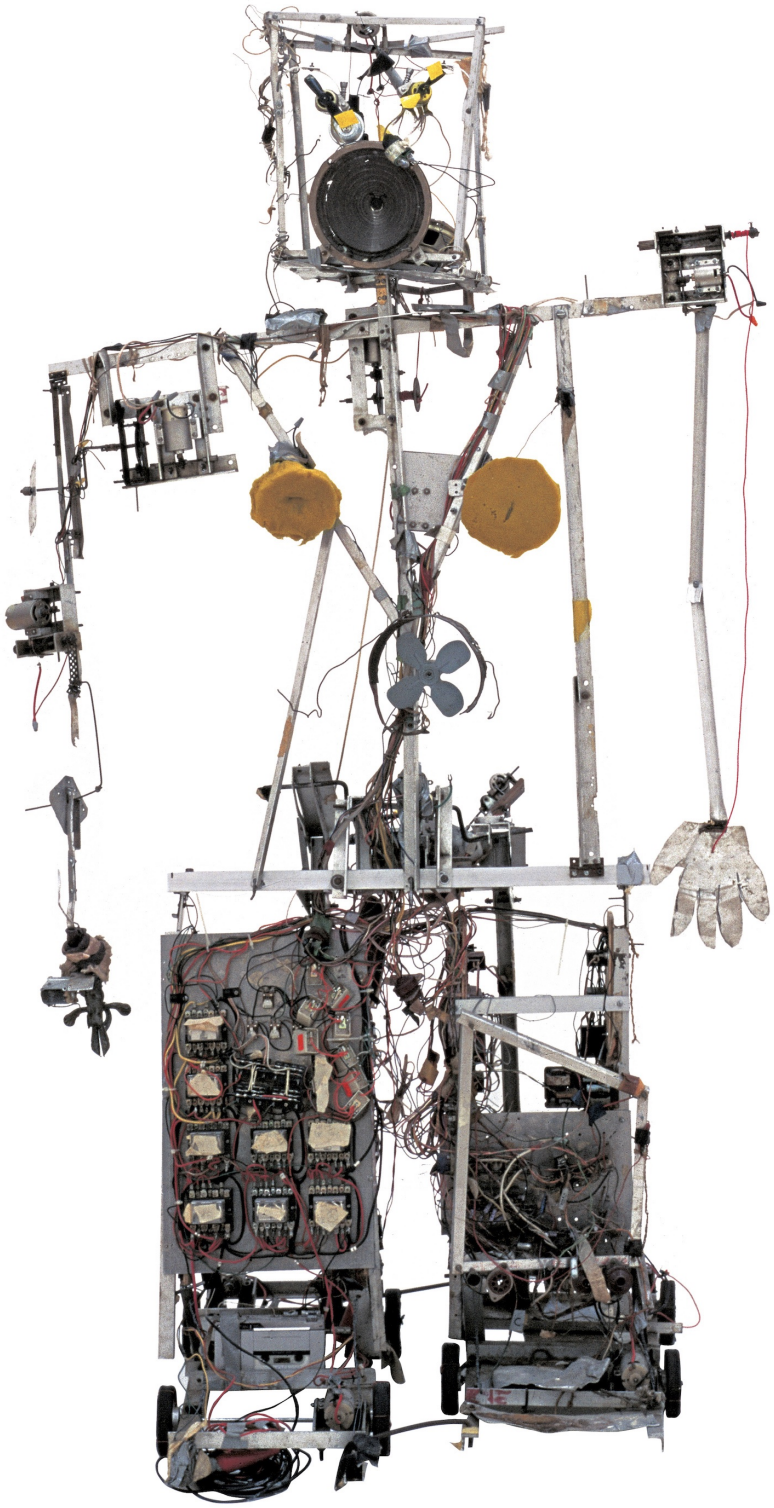


Figure I.3.3 – Robot K-456. Source photo :

littérature du début de 19e siècle alors que des écrivains comme Mary Shelley, préconisent ce que les chercheurs ont depuis identifié comme le *syndrome de Frankenstein*[8], [59]. En analysant les facteurs [10] qui influencent l'acceptation des robots humanoïdes, les chercheurs travaillent pour mieux expliquer nos attentes envers ceux-ci. De façon similaire, plusieurs films [11], [60] mettent en scène des humains artificiels et des études sociologiques [61], [62] pour examiner comment l'attitude envers ces robots est influencée par leur antériorité et popularité dans le média. Bien que certains artistes expulsent des pulsions morbides dans leurs projets d'art robotique, d'autres se concentrent sur des émotions moins destructrices. Une approche originale est d'utiliser l'ennui et l'épuisement comme forme de résistance face aux capacités infinies de la machine. L'œuvre *Helpless Robot* de Norman White (1987) [63] est un exemple. Après presque un décennie des recherches, il developpe des robots capables de ce qu'il définit comme de ´´la santé mentale artificielle" et dans une certaine mesure des ´´robots antisociaux" [28]. Avec le sentiment de l'ennui comme point de départ, il a créé un robot qui suivait les gens présents à sa performance. Ce robot soupirait de temps en temps et s'arrêtait lorsque quelqu'un lui donnait trop d'instructions. La prochaine version est un tronc pyramidal d'environ 2m de haut, conscient de son propre mouvement et du mouvement autour de lui. Ce robot s'arrêtait puis demandait aux visiteurs de le tourner, étant capable d'exprimer pas moins de 512 instructions vocales [26]. Après qu'un humain répondait à sa requête, il se plaignait en disant que le virage devrait être plus précis, obligeant le visiteur à le retoucher, afin d'ajuster son emplacement encore et encore. Il est important de noter que l'interaction physique entre le robot et l'utilisateur est initiée dans ce cas par le robot. D'autres expérimentations artistiques, comme par exemple *Heart Robot* de David McGoran (2008) décrit dans les pages suivantes, s'appuient sur un constat similaire. Les robots qui demandent de l'aide à des humains [64], ont plus de chances d'engager un contact physique avec eux et peut-être d'être ´´acceptés" dans la société. Plus tard, Norman White participe à une collaboration avec sa collègue artiste Laura Kikuka. L'œuvre, intitulée *Them fucking robots* (1988) [63], met en place une performance live où deux robots -mâle et femelle- simulent une relation sexuelle avec des voix enregistrées, des pistons et des fluides mécaniques pour caricaturer une forme de copulation biologique. Les deux artistes se sont mis d'accord sur leurs artefactes sans se voir et n'ont convenu en amont que sur certaines spécifications techniques 10 comme la dimension de leur robots. Je note ici l'utilisation du thème de la sexualité comme prétexte pour provoquer et éventuellement amuser le public. Les robots n'exprimant ni des traits humains érotiques, ni de la séduction. Le titre de la performance est proche d'un ´´jeu de mots dénonçant un cri de sectarisme contre une minorité déjà détestée" [28]. Même type de promiscuité chez Marcel Li Antunez Roca dont le premier travail intitulé *Epizoo* (1994), met en scène l'interprète qui à la discrétion des spectateurs son propre corps. Ainsi son nez, ses fesses, ses pectoraux, sa bouche ou ses oreilles sont contrôlés en live sur le plateau, via un exosquelette pneumatique. Vêtue uniquement d'un string, Roca se tient debout sur la plateforme circulaire tournante de sa performance, tel un cobaye. Pendant ce temps son corps et ainsi les quelques éléments scéniques (lumière, son) sont contrôlés avec une souris par les spectateurs. De même, en utilisant les écrans d'ordinateurs, des parties de son corps nu seraient rassemblées dans une imagerie fétichiste. Cela conduit finalement au développement d'un des concepts clés de Roca - ´´la méta-membrane[65]" par laquelle l'artiste est transformé en une interface entre l'œuvre d'art et son public, grace à la technologie. Membres d'une scène artistique émergente qui veut couper les traditions, afin d'y établir un nouveau courant, Antunez Roca et Kac résument leurs idées dans un manifeste [66] où

ils déclarent entre autres que ´´les microprocesseurs sont aussi importants dans l'art robotique que les brosses, peinture, et les toiles sont en peinture." Faisant référence à ces projets artistiques, Dixon emploie les termes de ´´camp art" et de ´´´performances métalliques" pour définir une sub-catégorie de l'Art Robotique spécifique des années 80 et 90, où la chair et la mécanique se mélangent dans des associations kitsch. Ces œuvres d'art provocatrices et parfois violentes soutiennent que ´´l'humanisation des machines et la déshumanisation des humains" sont implacables, avant de prôner un retour à la nature salvatrice [28]. C'est important de noter qu'à ce stade de l'expérimentation, la fascination humaine pour la technologie est étroitement liée à un sentiment indéfini d'impuissance traduit par la moquerie, la promiscuité ou la violence. Une tentative de transformer ces ´´peurs et fascinations" [28] en quelque chose de plus métaphysique, mais toujours soucieux de la rencontre entre le corps humain et la machine, l'œuvre *Petit Mal* (1995) de Simon Penny met en scène un robot complètement autonome. Ce robot va sentir et explorer son espace tout en suscitant des réactions ludiques chez les visiteurs [67]. L'objectif de Penny est de donner l'impression d'une intelligence et d'un comportement spécifiques qui n'est ´´ni anthropomorphes ni zoomorphes, mais propre à sa forme physique et nature électronique" [44]. Cela donnait aussi l'impression d'être plus intelligent qu'il ne l'était en réalité. L'artiste a créé un robot capable d'imiter le comportement humain, soulignant l'importance de ce qu'il définit comme *un mimesis dynamique* - le robot se déplaçant comme les humains, sans avoir réellement une forme humaine. Sur son site, Penny décrit *Petit Mal* comme un ´´anti- robot" dotée d'une autonomie d'environ 12 heures, ce qui représente beaucoup compte tenu de l'époque de sa construction. Pour le construire, l'artiste utilise le modèle d'un double pendule comme générateur de mouvement auquel il rajoute des mouvements hésitants et des petits gestes pour renforcer l'idée d'autonomie et de libre arbitre. Penny remarque également que parmi tous les utilisateurs, les jeunes enfants seraient extrêmement curieux de le connaître, tandis que les adolescents agissent de façon indifférente [67]. Dans une autre approche, l'artiste japonais Momoyo Torimitsu performe *Miyata Jiro* (1997) dans les rues de New York [68]. Habillée en infirmière, l'artiste assiste un robot humain réaliste représentant un d'homme d'affaires. Ce qui choque les passants est que le robot rampe sur son ventre tandis que l'infirmière le suit pour remplacer de temps en temps les batteries qui l'alimentent - pour l'anecdote des batteries de motocyclette stockées dans les fesses du robot. Ce robot basique a un mécanisme de déplacement assez simple mais à cause de son apparence réaliste, provoque un sentiment de mal à l'aise en sa présence [69]. Encore une fois, l'interaction physique robot-performer est facilitée par la mise en scène du robot dans une position de vulnérabilité par rapport à l'humain. Cette fois le message artistique s'adresse aux humains, qui par leur addiction au travail, ´´s'automatisent". Pareil aux exemples de *Robot K-456* ou *Petit Mal*, je souligne la présence du robot dans les rues, dans l'espace public, à la place des musées (où le robot serait davantage contemplé) ou du laboratoire (où le robot serait un simple outil de recherche pour des tâches industrielles). Des champs comme la robotique située [70] se concentrent sur la façon dont les robots sont perçues dans des environnements complexes. En comparaison avec un laboratoire, la personne qui interagit avec le robot dans une école ou un hôpital ne remarquera pas ses limites techniques, étant plus préoccupée par les indices de son comportement social.

Autour de la première décennie du 21e siècle, des chercheurs avancent l'hypothèse qu'environ 55% de la communication humaine est basée sur du comportement non-verbal [71]. Bientôt, les artistes deviennent intéressés par les robots et les machines qui ´´s'expriment" à travers des mouvements et des gestes à la place des signaux sonores.

Comme mentionné précédemment, *Heart Robot* (2008) marque une transition dans la façon dont les robots sont présentés dans l'espace publique. Cette fois, les machines bruyantes et métalliques sont remplacées par une petite marionnette hybride capable de toucher et être touchée. Marionnettiste lui-même ainsi que roboticien, Goran met au défi la perception culturelle des robots grace aux émotions artificielles et à l'intelligence sociale. Son robot ne peut pas marcher mais présente une forme de respiration simulée, du pouls avec un affichage LED type ´ sur sa poitrine et des clignotements. Ses yeux fonctionnent en quatre modes : endormi, somnolent, éveillé et surpris. Ses mains ont trois doigts et un pouce pour saisir d' autres mains. Somme toute, cette créature assez fragile, de la taille d'un enfant, s'oppose à l'image des robots puissants de la littérature de Science Fiction. Il simule la respiration pour exprimer un état émotionnel détendu. Les résultats de [20] montrent comment dans une certaine mesure, la mise en œuvre des capacités de toucher dans les interactions avec les robots a un potentiel thérapeutique sur les humains. Goran a présenté *Heart Robot* lors de foires et d'événements culturels non liés à la robotique. La plupart des utilisateurs adultes qui l'ont touche ou tenu dans leurs bras ont ressenti un certain sentiment d'empathie [72] pour lui. Cependant, certains enfants et adolescents ont manifesté des réactions agressives et un enfant a donné un coup de poing au robot en face, pour voir comment il réagirait [64]. Cet exemple, plutôt une exception dans l'accueil du *Heart Robot*, prouve que la fascination des humains pour les robots pourrait être enracinée dans un sentiment ambivalent de peur et d'admiration généré par nos propres limites et projections en tant qu'espèce, face à une potentielle autre. Pour revenir au robot Gakutensoku créé par Nishimura, il est important de se rappeler que cela dépend surtout de nous, humains, si les robots réfutent nos peurs les plus profondes, ou simplement les confirment. J'ai mentionné la peur et l'effet d'étrangeté [69] que la présence des robots peut avoir sur nous. J'aimerais donc par la suite analyser le travail de Hiroshi Ishiguro avec l'œuvre *Telenoid R1* (2010). Professeur d'université et chercheur sur des robots humanoïdes hyper-réalistes, il est le créateur de *Geminoid HI* (2006)- un androïde copie identique de lui-même [73]. L'objectif de la recherche d'Ishiguro est d'enseigner l'expérience humaine aux androïdes. Par ce projet présenté lors du Festival Ars Electronica, il a conçu un robot téléopéré de petite taille, sans membres et qui pouvait manifester son engagement qu'à travers des mimiques et du retour vocal. En comparaison avec *Heart Robot*, il a provoqué des réactions différentes. Puisqu'il était piloté par un opérateur humain, ce robot a été capable de passer d'une langue à l'autre très rapidement, donnant l'impression d'être un ´´fantôme dans la machine" - concept expliqué dans [74] comme indépendant de la machine elle-même (plutôt un produit de l'influence des machines sur l'environnement). Cela peut aussi rappeler en quelque sorte des robots de proximité de Demers [46] et de son intention de rendre crédibles des agents peu crédibles. Plus probablement les démonstrations d'élocution ou d'adaptabilité des robots motivent peu les interactions physiques des spectateurs. La peur de l'humain d'être contrôlé par un robot surpuissant augmente au fur et à mesure que le robot exprime plus d'agence et d'autonomie. Cependant dans un étude avec des personnes âgées [75], des chercheurs de l'équipe d'Ishiguro ont remarqué qu'en étreignant spontanément *Telenoid R1*, les humains éprouvent de la sympathie pour lui. Toujours selon l'article, cela peut éventuellement s'expliquer par le fait que les personnes âgées ignorent le sens du concept de robot télé-opéré. De façon similaire, d'autres robots d'Ishiguro ont participé à des projets de théâtre lors des collaborations avec le metteur en scène Oriza Hirata [76]. Sur scène l'accent est mis sur l'intrigue narrative donc les robots jouent leur propre rôle [77] et ils sont ´´acceptés" dans leur singularité. L'effet d'étrangeté diminue par conséquence.

FIGURE I.3.4 – Captation du spectacle d'Aurélien Bory. Source photo :

Pour aller plus loin sur ces considérations, le chercheur Guy Hoffman introduit le concept *d'étrangeté sociale* [78] en relation avec les robots sociaux et leur compagnie. Selon lui, les robots de compagnie peuvent déclencher des troubles psychologiques importants, selon la fragilité et le profil émotionnel des usagers. Dans ce contexte, les conventions scéniques peuvent devenir l'environnement approprié pour que l'intelligence des robots exerce sans contraintes sa spécificité.

Parmi les formes performatives, la danse est celle qui exige beaucoup de contact physique. Nous avons vu plus haut comment les paradigmes liés à la représentation du corps en mouvement impactent les nouvelles créations scéniques. A la fin des années 1960, des chorégraphes comme Deborah Hay, Steve Paxton ou Lucinda Childs ont collaboré avec les ingénieurs en informatique des Bell Labs, pour danser avec des machines pendant les événements E.A.T. (Experiments in Art and Technology) [2]. Presque à la même époque, Merce Cunningham utilisait l'ordinateur pour créer des outils chorégraphiques [79] qui génèrent des mouvements artificiels. Plus récemment, avec le développement des robots industriels, les chorégraphes ont commencé à les inviter sur scène. Cela a motivé les chercheurs à améliorer encore plus leur mouvement et capacités [80] d'adaptation. Parmi les pionniers des projets de la danse robotique, j'aimerais mentionner deux artistes qui ont choisi de mettre des machines non-anthropomorphes sur scène. Le premier est la performance *Sans objet* (2009) d'Aurélien Bory, où deux danseurs impressionnants par leur précision, exécutent des acrobaties sur un bras industriel de General Motors [83]. Face à la taille du robot, ils ressembleraient à des insectes qui sautaient sur une branche d'arbre.

2. mouvement crée à New York en 1966 par Robert Rauschenberg, Robert Whitman et les ingénieurs Billy Klüver et Fred Waldhauer

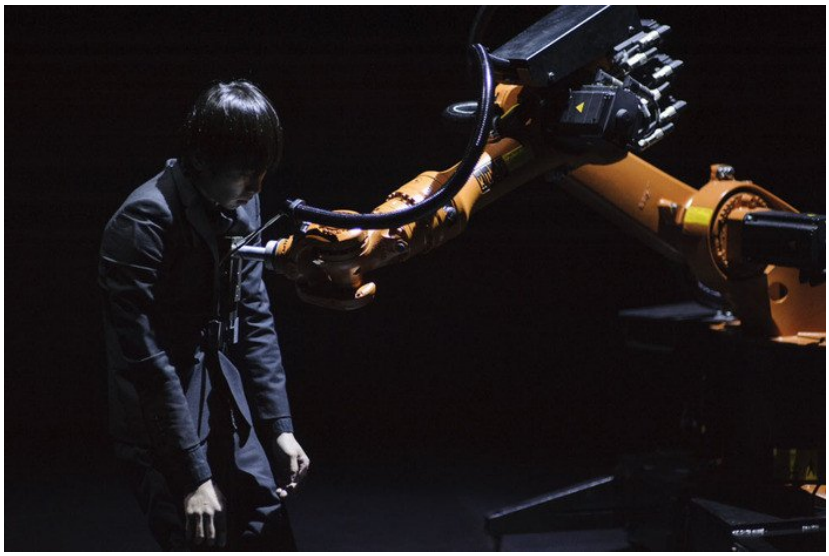


FIGURE I.3.5 – Captation du spectacle de Huang. Source photo :

A l'opposé la série *Actor* (2008-2010) de Kris Verdonk [81], [82] présente le spectacle *Dancer 3* où la scène est vide, à l'exception d'un petit robot maladroit qui a du mal à se tenir débout. Chaque fois il retombe, sans jamais céder à son objectif, endurant inlassablement ce processus d'essais et d'erreurs. Comme la séquence se répète, des bips sonores choisis par Verdonk donnent l'impression d'une voix avec des soupirs de la part du robot. Les spectateurs projettent une attitude empathique envers lui, comme ils le font probablement avec les danseurs de Bory- bien que ceux-ci se mettent en danger pour escalader le bras robotique. Certaines questions importantes autour de l'automatisme et de l'autonomie émergent de ces deux exemples. Que se passerait-il si le petit robot ´´abandonne" ses essais ? Ou si le robot géant décidait de secouer les humains qui pendent dessus ? Pourquoi le manque de maîtrise du deuxième robot impressionne tout autant que la précision des danseurs du premier exemple ? Probablement parce-qu'un corps non-humain en mouvement

La persévérance d'un robot dans sa maladresse ou sa précision et endurance élevées (qui sont évidemment des comportements pré-programmés) sont à l'opposé d'une figure humaine imparfaite qui vacille dans son indécision et incertitude.

Fascinées par la haute précision et la ´´froideur automatique" des robots industriels, des chorégraphes émergents comme le Finlandais Thomas Freundlich, la Bri´annique Merritt Moore ou l'Américaine Catie Cuan continuent de défier leur potentiel créatif sur scène. Parmi d'autres, le travail du chorégraphe taïwanais Huang Li, intitulé *Huang Yi & KUKA* impressionne par sa délicatesse et sa puissance. L'artiste a mis plusieurs années à s'habituer à la programmation d'un bras KUKA par lui-même[84].

La performance qu'il propose a eu plusieurs versions depuis 2012, une seule minute de chorégraphie du robot nécessitant 10 à 20 heures de programmation. Sur une musique classique de Joshua Roman, l'homme et la machine interchangent des rôles. À la fois, le robot manipule complètement le corps de l'interprète, en le touchant tendrement. La fluidité de ses mouvements illustre les progrès réalisés par l'industrie robotique des dernières années. Encore une fois, il paraît que les machines peuvent exprimer tout leur potentiel sur scène, là où la rencontre avec les humains est libérée du contexte productif de l'industrie. Pour souligner cette observation, je m'appuie sur le commentaire de Bory concernant son propre travail, pour qui un robot industriel hors de son contexte devient *aussi inutile comme tout geste artistique devrait l'être* [77]. Ceci est

valable dans d'autres disciplines artistiques, par exemple en musique. Pour appuyer cela je mentionne *Shimon live impro jazz performance* (2009) de Guy Hoffman. Ici la machine est extraite de son contexte industriel et conçue exclusivement pour un jam d'improvisation jazz. Shimon est un robot-joueur de marimba capable d'improviser, conçu par Hoffman qui est lui-même musicien. Le chercheur a utilisé une approche gestuelle pour son expression musicale, avec des alternances entre des mouvements lents et rapides, des gestes grands et petits pour travailler sa virtuosité. Comme dans la danse, chaque geste est divisé en plusieurs phases qui se succèdent [85]. Pour modéliser les imprévus du temps réel et faciliter des moments synchronisés non scénarisés lorsqu'ils jouent ensemble, Hofmann a utilisé une méthode d'anticipation spécifique au théâtre. Pour lui, les roboticiens devraient s'en inspirer plus par des techniques de formation d'acteurs comme le ´´monologue intérieur continuel" lors de la conception des robots capables de comportements reactifs[86]. En travaillant avec des systèmes robotiques orientés vers l'action et la perception, Hoffman a obtenu des mouvements rapides plus adaptés - son but étant d'atteindre quelque chose proche de la ´´réactivité intuitive" d'un robot. Dans une approche connexe, l'Université Waseda conçoit également des robots qui improvisent de la musique en temps réel avec des partenaires humains. L'une de leurs premières expériences d'improvisation est le *Waseda Flutist Robot* (2008), un prototype ayant subi plusieurs améliorations depuis les années 1990 [87], probablement version raffinée de l'Automate de Vaucanson du 18éme siècle. Cependant la musique n'implique pas un contact physique entre interprètes, mis à part un contact étroit avec les instruments de musique. Néanmoins le niveau de complicité lors d'une improvisation musicale est suffisamment élevé pour établir quelque chose semblable à une interaction physique, puisque le robot et l'humain ont un statut égal lors d'une improvisation. Cette parité pourrait également être maintenue et peut-être améliorée pour l'improvisation dansée, lorsque les mouvements des robots ont une qualité de réponse similaire à celle des danseurs. Au début des années 2000, le compositeur Japonais Suguru Goto a construit des systèmes où les gestes des robots peuvent modifier en temps réel le processus scénique[88]. Son prototype *Body Suit*, créé par Patrice Pierrot en 1997, a été initialement utilisé pour contrôler le son et les images générés par un ordinateur sur scène. En 2003, son prochain projet *Robotic Music* associant 5 robots à percussion, permet à un interprète doté d'un Body Suit d'improviser en live via 12 capteurs de flexion, avec les percussions acoustiques robotisées, du son et de la lumière. Semblable à une musique d'improvisation électroacoustique qui offre une grande liberté d'expression, le comportement des robots ainsi que leur interactivité avec les autres partenaires de scène stimulent l'imagerie artistique des spectateurs. La panorama des possibilités d'expression artistique des robots continue avec un projet de recherche de l'Université du Tohoku [89]–[91] qui développe des robots qui dansent. Leur l'hypothèse principale est qu'en comprenant et en anticipant les intentions humaines, un robot peut s'engager plus activement dans l'interaction avec un humain. Pour faciliter une synchronisation du couple, leurs études se concentrant sur la qualité des mouvements corporels [92] soulignent l'importance d' une analyse poussée des capteurs de mouvement (MoCap). Une autre étude plus récente[93] utilise un robot enseignant la danse, pour évaluer les compétences nécessaires lors des processus d'apprentissage HRI, basées sur le contrôle de l'impédance adaptative et le retour haptique. Le robot effectue un mouvement continu d'adaptation à la dynamique de l'interaction, tandis que l'humain assume le rôle de suiveur. Dans ce contexte particulier, est le mouvement une clé pour l'acceptation des robots dans les œuvres d'art en tant que catégorie à part, spécifique à leur propre fonctionnement - ni propre aux humain, ni propre à des objets, mais quelque chose entre

les deux ?

Je continue cette exploration d'Art Robotique avec deux artistes qui ont influencé la recherche scientifique à travers leur pratique tout au long de leur vie. Tous les deux ont imaginé des installations et des performances où les dispositifs automatisés questionnent la capacité des robots à transgresser les problématiques inter-espèces et éventuellement acquérir de ´´l'individualité" ou une personnalité propre. Commençons tout d'abord avec Stelarc et son *Articulated Head* (2010), devenu ensuite *Thinking Head Attention Model and Behavior System* ou THAMBS [94]. Comparé au Bory, Stelarc a adapté l'utilisation d'un bras robotique industriel Fanuc LR Mate 200ic avec un écran de 17 pouces monté sur le robot pour créer un rendu 3D de sa tête, devenue tête prothétique. Le système contient également un ensemble de capteurs comprenant de la localisation auditive, de la vision stéréo ainsi qu'une vision monoculaire pour faciliter une connaissance détaillée de la situation et de son environnement. Cette forme de présence qui simule une prise de conscience, confrontée au paradoxe ´´ghost in the shell" des robots d'Ishiguro, s'échappe de peu aux critères de la vallée de l'étrangeté, puisqu'il s'agit d'une machine peu réaliste, presque non-anthropomorphe et donc pas d'un humanoïde réaliste. Ceci dit, dans [95] Hertah mentionne comment le robot a surpris (pour ne pas dire effrayé) le personnel du laboratoire où ils travaillaient, en pleine nuit. Entré en mode veille en raison de son inactivité, le robot a rapidement réagi dans le noir, lancant un ´´Bonjour" enthousiaste à un employé qui effectuait son ronde de nuit. Alors que l'interaction homme-robot s'est produite de façon accidentelle, la réaction du gardien a été d'avoir peur, prouvant une fois de plus que les humains craignent les robots quand ils sont imprévisibles. Dans une autre étude portant sur le rôle du toucher dans les constructions empathiques avec les robots et leur impact sur la santé [96], des chercheurs ont associé à un moniteur affichant un visage humain, un dispositif doté de deux degrés de liberté simulant une main capable de pression. L'ensemble avait certaines limitations techniques, car les participants devaient tenir la main du robot en continu pendant les essais. Différents scénarios d'interaction ont été proposés pour analyser si le toucher combiné avec la parole ou les expressions faciales, peuvent améliorer la relation avec un agent artificiel. Il a été conclu que le toucher peut entraîner une interaction robotique réconfortante et emphatique, quel que soit le contexte des signaux multimodaux qui expriment un état d'affection. En ce qui concerne les critères qui relèvent de l'étrangeté sociale mentionnés plus haut, je remarque un détail intéressant. La littérature [97] offre de riches possibilités d' expression dans le HRI. Cependant Stelarc a toujours vu son corps ´´comme un prolongement des systèmes opérationnels". En utilisant des prothèses et des exosquelettes qui actionnent ses mouvements, il s'e´stompe face à la technologie. Dans ses œuvres, c'est l'humain (et non le robot) qui devient étrange. Presque dans une approche contre-culturelle, Stelarc a réussi à inverser le rapport à la technologie en l'intégrant dans son corps [26], [98] à travers des dispositifs très originaux, comme son troisième bras ou les pattes d'araignée. Le travail de Ken Rinaldo, artiste et chercheur intéressé par l'hybridation homme-machine (ce qu'on appelle aujourd'hui bionique avancée) apparaît dans la meme lignée. Son installation robotique *Enteric Consciousness* (2010) est un exemple de biotechnologie, dont les principes sont similaires aux celles des projets d'Eduardo Kac [28]. Dès 1993 l'artiste crée une installation pour que des vrais poissons explorent l'environnement humain en pilotant un aquarium automatisé [26] -sorte d'un robot piloté par des poissons. Semblable à la performance *A-Positive* de Kac mentionnée auparavant, Rinaldo est un pionnier dans le domaine de la biotechnologie. Dans sa contribution intitulée : *Trans-Species Interfaces : A Manifesto for Symbiogenesis* [99], is décrit son dernier

travail comme une interface entre un récipient en verre symbolisant un estomac rempli avec des cultures bactériennes vivantes et une langue robotique de taille humaine capable de masser l'utilisateur lorsque la flore bactérienne est en bonne santé. En utilisant des analogies entre le doigt (comme extension du cerveau humain) et la langue (en tant que prolongement du système nerveux entérique), Rinaldo propose une expérience corporelle synesthésique. Son dispositif n'est pas un robot en soi, mais plutôt un environnement robotique pour faciliter l'interactivité entre l'homme et les machines, par l'intermédiaire du contact physique. La spécificité de chacun de ces exemples est qu'ils défient le concept d'anthropomorphisme [100], [101] chez les robots. Probablement ces deux artistes ont voulu créer des prototypes pour des nouveaux espaces robotiques propres à la création artistique. Profitant de ce contexte innovant, j'aimerais avancer la projection anthropologique suivante. Pour une grande majorité des humains, les robots sont, du moins actuellement, hors de portée. Ils pourraient les rencontrer dans les médias ou lors d'un événement spécifique, mais pas interagir directement avec eux dans un contexte privé. Ainsi, les robots peuvent apparaître comme différents (au sens ´´d'une nature inconnue") par rapport aux autres humains, des animaux domestiques ou des dispositifs automatisés que nous connaissons dans notre vie courante. Autant les imaginer descendants d'animaux sauvages, par leur rareté et leur comportement peu connu. En supposant maintenant que l'interaction physique entre les humains et les animaux sauvages a principalement été provoquée par les premiers (puisque les animaux domestiques ont été inoculés la nécessité d'interagir avec les humains pour survivre), comment un robot (ou système robotique) qui a trouvé sa propre spécificité et son capacité d'agir, interagissait avec nous ? Le craindrons-nous, comme nous continuons à craindre les animaux sauvages que nous n'avons pas réussi à apprivoiser ? Dans [20], les chercheurs ont conçu un outil appelé ´´The Haptic Créature", pour étudier les effets affectifs du toucher en HRI. Équipé d'un actionneur et des divers capteurs de pression, température et vibrations, ce robot explore le potentiel thérapeutique du toucher, partageant certaines caractéristiques animales comme moyen d'exprimer un comportement affectif.

I.3.3.3 Les tendances ces derniers décennies

L'histoire est cyclique et nous avons vu par le passé que des archétypes et des leitmotivs se recyclent dans l'imaginaire collectif. Igor Stravinsky a composé *Le Sacre du Printemps*, l'une des œuvres musicales les plus influentes du 20ème siècle. Cent ans après la première houleuse du ballet de Diaghilev, le réalisateur Italien Roméo Castelucci reçoit une commande pour adapter l'original. La performance *Le sacre du printemps* (2014) confirme le début d'une nouvelle tendance dans le milieu de la performance artistique, coupant net avec les pratiques traditionnelles et installant une ´´esthétique de la disparition" sur scène [104]. Paradoxalement, le public présent lors de cette première n'a pas été contrarié quand les robots ont pris le contrôle d'une scène vide. Cela n'était pas la première fois dans un contexte artistique. Des nombreux artistes ont déjà envisagé l'idée de remplacer l'humain avec des robots sur scène, l'un d'entre eux il y a déjà cent ans [105]. Penny's *Petit Mal* ou Verdonk's robot maladroit entre autres, sont des exemples plus récents de robots agissant seuls sur un plateau. La différence réside ici dans le fait que les robots remplacent les interprètes, ils ne jouent pas leur propre ´´rôle", comme nous l'avons vu dans la section précédente. Dans une scénographie apocalyptique sans humains sur scène, des os de vache devenus poudre pour les engrais, pourraient symboliser un avenir lointain sans des danseurs

FIGURE I.3.6 – Captation du spectacle Nobody is an island. Source photo :

réels. Les bras robotiques et les machines suspendus au plafond, répandent cette poudre au rythme de la musique de Stravinsky diffusée sur les haut-parleurs. La technologie facilite l'invention d'un nouveau langage artistique, tandis que la mythologie humaine est modifiée pour correspondre à de nouveaux défis. Les spectateurs assimilent ces codes avec moins d'étonnement qu'il y a soixante ans. Habitués à ´´côtoyer" les robots, pour citer Laumond, ils sympathisent avec leur ´´faire", tout en assister à la représentation. De même, dans le spectacle *Nobody is an island* (2021), le chorégraphe Wayne McGregor défie le potentiel d'empathie d'une machine en mettant en place un écosystème hybride entre deux performeurs et une sculpture automatisée créée par le groupe Random International.

La dynamique de cette rencontre tourne autour des possibilités d'expression de la machine qui est capable d'identifier la présence humaine et de réagir. Son design métallique pointu n'invite pas nécessairement à l'interaction, cependant à travers ses mouvements et ses gestes doux, les interprètes sont capables de s'approcher d'elle de manière ´´affectueuse". Un autre type de déconstruction des codes dans l'installation *Female Figure* (2014) de Jordan Wolfsen. L'artiste a conçu une femme-robot qui exécute une danse lubrique devant un miroir, tandis qu'elle est attaché à une tige horizontale perçant son torse. Son apparence est similaire à un sex-toy [44] avec les yeux couverts par un masque de sorcière, provoquant des sentiments mêlés de désir et de répulsion chez les spectateurs. Fixant les visiteurs et se regardant dansant, ce robot remet en cause le concept de ´´prise de conscience de la prise de conscience" [106] – en abordant des questions sur l'émancipation féminine du regard masculin et sur la manière dont la sexualité est abordée dans notre société de consommation [107]. Pour aller plus loin sur cette question d'apparence, des visiteurs de Disney's Animal Kingdom sont déçus parce que les vrais animaux ne sont pas aussi réalistes que les versions animatroniques vues dans Disney World [9], [108]. Je me demande alors si l'exposition excessive à des silhouettes hyper-sexualisées pourrait altérer la vision des humains de la sexualité et de la séduction d'une manière analogique ? Trente ans plus tôt, White et Kikuka, entre autres, ont exploré la sexualité d'une façon parodique. Mais est-ce que leur façon de considérer la sexualité a été spécifique à leur époque ? J'aimerais croire que cela a été spécifique aux limites technologiques auxquelles ils étaient confrontés. De nos jours, puisque l'industrie pornographique a accéléré le développement des robots et dispositifs animatroniques sexualisés réalistes [109] [110], les artistes ont également commencé à considérer ces robots hors de leur contexte. Pour questionner la notion de sexualité à

travers une œuvre, les spectateurs sont moins préoccupés par la sexualité du robot, qu'ils sont avec la sexualité en tant que phénomène social. Dans cette idée, tout ce qui est créé par les humains, puisque nous sommes humains, finit par remettre en question des aspects humains. Idéalement, l'art devrait assurer un contexte neutre - où les deux questions anthropocentriques et technocentriques sont abordées - mais sa réception est biaisée car les spectateurs d'une œuvre éprouvent leur propre individualité et subjectivité en l'admirant. En sélectionnant ces œuvres où le contact physique avec les robots n'était pas privilégié selon les contextes respectifs, il y a toujours les mêmes questions ontologiques concernant notre relation avec eux qui persistent.

Comme déjà évoqué, souvent dans les propositions artistiques les plus fortes les humains engagent un contact physique avec les robots. Par exemple dans la performance *Sayonara* (2010) l'une des performances de Hiroshi Ishiguro, Geminoid caresse la joue d'une femme qui pleure. Alors que dans le spectacle *Spillikin* (2017) du Pipeline Theatre, un androïde tient la main d'une vieille dame, pour la consoler de la perte de son mari. Le robot, construit par Engeneering Arts company au Royaume-Uni est un ´´ancêtre" de l'Ameca Android, impressionnant par le hyper-réalisme de ses expressions faciales. La même technologie sera utilisée plus tard pour développer Ai-Da, le premier robot-artiste au monde.

En analysant ces exemples, le récit autour de l'interaction théâtrale aide à créer et maintenir un environnement sûr pour les robots. Alors qu'en danse, comme nous l'avons vu plus haut, les chorégraphes se mettent en danger, se produisant avec des robots industriels dans des séquences de mouvement dangereuses. Cette tendance a légèrement changé, lorsque la société française Aldebaran Robotics a développé un robot de 58cm appelé NAO, facile à programmer et accessible. Des chorégraphes comme Bianca Li ou Emmanuelle Grangier ont travaillé avec ce robot d'une manière moins démonstrative. Dans la performance de Li, *Robot* (2013), l'un des danseurs aide un NAO à se tenir debout, tandis que d'autres NAO entrent en synchronie avec huit danseurs déguisés en robots. Quant au travail de Grangier, passionnée par la rencontre avec l'arbitraire, nous découvrons une apologie des bugs techniques. Dans *Link Human/Robot* (2015), on peut voir un NAO trébuchant sur une danseuse et plus tard la serrant dans ses bras. Suivant des questions analogues, le travail *School of Moon* (2016) du chorégraphe français Eric Minh Cuong Castaing se concentre sur la manière dont les humains pourraient cohabiter avec des robots. La force de sa proposition réside dans la double nature de la forme - quelque part entre art visuel et objet chorégraphique. Coproduit par le Ballet National de Marseille, il implique la collaboration avec le roboticien Thomas Peyruse qui a configuré cinq robots NAO et deux Poppy pour les différents étapes du projet- le travail a été présenté sous divers formats qui ont conduit à des moments performatifs dans des centres d'art et des écoles.

L'artiste a mis en scène des enfants, danseurs et robots de petite taille avec l'intention de représenter un communauté post-humaniste où les humains et les robots performent ensemble des rituels sacrés. L'attention est portée sur la perception et les mouvements lents grâce au mapping vidéo en direct. Les enfants apparaissent imiter les robots de manière délicate, suggérant une possible complicité avec eux. À un moment donné, une fille tenant un faux pistolet le pointe vers un robot. Ce geste ambivalent illustre à la fois un appel à la destruction mais aussi une forme de résignation face aux possibilités et capacités infinies de la machine. Un autre projet qui attire notre attention est *My Square Lady* (2015). Cette production d'opéra implique un robot Myon dotée d'une forme de conscience proprioceptive et de la rétroaction sensorimotrice, qui lui permettent d'improviser pendant la représentation. A travers sa participation dans

Figure I.3.7 – Captation du spectacle School of Moon. Source photo : profile instagram de la compagnie Shonen.

le spectacle, il nous fait comprendre assez vite que son principal objectif est de comprendre la musique et les émotions humaines. Il est amené à exprimer ses limites sur scène, forçant les interprètes à s'adapter à son comportement. Son processus d'apprentissage est authentique et se déroule dans des conditions réelles[105]. Hild Manfred, le chercheur qui a configuré le robot avec ses collègues du Laboratoire de Recherche en Neurorobotique de l'Université Humboldt de Berlin, est également présent sur scène pendant le spectacle. Plus tard l'humanoïde modulaire est démantelé pendant que des chanteurs, des musiciens et des chercheurs passent les parties de son corps de l'une à l'autre. Ce geste est effectué de manière calme et douce par rapport aux performances bruyantes vingt ans auparavant. Probablement la problématique est restée la même depuis soixante ans et nous projetons toujours inconsciemment de détruire les robots par peur qu'ils nous détruisent en premier. Néanmoins l'attitude globale envers les robots a légèrement changé, les humains étant plus résilients sur le plan conscient. De plus, ce robot capable d'être démonté et réassemblé pendant la performance, présente des caractéristiques fonctionnelles sur scène, différents du corps humain et ses limites[11]. Le projet *Scary Beauty* (2018) en première mondiale au Musée National des Sciences Émergentes et de l'Innovation (Miraikan) au Japon est un autre exemple de projet d'opéra, impliquant cette fois un chef d'orchestre androïde.

Le projet est né de la collaboration entre le compositeur Keiichiro Shibuya et l'androïde Alter 2, initialement construit dans le laboratoire de Hiroshi Ishiburo de l'Université d'Osaka et programmé par l'équipe de Takashi Ikegami à l'Université de Tokyo. Le robot a une apparence étrange- mains et visage couverts de silicone, actionneurs à vue, sans sexe ni âge- et est équipé d'un système pneumatique. Il a été conçu pour s'adapter aux mouvements délicats propres aux conducteurs d'opéra. Après plusieurs

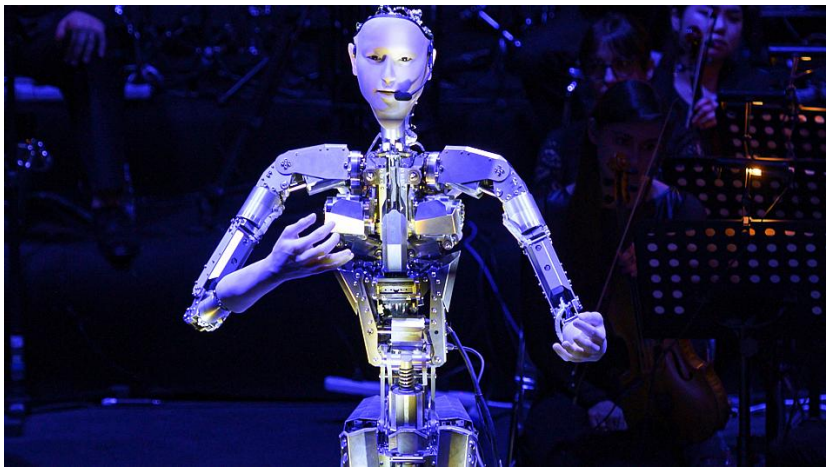


FIGURE I.3.8 – Captation du spectacle Scary Beauty. Source photo :

essais, l'équipe a choisi de se concentrer sur la répétitivité des mouvements de haut en bas de l'épaule, plutôt que sur les mouvements de ses bras et mains. Résultat ainsi une performance synchronisée où les musiciens suivant les indications de l'androïde, jouent différemment d'un concert à l'autre. Pareil aux journaux du début du XXe siècle qui ont poussé Nishimura à imaginer Gakutensoku, les robots sont intensivement diffusés dans le média. Leurs technologies deviennent open source sur les plateformes de développement pour créer des robots conformes qui peuvent se déplacer et interagir avec une grande précision. Pour cela, les chercheurs poussent leur inspiration dans les concepts et les découvertes de différentes disciplines. Que cela est fait pour valoriser l'humain ou relever des défis scientifiques - les robots sont conçus pour correspondre et peut-être surpasser les attentes des humains. Si je reviens à la projection anthropologique proposée auparavant en imaginant le corps modulaire du robot Myon, je trouve intéressant d'imaginer des designs robotiques qui surprennent les tendances actuelles. Des artistes nonconventionnels héritiers de la tradition cyberpunk, comme l'Italien Marco Donnarumma ou la chanteuse néerlandaise d'origine iranienne Svedaliza, passent leur temps dans des laboratoires afin de développer leurs propres outils et aborder d'une façon originelle ces questions. En parallèle, des artistes consacrées continuent à réfléchir à la place que les robots occupent dans nos vies. Tous s'imaginent les formes les plus extrêmes et les scénarios les plus paradoxaux de co-habitation avec les robots. *Inferno* (2015) de Bill Vorn et Louis-Philippe Demers en fait partie, en mettant en scène le côté sauvage, indompté, de la technologie. Cette performance d'une soixantaine de minutes s'inspire de la représentation des différents niveaux de l'enfer décrit dans l'œuvre éponyme de Dante. Trente-six bénévoles parmi les spectateurs ont la possibilité d'expérimenter les limites de leur corps, en abandonnant leur contrôle moteur à des dispositifs robotiques type exo-squelettes pneumatiques qu'ils portent pendant la performance. Par son esthétique, *Inferno* pourrait être inclus dans la classification ´´performances des métaux" [28] que j'ai décrite précédemment. Au-delà de la peur de perdre le contrôle de son corps, ici l'humain plonge dans les possibilités de la machine, comme pour éprouver ses propres limites. Lors de cette performance, les artistes ont observé qu'il y a un moment où les performeurs s'en remettaient à la machine pour s'engager dans des mouvements exploratoires qui vont au-delà de la chorégraphie originale [115]. A travers cet exemple, j'observe un autre changement concernant la complicité entre l'homme et les robots. Nous pouvions difficilement imaginer la même adhésion du public à l'invitation de Demers et Vorn, sans passer par les propositions

artistiques antérieures. Il fallait que des artistes comme Marcel Li Antunez Roca testent sur eux-mêmes ces technologies vingt ans plus tôt, afin de les rendre accessibles aux participants. Puisque les artistes rêvent au moment où des robots pourraient devenir créatifs, les roboticiens considèrent également la créativité comme un aspect important de l'autonomie des robots [52], [116], [117]. En 2019, Ai-Da (le premier robot humanoïde artiste au monde) a eu une intervention publique pour définir sa démarche artistique qui utilise la peinture comme moyen d'expression. Même si Ai-Da a été conçue avec des algorithmes d'IA complexes pour rendre son bras robotique capable de toucher et de peindre, nous ne pouvons pas parler de sa spécificité puisque son rôle est d'imiter à la perfection les artistes humains. Probablement des gens autour d'elle, tout en écoutant son discours comme s' ils écoutent le discours de n'importe quel artiste, sont moins intéressés par le contact physique - comme ils le feraient, par exemple, en touchant *Helpless Robot* ou tenant dans leurs bras *Heart Robot*. De plus, les moments où Ai-Da est capable de feedback verbal ´´spontané", sont plutôt maladroits et imprécis. Alors que le robot déclare qu'il crée de l'art avec d'autres artistes humains, nous devons garder à l'esprit que dans les exemples précédents où des robots et des humains co-créant ensemble à travers la musique, les techniques d'improvisation ont été bien préparés à l'avance. Par conséquent, il pourrait y avoir peu de place pour la liberté et la spontanéité dans cette quête d'autonomie à travers la créativité. Dans une tentative originale de répondre à ces questions, une équipe de scientifiques du Canada ont décidé de mettre en place une expérience où les humains interagissent seuls avec un robot auto-stoppeur. Ils ont ainsi conçu *HitchBot* - un véritable aventurier qui voyage en auto-stop, sans pouvoir se déplacer mais doté de l'expression orale, de la reconnaissance vocale et des interactions visuelles limitées. Proche du design de *Heart Robot*, il n'est pas assisté par ses développeurs lorsqu'il interagit avec les humains. Pour être autonome, il repose sur une batterie solaire, de l' Internet mais aussi des bonnes intentions des personnes qui le prennent dans leur voiture. Ses concepteurs n'ont pas contrôlé à distance HitchBot, ils ont seulement vérifié son itinéraire lors d'un premier voyage de 26 jours au Canada (documenté toutes les 20 min par une caméra envoyant des photos de son expérience). Suite à une forte médiatisation du projet, le robot a ensuite participé à des expériences de voyage en Europe. En 2015, il est même arrivé aux États-Unis mais peu de temps après a fini par être démantelé [118] et abandonné près d'une autoroute. Inspirée par cette histoire, la metteuse en scène française Linda Blanchet a créé en 2019 le spectacle *Killing robots*. Le projet aborde des questions d'éthique concernant les robots, mêlant documentaire et fiction. J'aimerais souligner le fait que *HitchBot* ne fait pas partie de la catégorie des robots capables des effets d'inquiétante étrangeté, puisqu'il n'est pas un robot hyperréaliste. Il n'avait certainement pas une grande autonomie, ni de l'agence et, comme dans le cas du projet *Heart Robot*, il comptait sur l'empathie humaine pour compenser sa vulnérabilité -ne pas pouvoir bouger ou faire des gestes, à moins d'être porté par des humains. C'était une créature plutôt vulnérable qui, dans une certaine mesure, pourrait être comparée au robot aveugle que Louis Philippe Demers a créé en 2013. Ce robot, fixé à une table, est composé de deux bras mécaniques montés sur la même base. J'ai délibérément choisi de clore cet état d'art avec lui, même si sa mise en scène est très basique. Je suis convaincue de la force de la proposition qui réside dans ce cadre simple. Dans un espace théâtral peu éclairé, le robot explore délicatement le visage de la personne assise devant lui. Ce geste est ce que les humains aveugles sont censés faire lorsqu'ils reconnaissent les personnes ou les objets autour d'eux [106]. Dans certaines versions de l'installation, un miroir de taille moyenne (comme dans l'œuvre *Female Figure* de Wolfsen) est placé derrière le robot - permettant aux visi-

teurs de s'observer pendant l'interaction. Ainsi, le milieu artistique garantit un espace sûr pour l'expérimentation. Les spectateurs finissent par se laisser toucher par le robot. La différence entre les expériences de Demers et la triste fin de *HitchBot* est qu'aucune convention artistique n'a été établie avec les utilisateurs de *HitchBot*[119]. Des études sociales confirment que les gens sont plus susceptibles d'attribuer de la raison et des états mentaux aux robots, plutôt que des états émotionnels ou des sentiments [120]. En retournant à nos observations initiales, une fois de plus le contexte de la scène artistique apparaît comme un environnement sûr et neutre pour apprendre à connaître les robots. Il y a vingt ans, les roboticiens imaginaient un processus irréversible concernant notre transformation en machines [12]. Cependant, certains ont réfuté cette hypothèse, insistant sur le fait qu'aucun robot ne pourra prendre le contrôle de nos vies, puisque nous aurions tous déjà muté le moment où les robots auraient atteint la Singularité. Comme l'art a presque toujours anticipé les transformations dans nos sociétés, parfois sans même s'en rendre compte, peut-être que des œuvres post-humanistes sont étroitement liées à cette intuition. Comme dans les spéculations en robotique, ces œuvres pourraient annoncer un point de non-retour pour nos perspectives en tant qu'espèces. Au fur et à mesure que les deux disciplines évoluent, nos croyances en l'avenir changent également. Les lignes deviennent floues et ce n'est pas très clair où les humains et les robots se rencontreront en fin d'Anthropocène [36], [102], [103]. Si les robots vont coloniser les villes actuelles ou hybrider les modèles familiaux posthumains [36], l'art robotique contemporain pourrait-il concilier la projection fataliste concernant notre cohabitation avec les machines ou est-ce reflétant simplement un porte-parole transhumaniste ? Si l'art devait être inutile, alors comment pourrait-elle éviter le piège de la prédiction de la domination de la technologie sur l'humanité ? Le sujet de l'adversité envers les robots, présent dans les premiers exemples où les robots étaient manipulés par la force ou la violence, se dissout lentement dans les prémisses post-humaines d'un monde en mutation. Quels gestes seraient appropriés dans ce contexte ? Devons-nous concentrer notre attention sur des manières douces d'interagir avec les robots au lieu de s'amuser à les démonter ? Cela éviterait-il la condition prédéterminée des humains qui les créent et donc établissent sans vouloir une relation de concurrence ou de domination avec eux ?

Observations pratiques

Dans la plupart des exemples de cet état d'art, les humains considèrent les robots et leurs spécificités avec les critères d'évaluation spécifiques aux œuvres d'art. Pour résumer notre prémisse initiale, j'ai avancé l'idée que les robots peuvent être mieux perçus et compris à travers les représentations artistiques. L'analyse actuelle couvre des informations sur une quarantaine d'œuvres d'art robotique. Cette liste n'est certainement pas exhaustive, encore restreinte à des interactions qui présentent une proximité directe ou proche du contact physique avec les robots. Qu'il s'agisse d'installations interactives (20%), des études d'art robotique (12%) ou des performances (68%), ces œuvres traitent des sujets liés à la société (35%), au domaine du vivant et à la biologie (9%) ou un mélange entre des deux (9%), ainsi que la musique (12%), la danse (23%) ou une combinaison entre les deux (12%). Comme vu plus haut, l'apparence est un facteur important pour facilliter la comprehension de la spécificité des robots. Les robots ou les dispositifs robotiques déployés sont majoritairement anthropomorphes (65%) variant d'une majorité des dispositifs de taille humaine (59%) à des plus petits (26%) ou plus grands (15%) que l'échelle humaine. Suite à la projection anthropologique sur les robots comme animaux sauvages, dans certains essais scientifiques [121] les répondants décrivent les robots collaboratifs comme étant similaires aux animaux. L'une des rai-

sons peut etre l'attribution et l'execution des tâches simples par les robots. D'autres sujets invoquent l'auto- dépréciation humaine par rapport aux performances du robot [121] indépendamment de son apparence. Proche des modèles de corporeité humaine pour les robots, l'anthropomorphisme est compris ici comme une ´´faculté d'attribuer des caractéristiques humaines à des objets inanimés, animaux et autres en vue de nous aider à rationaliser leur actions" [101]. Autrement dit, en projetant notre interprétation sur les actions des robots, nous leur délèguons une présence anthropomorphique, quelle que soit leur apparence. Cela pourrait augmenter l'acceptation des robots dans la société, avec l'aide de l'art. Comme vu précédemment et également mentionné dans [122], les robots pourraient déclencher encore plus des réactions empathiques parmi les spectateurs à travers de la mise en scène, puisqu'ils interprétent les recits subjectivement et aiment donner des sens cachés aux actions de ce derniers. D'autre part, le concept de ´´robot-centered HRI " développé dans [34] met l'accent sur la vision du robot en tant que créature, ´´c'est-à-dire, une entité autonome qui poursuit ses propres objectifs sur la base de ses motivations, ses pulsions et ses émotions." De plus, ´´l'interaction avec les gens lui sert à répondre à certains de ses besoins" (tels qu'identifiés par le concepteur du robot et modélisé par l'architecture de contrôle interne) ; par exemple, les besoins sociaux sont satisfaits par l'interaction, même si l'interaction n'implique aucune tâche particulière. Intéressant de mentionner comment, selon une autre étude [8], un robot utilisé dans une œuvre d'art doit également être présenté comme un dispositif utile pour être mieux accepté dans le monde occidental. Puisqu'il a été souligné plus haut que le but de l'art est surtout de créer du sens, il y a peu de place pour des robots utilitaires dans les travaux sélectionnés - preuve que les robots sont considérés comme autonomes à travers l'art. De plus, en raison de la perspective interdisciplinaire des projets d'art robotique, l'auteur est susceptible de traiter sur scène ou dans d'autres contextes artistiques, des sujets qui sont moins présents dans la société, puisque ses conventions et ses contraintes seront moins présentes aussi. Suivant cette idée, il semble que non seulement l'apparence, mais aussi le comportement - impliquant les gestes et les mouvements de robots - sont importants. Ainsi les chercheurs soutiennent que l'incarnation (l'embodiment) est un aspect clé pour l'interaction HRI [39]. De plus, une incarnation au plus prés de la nature [5] est souvent citée comme nécessaire pour réaliser une interaction sociale significative. Ainsi selon la littérature [2], les robots peuvent être : socialement évocateurs, socialement réceptifs et sociables. Dans [54], Dautenhahn mentionne également les robots socialement situés - entourés d'un environnement social qu'ils perçoivent et auxquels ils réagissent. Comme défini dans [3], ´´un robot interactif nécessite des capacités spécifiques : il va pouvoir exprimer et percevoir des émotions, communiquer dans un dialogue complexe, apprendre et reconnaître les modèles d'autres agents". Par leur fonction, les projets artistiques facilitent ce type de comportement et nous avons vu dans nos exemples que les robots au design particulier comme par exemple *Telenoid R1* ou hyper-réalistes comme *Ai-Da*, peuvent facilement interagir lors des divers événements sociaux comme les foires d'art et les galeries. Avec 38% des œuvres présentées dans l'espace public : dans les rues (par exemple, *Miyata Jiro*, *Petit Mal*) ainsi que lors des événements publiques ou dans les laboratoires (par exemple, *Telenoid R1*, *Heart Robot* entre autres), il semble que l'Art Robotique n'ait pas de espace de représentation prédisposé. Dans le même temps, faire des robots qui réagissent à leur environnement, plus disponibles pour interagir avec les passants, pourrait améliorer l'opinion publique sur leur autonomie. Qu'il s'agisse d'une illusion ou pas, les robots sur scène suivent des critères d'interaction sociale. Dans la meme lignée, des études [117] montrent comment la créativité glo-

bale s'améliore lors des interactions avec des robots sociaux. Revenant aux exemples précédents, il est important de comprendre que le fait de créer des projets artistiques avec des robots sociaux inspirés par la figure de Gakutensoku pourrait éventuellement apaiser les craintes technocentriques actuelles sur la robotique, afin de faciliter leur acceptation. Alors que les humains se comprennent mieux grâce aux developpements dans les sciences cognitives, la figure du robot devient également plus complexe. Dans [101], Duffy soutient que peut-être ´´la version synthétique numérique mécaniste de l'homme" n'est qu'une représentation de l'idée de l'homme. D'autres études [5], [77], [123] considèrent les robots de type humain les meilleurs outils pour identifier quel type de comportement et d'actions sont perçus comme propres à notre espace et importants pour notre developpement. Reste à comprendre quel comportement et attitude nous attendons des robots en situation de représentation. De même, le langage corporel et le comportement pourraient compenser les éventuels effets d'étrangeté causés par la manque des expressions faciales des artefacts [124], de la même manière que les modèles dynamiques [125] aident à identifier les affects humains dans le mouvement. Puisque la communication tactile a un contenu informatif proche de la communication visuelle et vocale, les usagers recherchent naturellement l'interaction par le toucher et s'attendent même que un jour les robots d'apparence inanimée peuvent répondre à leur stimulation tactile [17]. En conséquence, de plus en plus de roboticiens conçoivent des dispositifs d'identification par le toucher, sur toute ou presque toute la surface du robot [126], également définie comme peau artificielle" [127]. Plusieurs types d'interactions corporelles qui font appel à ce type de stimulations tactiles, contribuent à une meilleure perception des robots [15]–[17]. Même si peu de robots que j'ai mentionné, ont été délibérément conçus pour ce type d'interaction tactile, cet aspect a été intuitivement abordé dans certaines œuvres d'art [66], [99], [128]. Concernant l'interaction physique, alors que la majorité des oeuvres (82%) impliquent une certaine forme d'interaction physique(29%) ou de toucher (53%), le type de contact avec le corps entier prévalait (41%), suivi des contacts ponctuels (20,5 %) et des contact avec les membres (12%). Dans cette mesure, la mise en œuvre des concepts de neuroscience comme le schéma corporel chez les robots peut augmenter leurs capacités d'interaction. Les recherches dans [49] soulignent l'importance de ce concept dans la planification et le contrôle de mouvement. Quant aux technologies employés : 24% impliquent des téléopérations, 14% divers types de logiciels commercialisés, 6% de biotechnologies tandis que 56% sont des solutions sur mesure. Ainsi mieux developper la mobilité des robots pourrait nous aider à comprendre des concepts paradoxaux comme celui de ´´ghost in the shell", de ´´l'étrangeté sociale" ou ´´le syndrome de Frankenstein" expliquant comment la peur et la fascination pour les robots coexistent dans notre imaginaire, quelle que soit leur apparence et comportement. Alors que 62% des robots et appareils robotiques sont conçus exclusivement pour les artistes, 20% sont personnalisés à partir des robots industriels et le reste de 18% sont des robots industriels très peu modifiés. [101] suggère qu'une fois que les robots domestiques progressent du statut outil à celui de compagnon au travers différents environnements et contextes comme l'art, leur rôle et leurs interactions changent aussi sensiblement. De plus, d'après [129], plus les caractéristiques corporelles sont des copies identiques du fonctionnement humain, plus les robots sont jugées comme autonomes et adaptifs. D'autre part [130] illustre comment l'apparence humaine peut contribuer à induire des sentiments négatifs chez les utilisateurs. Des catégories comme ´´incarnation de l'organisme" [52] où la cognition se produit dans toute organisme et ´´incarnation de l'organisme" [52] où la cognition ne peut se produire que dans des corps vivants, amplifient le débat sur l'incarnation

la plus optimale concernant les robots. En s'appuyant sur les aspects technologiques des représentations du corps, les chercheurs espèrent identifier quelles propriétés du schéma corporel biologique que nous avons mentionné plus tôt, pourraient être transférés aux robots pour les rendre plus adaptatifs et résilients (certaines études comme [131], [132] relient ces propriétés à l'aisance collaborative41). D'après [128], toute morphologie peut conduire à différentes perceptions de causalité et d'intention, tandis que le mouvement est considéré comme un facteur prioritaire dans le perception du comportement et de l'autonomie d'un agent [19]. Parmi les œuvres mentionnés, 38% sont des dispositifs robotiques mobiles, oeuvrant sur des surfaces scéniques d'environ 100 m2 pour 35% d'entre eux, plus de 500 m2 (tout en se produisant dans les rues et divers espaces non-conventionnelles) pour 9% des cas et moins de 5 m2 pour 56% d'entre eux. Cette majorité de robots mobiles qui interagissent dans de petites surfaces, souligne la necessité d'un contact étroit avec les robots. Néanmoins, cette zone d'interaction varie de plusieurs centimètres (dans le cas du *The Blind Robot* par exemple) à plusieurs milliers de milles lorsque le robot voyage avec des gens (comme dans le cas de *HitchBot*) - révélant la proxémie, en anglais *proxemics* comme un facteur important qui pourrait influencer à l'avenir, les interactions H2R.

Pour l'instant les androïdes hyper réalistes ont une base fixe et ne peuvent pas encore se déplacer, en attendant que les technologies émergentes impliquant de la MoCap et les alorithmes qui favorisent la marche, sont intorduits à leurs capacités. Dans une étude [133] impliquant deux robots Wakamaru, les chercheurs ont employé la distance sociale comme indicateur pour comprendre l'acceptation des robots par des utilisateurs. Les résultats confirment que l'expérience utilisateur peut être améliorée lorsque le robot superviseur est proche et le robot subordonné est distant par rapport à l'utilisateur. Chose intéressante et le fait que, loin des prédictions initiales, les performances des participants semblent se détériorer lorsque le robot est trop proche, quelle que soit sa distance d'action. Évidemment ceci est un étude scientifique dont l'objectif est loin de celui des œuvres artistiques, où, au contraire, un contact proche peut renforcer la complicité entre les interprètes et les robots, du moins du point de vue des spectateurs. Puisque les espaces où l'interaction a lieu lors de ces performances ou installations varient de plusieurs mètres (*Helpless robot*) à des centaines de mètres carrés mètres (*My Square Lady*), il me paraît que l'interaction renforce le sentiment de complicité avec les robots, à condition que la convention artistique soit adaptée en fonction de l'objectifde l'œuvre, le thème et son contexte de la représentation. Un aspect important confirmé tout au long de cette enquête est que très peu d'informations (41%) ont été fournies sur la stratégie de contrôle et les spécifications de sécurité des robots employés lors des performances artistiques. Des oeuvres utilisant des robots industriels qui ne sont pas certifiés pour l'évaluation des risques, mettent la vie des artistes et des spectateurs en péril. Ainsi c'est important de mentionner que l'industrie du divertissement s'adapte partiellement à ces règles et réglementations, tandis que les robots industriels doivent se conformer à des procédures de sécurité très strictes. Lorsqu'un robot est employé lors des événements largement diffusés, comme par exemple lors du concours Eurovision en 2016 le chorégraphe Fredrik Benke Rydman a du respecter un cahier de charges et des restrictions importantes. Pareil pour la Tournée ´´Timeless" de l'artiste internationale Mylene Farmer en 2013. La distance entre les interprètes et le robots est très grande. Plus récemment, des normes comme l'ISO/TS 15066 et l'ISO 102101845 qui assurent la cohérence des caractéristiques essentielles telles que la sécurité et la fiabilité des cobots devient très importante pour les contextes de travail en dehors de l'industrie. Avec 53% des robots ou dispositifs robotiques étant le moteur de l'interaction et 15% sup-

plémentaires ayant à la fois le rôle de suiveur et de leader[135] dans les œuvres d'art, il est important de prendre en considération les procédures de sécurité et les contraintes techniques de déploiement des robots dans des environnements complexes. J'aimerais également souligner que même si les robots jouaient un rôle principal (76%) dans le cadre de l'œuvre d'art, la plupart des rôles de leader/suiveur qui leur étaient assignés étaient en fait des interactions simulées, bien répétées à l'avance, prouvant que les technologies actuelles sont moins performantes que ce que les humains imaginent. Lorsque j'ai mentionnés au début de cette analyse les craintes au sujet du potentiel destructeur de la technologie et la maniere dont cela va modifier nos vies – il reste toujours l'espoir qu'une sécurité et éthique renforcée sont les facteurs clé pour améliorer l'impacte de la technologie sur nos vies, commencant par les projets artistiques. En conséquence, les perspectives enrichissantes de la nouvelle robotique, l'IA et les capteurs intelligents, accompagnées d'une éthique interdisciplinaire forte [119], [134] [130], apporteront à la création artistique des raisons d'appassement quant aux préoccupations actuelles concernant la sécurité et les risques, tout en améliorant les possibilités d'interaction non simulées, en temps réel. ´Cet état d'art orientée autour de l'interaction homme-robot en contact proche releve à quel point les artistes ne sont peut-être pas conscients des subtilités technologiques actuelles développées dans les laboratoires, dont certains déjà déployés dans les industries. Ils ne soint moins au courant des certifications appropriées en matière de cobotique et de sécurité. En absence d'une méthodologie officielle, les artistes invités à exploiter le plein potentiel de la technologie, décident de l'utiliser avec parcimonie. C'est le cas de chorégraphies de renommée internationale comme le Suédois Pontus Lidberg ou la Canadienne Isabelle Van Grimde qui ont développé des projets utilisant des algorithmes en machine learning (ML), autour des rencontres entre une intelligence humaine et une artificielle sur scène. Comprendre les effets de la proximité et l'utiliser avec justesse dans robotique reste un défi et au moins pour l'art les possibilités de création sont infinies. A travers cette synthèse, j'ai tente fournir une liste non exhaustive de ces possibilités, ainsi que de possibles convergences entre plusieurs domaines et leur lien avec l'industrie, une fois que des prototypes attirent l'attention des scientifiques. De même, les artistes pourraient utiliser des techniques de reconnaissance des émotions issues des neurosciences et de la psychologie cognitive. Des capteurs physiologiques comme la reponse galvanique cutanée (GSR), l'électromyographie (EMG), la fréquence de la réspiration (RR), la fréquence cardiaque (FC) et l'électroencéphalographie (EEG) peut être portés et utilisés par les artistes pour fabriquer des robots conscients des émotions des artistes et construire une œuvre interactive à partir de ces bases. Des domaines comme la robotique de développement élargissent notre compréhension de phénomenes tels la synchronie [135] pour mieux décoder des signaux non verbaux appropriés quand les robots doivent intégrer des éléments externes pour intéragir avec les humains.

Conclusion

Cette analyse révèle que les attentes et les angoisses envers les robots sont également présentes dans les œuvres d'art robotiques, quel que soit de leur thème, leurs contraintes techniques ou leur design. Dans nos écosystèmes sociaux complexes, il n'est souvent pas facile de distinguer les raisons qui génèrent l'un ou l'autre. Quant à l'exemple du HitchBot, aprés l'analyse des denriers données le concernnat, ses créateurs n'ont pas pu déterminer pourquoi le robot a été démantelé. Ils ont décide d'arrêter le projet et ne pas réparer HitchBot. Peut-être des prochaines études sociologiques ou anthropologiques

pourrait determiner si sa destruction a été causée par un acte inconscient de peur de la part de quelqu'un qui ne voulait pas comprendre les robots. Certes est qu'à la fin du XXIe siècle, l'Art et la Robotique vont entreprendre des transformations majeures, laissant place à l'imagination quant à leur possible relation et impact dans nos vies. Dans [142], les autheurs affirment que l'intelligence originaire des primates a évolué pour résoudre des problèmes sociaux et seulment plus tard a été étendue à des problèmes extérieurs du domaine social comme la technologie. Depuis il est important de se rappeller que l'intelligence du robot est « conçue et exploité dans la mesure du possible pour se conformer aux lois, droits fondamentaux, libertés, y compris de la vie privée " [6]. En réfléchissant à ces questions, les roboticiens, les artistes et les universitaires posent les bases d'une éthique envers les machines [120] pour que »des robots personnifiés et d'autres systèmes informatiques incarnés peuvent représenter une nouvelle catégorie ontologique. " Pour cela [134], concevent les humains, pas les machines, comme le principal agents responsables dans l'équation. Compte tenu de ce principe éthique dans l'évolution de l'intelligence, applicable à la fois aux systèmes naturels et artificiels [142], j'imagine avec impatience la contribution de la robotique sociale et de l'art à la culture générale. Si les artistes inspirent le développement de la robotique ou l 'inverse, les deux disciplines continueront de surprendre nos attentes pour lors des prochaines années. Tout au long de cette analyse,j'ai eu tendance à croire que les robots pourraient trouver à travers l'art, une condition indomptée " [8] avant leur conception humaine. Idéalement notre relation avec eux pourrait s'améliorer à l'aide d'expérimentations artistiques centrés sur l'interaction de contact proche ainsi que le toucher [143]. Puisque les robots ne sont pas capables d'intentions jusqu'à présent, nous ne pouvons que espérer mieux nous comprendre [144] nous-mêmes en tant qu'espèce, en les observant eux nous imiter.

Conclusion de la partie I

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed eget erat tortor. Mauris iaculis congue nibh ac sollicitudin. Aliquam aliquam velit eu aliquet tincidunt. Vestibulum lacus ipsum, feugiat at feugiat id, auctor quis nisl. Maecenas ultricies sagittis convallis. Curabitur at velit ut odio condimentum fringilla. Ut consequat eget arcu vitae pharetra. Pellentesque quam quam, luctus at ipsum non, accumsan ultrices ipsum. Integer dictum, leo et ornare viverra, enim massa tristique est, aliquam porta odio arcu non lectus. Maecenas posuere, ante sed congue blandit, nisi quam aliquet enim, in vehicula eros metus vitae quam. Nam lacinia malesuada lorem, at mattis risus mattis interdum. Nullam ac sapien nec quam ultrices dictum vitae eu erat. Curabitur a leo a lorem mollis volutpat. Duis volutpat porta nulla in convallis. Mauris sed accumsan nisl, ac efficitur nisl.

Deuxième partie

Des robots et des ours. Le travail de terrain et ses contraintes

Introduction

> "It is not only my dreams, my belief is that all these dreams are yours as well. The only distinction between me and you is that I can articulate them. And that is what poetry or painting or literature or filmmaking is all about... and it is my duty because this might be the inner chronicle of what we are. We have to articulate ourselves, otherwise we would be cows in the field."Werner Herzog

Au cours des dernières décennies, les possibilités d'interaction des robots humanoïdes ont été évaluées sous différents angles. environnements et conditions. Notre étude est centrée autour d'un robot HRP-4 dans le contexte de la danse improvisation avec un performeur et un écosystème virtuel. En analysant l'effet créatif des agents artificiels sur l'interprète et imitant sa réponse, nous visons à atteindre un état de co-création humain-robot inspiré par le sentiment d'empathie. Cela contribue au développement de formes d'art interactives transdisciplinaires qui remettre en question l'interactivité avec les agents virtuels et physiques. Faire passer des robots du laboratoire à la scène est un défi à bien des égards[0]. Alors que les robots sont déjà présents dans de nombreux secteurs manufacturiers et de services à la personne, pourquoi pas sur scène ? Selon Zaven Paré, nous nous sommes habitués à idéaliser les robots comme des *objets sociaux totaux*[161]. Nous aurions également pu projeter beaucoup de nos désirs sur eux. Très probablement, comme les humains, les robots peuvent être vulnérables, surtout lorsqu'ils sont utilisés comme *plateforme de recherche*, ce qui est le cas de notre robot HRP-4, de Kawada Robotics. En se concentrant sur les *petits, gestes incohérents*[161], les artistes recherchent un *effet de présence*[161] chez les robots. Nous croyons cet effet est déjà perçu chez l'homme dans les spectacles de danse et l'improvisation. Les possibilités d'interaction que nous remettons en question renouvellent plusieurs expé-

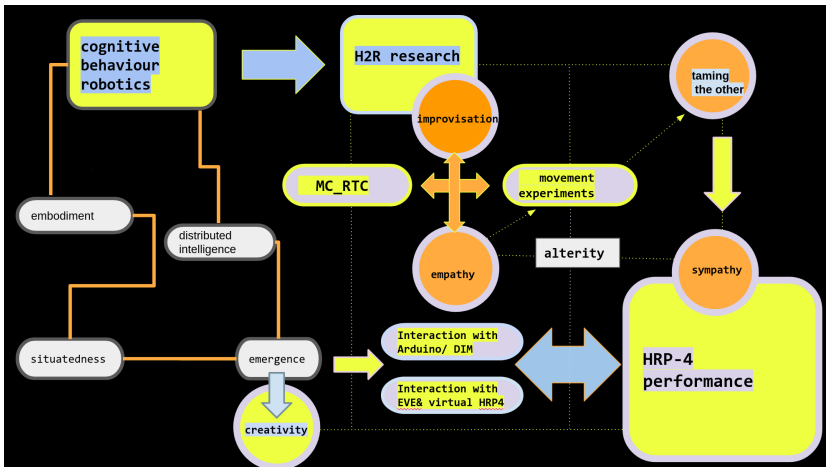


FIGURE 1 – Implementation des principes de la robotique cognitive comportamentale dans les inétarctions artistiques avec les robots.

riences Human-to-Robot (H2R). Dans En 2010, un modèle HRP-4C (la version robot humanoïde d'apparence féminine du HRP-4) présentait une danse et performance de chant au DC-EXPO au Japon[0, 0]. De même en 2012, lors d'une performance de dix minutes préparée au LAAS de Toulouse[0], les participants ont été témoins d'un danseur hip-hop serrant dans ses bras un robot humanoïde HRP-2 sur scène ! Alternativement, le type de mouvements et de gestes qui déterminent nos recherches actuelles sont influencés par l'art. projets impliquant des robots non humanoïdes. L'une d'elles est l'œuvre *Petit Mal* (1995) de Simon Penny où un robot à détection entièrement autonome sur roues explore son espace architectural pour susciter un comportement de jeu des visiteurs[137]. Ses mouvements hésitants et ses petits gestes font référence à notre quête d'un *effet de présence* dans HRP-4. Une autre œuvre inspirante est *The Blind Robot* (2013) de Louis Philippe Demers. Cette fois, le robot est constitué de deux bras mécaniques montés sur un socle et boulonnés à une table, dans un style théâtral. éclairage. Avec des mouvements doux, le robot explore délicatement le visage du modèle, supposément être des humains aveugles. faire lorsque vous essayez de reconnaître des personnes ou des objets[0]. Dans les deux propositions, l'accent est mis sur les mouvements communs et ordinaires et notre intention est de déterminer dans quelle mesure ils peuvent améliorer possibilités d'interaction pour HRP-4 et encourager la co-création. **A.1 Mouvement et émotions** En tant que médiateur de la rencontre entre les humains et les machines, la scène offre de nouvelles possibilités d'interaction. A travers nos recherches, nous mettons l'accent sur la façon dont ces entités communiquent, ce qu'elles échangent et comment un une possible co-création peut émerger. Dans cette mesure, les limites et les atouts respectifs de l'humanoïde Le robot et le performeur dansant avec lui, ainsi que ceux de l'écosystème virtuel (EVE) et de ses agents, sont éléments clés de nos perspectives de recherche. Les robots et les humains peuvent exprimer leurs émotions par des gestes, car cela implique principalement de contrôler les mouvements. Pour Chez les humains, ces gestes peuvent être générés par des actions conscientes ou émerger de processus inconscients. Dans notre l'exploration artistique, nous choisissons d'examiner ce dernier cas. Notre intention est de vérifier dans quelle mesure ils peuvent être recontextualisés ou esthétisés lorsqu'ils sont appliqués aux robots et nous détaillons ci-dessous nos résultats. Jusqu'à présent, HRP-4 est capable de générer - au moyen de programmes de planification et de contrôle - deux types de mouvements : (i) mouvements intentionnels (trajectoires implicites pour atteindre des objectifs de tâche raffinés mais bien prédéfinis qui peuvent être changeant par rapport à un contexte évolutif et dynamique), et (ii) les mouvements réflexes (c'est-à-dire non intentionnels) (qui peut émuler une réaction dans une portée automatisée - hors des objectifs de tâche prédéfinis). Un exemple de le mouvement intentionnel demande à la main (c'est-à-dire une pince) du robot d'atteindre en suivant l'un des mains du performeur ou pour imiter (recopier) au mieux la posture du performer, etc. Dans un tel contexte, on supposer que le robot, la scène ou l'interprète soit équipé du corps entier ou des membres d'un ou plusieurs interprètes technologies de suivi. Un exemple de mouvement réflexe d'un robot pourrait être un mouvement aléatoire de la tête du robot. indépendant du contexte scénique et peut être connecté à n'importe quel élément auquel l'artiste peut penser. Grâce à un rapide analogie avec les études cognitives et le comportement du corps vivant, nous considérons subjectivement que les mouvements réflexes correspondent aux processus inconscients. Actuellement, nous étudions par des explorations pratiques lequel des deux Des types de mouvements de robot (ou une combinaison des deux) pourraient correspondre à notre performance de danse. Pendant le performance de danse et de chant du HRP-4C pour DC-EXPO, le

robot faisait de la danse synchronisée de base mouvements entourés de quatre danseuses. Cette synchronisation était préprogrammée, réglée et appris hors ligne puis simplement reproduit sur scène - plus comme un spectacle de *danse automatisée* qui ne laisse aucune trace espace d'improvisation. **Improvisation dansée** Nous considérons qu'improviser avec des robots peut être un enrichissement pour la créativité. Jusqu'à présent, nos recherches en moins les mouvements conventionnels nous ont amenés à supposer que les pratiques somatiques en danse (comme le Body Mind Centering) ou les méthodes Feldenkreis entre autres) libéreront l'interaction H2R de l'appât de la *danse automatisée*. Tout au long de nos expériences de programmation en cours, le HRP-4 utilise peu de retours de l'interprète ou du écosystème virtuel (EVE). Sa présence affecte les autres agents (humains et virtuels) et nous en reparlerons plus loin. les implications possibles de ce type d'interaction ainsi que les moyens de l'améliorer ou de le contourner. Les réalisateurs travaillant avec des ingénieurs[0] ont mis en place une *illusion théâtrale* ou une convention selon laquelle ils seraient autonome et capable d'agir. En attendant, nous considérons plutôt que les robots peuvent apprendre à improviser ou à au moins pour imiter l'improvisation en utilisant des techniques modernes de programmation d'IA. Penny souligne que, dans le domaine artistique contextes, les machines ne sont pas capables d'improviser et lorsqu'elles font quelque chose d'inattendu, c'est il s'agit plutôt d'un bug ou d'un dysfonctionnement[138]. Cependant, du point de vue de l'ingénierie et de la robotique, c'est-à-dire du D'un point de vue technique, l'improvisation sur scène peut s'apprendre et se programmer, grâce à des connaissances avancées. techniques d'apprentissage automatique (par exemple, réseaux contradictoires génératifs) et mathématiques statistiques aléatoires. **L'enjeu de la mise en scène d'un robot humanoïde au sein d'une performance multi-agents** Actuellement notre configuration d'étape explore un modèle d'intelligence distribuée (DIM) - que nous détaillerons dans relation avec les principes de comportement cognitif de la robotique. Il couvre également un cas d'utilisation de *l'Umwelt improvisé*(Penny 2016 : 410) où les agents peuvent cohabiter dans le même espace (la scène) sans se connaître, puisque leur *umwelt* (c'est-à-dire leur environnement sensoriel) ne se croisent que partiellement. Cette cohabitation pourrait précéder une état co-créateur, à condition qu'un langage commun émerge entre ces entités humaines et artificielles : Fig. 1. Modèle d'Intelligence Distribuée d'interaction (DIM) entre les agents présents sur scène Notre objectif principal est d'aborder les possibilités de co-création d'un robot HRP-4 à travers l'improvisation dansée. dans un contexte artistique dynamique. Nous analysons d'abord l'effet créatif du robot sur l'interprète, en mettant en place notre propre méthodologie. Ensuite, nous imitons sa réponse, visant une improvisation H2R inspirée par le sentiment d'empathie. Cela peut éventuellement bénéficier à la manière dont les robots sociaux sont intégrés dans la vie quotidienne, ainsi qu'à améliorer la créativité dans les formes d'art transdisciplinaires basées sur l'interactivité homme-machine (H2M). **Adapter les principes du comportement cognitif aux expérimentations artistiques** Afin de comprendre la complexité du comportement de HRP-4, nous considérons les principes de la cognition incarnée[0] comme le modèle d'intelligence distribuée (Brooks 1991) qui a inspiré notre scénographie. Ça peut être décrit à travers quatre caractéristiques : l'incarnation, l'intelligence, l'émergence et la situation. Dans notre cas particulier, l'émergence peut stimuler la créativité (au sens où un comportement nouveau et complexe peut être un source d'inspiration pour des expérimentations artistiques). Alors que l'intelligence, l'incarnation et la situation se traduisent différemment dans le cas des agents virtuels et physiques. Les danseurs sont habitués à exprimer leur maîtrise sur mais, dans cette recherche, nous nous intéressons

davantage à l'atteinte d'un état de vulnérabilité et d'un corps *incontrôlé*. expressivité. Nous considérons également le potentiel de combiner des mouvements réflexes sur une séquence d'actions intentionnelles. mouvements, pour donner une impression de comportement *humain* (et donc d'imperfection) du robot. Ceci peut stimuler l'attention de l'interprète et entretenir un effet de surprise lors des improvisations, renforçant l'*effet de présence* dont nous avons parlé plus tôt. B.2 Inventer notre propre méthodologie dans un contexte créatif dynamique La nécessité de commencer notre exploration avec un exemple physique simplifié nous a conduit à construire un substitut au robot en la forme d'un carton Arduino animat1. Les seuls attributs de cet appareil sont : sa capacité de détection de mouvements et d'obstacles. Utilisant peu les capacités comportementales de la machine, nous avons continué à poursuivre point commun entre l'intelligence inhérente au corps humain et la réaction de l'animal. corps mécanique. L'influence de la présence de l'animat sur l'expression corporelle du performeur nous a fait envisagez une approche similaire pour l'interaction de HRP-4 sur scène. Comparés aux robots industriels très puissants et rapides, les robots collaborateurs sont plus conformes, avec des performances plus lentes, mouvements élastiques inspirés de la nature. Leur capacité à complexifier leur propre comportement est directement liée à leur capacité à interagir avec l'environnement (Brooks 1991). Le robot HRP-4 n'a pas été conçu en utilisant contraintes industrielles, mais il est capable de résoudre des problèmes alambiqués comme conduire une voiture[0] ou complexes de compétences de fabrication[0]. Puisque son fonctionnement repose sur un contrôle de l'espace des tâches méthodologie[0], nous avons pensé tester sa capacité d'incarnation[0], pour s'adapter à un contexte d'interaction avec les humains plus intuitif et peut-être primitif, comme la danse improvisations. Cet objectif d'une relation H2R interdépendante et co-créative est actuellement abordé à travers les étapes suivantes :

— étudier le comportement autonome des humanoïdes ;

— conçoit des modèles élémentaires Arduino qui simulent un type de comportement autonome humanoïde ;

— improviser des séquences de danse/mouvements avec le modèle élémentaire ;

— analyser l'impact du comportement de la machine sur les mouvements de l'interprète ;

— identifier les mouvements réflexes chez l'interprète ;

— adapter puis appliquer certains d'entre eux au HRP-4 virtuel, en utilisant des statistiques et des fonctions aléatoires ;

— créer un scénario de mouvement pour HRP-4 virtuel combinant des mouvements réflexes et intentionnels ;

— improviser avec HRP-4 virtuel en utilisant ce scénario ;

— analyser l'effet de ce geste sur l'interprète ;

note : *l'approche animat postule qu'il est possible d'étudier la cognition humaine à travers une approche bottom-up qui part d'architectures de contrôle minimales et d'environnements simples et les réalise ensuite progressivement plus complexe.*[92] **Rechercher un état de créativité par l'empathie** Pour évaluer la complicité H2R, nous nous appuyons sur le sentiment d'empathie[0] - vu comme une capacité à comprendre émotionnellement ce que ressentent les autres et nous imaginer à leur place. Dans notre cadre artistique les robots ne ressentent pas, mais la littérature[0] indique comment les robots s'appuient sur des émotions artificielles (c'est-à-dire des logiciels (structures symboliquement considérées comme jouant le rôle et l'action des émotions)

pour générer des mouvements. Ils analyser leur environnement à l'aide de capteurs et y réagir selon les lois de l'utilisateur définies par l'utilisateur (c'est-à-dire définies par l'art). interaction qui peut être simple ou complexe. L'interprète imagine ce que ressent le robot (c'est-à-dire son *umwelt*), puis utilise cette projection comme source d'inspiration pour l'improvisation. Plus on comprend la technique caractéristiques du HRP-4, plus on peut imaginer comment il devrait *ressentir* et cultiver des intentions artistiques basées sur sur ce. **C.1 Rôle de l'apparence du robot** À première vue, HRP-4 a généré un sentiment de malaise et de curiosité. Proche d'un style futuriste Daft Punk androïde, impressionnant par sa mobilité physique, on se demandait ce qui pouvait bien résider sous sa carrosserie en plastique. L'idée était de le démonter et de découvrir sa conception électrique : ses servomoteurs, ses fils et ses microcontrôleurs. organisé par des ingénieurs pour maintenir sa fonctionnalité. La difficulté de comprendre son code et la complexité Les scénarios d'interaction dont il est capable nous ont fait reconsidérer notre impression initiale. A l'origine un jouet exquis à taille humaine, HRP-4 est devenu davantage un *Autre* indompté (au sens de différent et d'inconnu) que nous apprenons lentement à expérimenter et à comprendre. En revenant à nos expériences, nous avons découvert que l'animat suscitait chez l'interprète une réaction instinctive. réponse d'empathie (c'est-à-dire s'imaginer à la place de l'animat). Très probablement le facteur qui a contribué C'est à cette réaction que s'est produite son apparence - petite (environ 30 cm) et fragile (faite de carton et de colle). Ces les lieux contribuaient à créer une intimité, dans un contexte où les mouvements du corps et la gestuelle des interprètes n'a pas convergé vers le contact physique. Alternativement, l'apparence physique du HRP-4 est le résultat de principes de conception ergonomique mais aussi de l'influence de la littérature SF sur la robotique, cela pourrait donc ne pas induire un sentiment de vulnérabilité. Nous pensons que les principaux atouts sont La taille (151 cm) et le poids (39 kg) du HRP-4 sont très similaires à ceux de l'interprète humain. L'empathie envers HRP-4 pourrait-elle être déclenchée par ces capacités physiques similaires à celles des humains, quelle que soit leur nature. comportement ? Pour nos prochaines expérimentations, nous nous demandons dans quelle mesure le robot humanoïde sur scène est capable de contact physique[0, 0] et comment cela renforcerait le le sentiment d'empathie que nous recherchons. **C.2 Rôle du mouvement** Le mouvement peut renforcer un sentiment d'étrangeté lorsqu'on atteint une interaction physique et un sentiment de *conscience de la conscience*[0]. Considérant nos réflexions sur le réflexe mouvements et gestes incohérents, nous avons voulu examiner plus en profondeur le rôle que joue le mouvement dans nos propres scénarios interactifs. Le cadre de nos premières improvisations de mouvements était basique : musique et *dialogues dansés* (au sens de séquences de mouvements expressives donnant l'illusion d'une communication) entre l'interprète et le animé. Le choix de la musique (extraits de l'opéra King Arthur d'Henry Purcell) a directement influencé l'attitude de l'interprète. sensibilité. Cela a contribué à donner un sens à la présence de l'animat (c'est-à-dire à l'imaginer comme un génie) alors que l'animat était en vie. pas programmé pour réagir à la musique. Alternativement, les mouvements instables de l'animat et ses arrêts peu nets ont été interprétés comme des hésitations de la part de l'interprète. De plus le caractère imprévisible de son comportement a généré une complicité ludique centrée autour de la spontanéité de la machine capable de transgresser le lois des interactions sociales - comme s'arrêter très près de l'artiste puisque c'était le seul point en mouvement sur scène. De plus, lorsque le performeur proposait un geste et que l'animat l'ignorait, le performer s'est concentré sur l'attribution d'un autre sens à cette réaction et a continué l'improvisation au lieu de interprétant cela comme un *refus*. De même,

lorsque l'animat donnait l'impression de suivre ou d'imiter le rythme de l'interprète, l'interprète a profité de cette opportunité pour imiter (si possible) le rythme ou le rythme suivant geste de la machine, afin de maintenir une continuité du mouvement. De cette façon, la subjectivité de l'interprète contribué à entretenir l'illusion de complicité sur scène. **C.3 Rôle des simulations virtuelles** Nous avons travaillé avec l'avatar virtuel de HRP-4 en utilisant l'interface de contrôleur unifiée2. Nos premiers essais d'improvisation étaient loin des *comportements imprévus ou non explicitement programmés*[92] nous visions. Comme le confirme la littérature[0] un agent virtuel utilise une représentation du monde inspirée d'un modèle réel, alors qu'un robot utilise le monde réel comme modèle. Nous sommes partis au départ de l'hypothèse que les robots collaboratifs (de par leur niveau de complexité et conformité des mouvements de leur corps) peut stimuler l'imagination de l'interprète et atteindre un certain *empathie* état sans mouvement spatial. Plus précisément, puisque ses mouvements et ses gestes s'inspirent de aux mouvements du corps humain, il est plus facile pour l'interprète de leur donner un sens, basé sur le mimétisme et la subjectivité.

Dans notre expérience, le robot virtuel HRP-4 était préprogrammé pour rester immobile et alternativement équilibrer ses mouvements. Centre de masse (CoM) de droite à gauche sur l'axe y, créant une séquence rythmique similaire à une danse lente. L'interprète a imité cette fréquence donnant l'impression d'une danse lente dématérialisée entre elle et l'avatar du robot. Lorsque nécessaire, la séquence de mouvements du robot était modifiée en temps réel (ajout de gestes cela pourrait correspondre à des mouvements réflexes). L'interprète pourrait proposer des séquences d'improvisation en réponse à un feedback HRP-4 imprévu. Le robot virtuel HRP-4 a été médiatisé par un opérateur humain lors des exercices d'improvisation. Cela contraignait l'interprète à réagir spontanément. L'humain l'opérateur à son tour n'a pas préparé la séquence de mouvements à l'avance et a surtout réagi aux ordres de l'interprète. mouvements. L'expérience pourrait littéralement correspondre à une séquence d'improvisation de danse entre humains, médiatisé par le corps d'un robot virtuel. Cette situation a été abordée dans un contexte différent par Paré qui a fait une expérience de téléopération robotique en interaction avec Geminoid3 dans son ouvrage *Le Robot et la Pomme* (2009). Des modèles d'interactivité similaires sont mis en œuvre dans notre laboratoire INREV mettant l'accent sur importance de l'humain comme *moteur et traducteur de l'interaction homme-machine*[0]. note : https ://www.youtube.com/watch ?v=HqP9kBPEtMQ, Paré s'interroge sur *comment les gestes des personnes floues les interactions font partie de l'effet de présence et contribuent à l'aspect normal et naturel de l'objet. agir*[161] *D. Conclusions et perspectives pour notre recherche artistique* Nos observations actuelles nous amènent à conclure que le sentiment de complicité et d'empathie avec une machine est renforcé par le mouvement, le mimétisme et les similitudes dans la conception ou l'apparence. Lors de notre improvisation virtuelle HRP-4, l'interprète pouvait facilement anticiper quelles articulations bougeaient, sans qu'on lui communique la séquence. Dans une certaine mesure, lorsque notre vision périphérique est activée, nous peut sentir la présence du robot virtuel sans vraiment le regarder. C'est une condition essentielle en danse improvisation. Reste à déterminer si cela peut être qualifié de réaction empathique, puis à comprendre comment cette condition déclenche la créativité. Entre les deux, nous souhaitons souligner le rôle de l'adaptation aux changements techniques. contraintes, ainsi que de considérer les contingences comme catalyseurs de ce type d'interaction. En échangeant avec roboticiens, l'interprète doit avoir une connaissance préalable des fonctionnalités et des comportements des robots afin de pour stimuler tout son potentiel sur scène. Il/elle doit également être prêt à improviser lorsque des

événements inattendus se produisent et les intègrent dans le processus de co-création. Dans la prochaine phase de notre projet, nous prévoyons de travailler sur les scénarios d'interaction : comprendre la différence entre improviser en temps réel avec un HRP-4 par rapport à son avatar virtuel, valoriser son mouvement capacités (en identifiant la séquence robuste la plus appropriée de mouvements combinés réflexes-intentionnels) et améliorer notre modèle scénique (en étendant l'improvisation entre tous les agents). Par conséquent, apprivoiser le *Autre* (représenté par HRP-4 et notre intention de co-créer avec lui) est toujours un travail en cours et nous comptons sur les évolutions technologiques futures pour améliorer nos modèles d'interaction.

Chapitre II.1

Improviser avec des machines

II.1.1 Approches anthropologiques

II.1.1.1 A.VOID

A.VOID est un projet numérique co-crée avec Isadora Teles de Castro en 2020. Concu comme une serie des performance collectives autour du son, du geste et de l'image, ce projet a un format hybride mélangeant radio, applications web et gestes devant une webcam.

Contexte de création

Impactées par les contraintes en lien avec la pandémie Covid19, nous nous sommes demandées, comme beaucoup d'autres, quel avenir pour l'art performatif et comment agir dans ce contexte extraordinaire. Face à des lieux de diffusion fermés, nous avons pensé organiser des performances collectives avec des utilisateurs qui se connectent en même temps que nous, pour co-créer ensemble. Cela a commencé en juillet 2020, quand nous avons présente notre premiere maquette A.VOID v1. en direct sur les ondes de Radio Galoche. Six mois plus tard, en décembre 2020, nous avons présentée la deuxième version du projet. Ainsi l'isolement social et l'impossibilité de se rencontrer pour expérimenter et créer, nous à contraint d'inventer des nouveaux outils. Nous avons proposé une plateforme accessible en ligne pour simuler un espace de rencontre virtuel. Les participants se sont connectés grâce à leurs téléphone portables ou ordinateurs. Une fois détecté, chaque mouvement devant la webcam a été lié à un vecteur graphique dévénu agent virtuel pour des interactions son-image-texte. Des gestes ont été analysée pour extraire la direction et vitesse du mouvement et ainsi influencer le déplacement de l'agent virtuel, lors d'une succession de scénarios d'exploration appelés "scènes".

Parmi les objectifs du projet, nous avons cherché à :

— tester l'impact des technologiques numériques sur la créativité

— s'approprier des outils de création qui échappent aux contraintes du monde physique

— improviser avec une entité autonome virtuelle

— provoquer des synergies son-mouvement-image et convoquer l'aléatoire dans le processus de création

— proposer une manière inédite de s'impliquer dans une expérience artistique en tant que créateur

— proposer un cadre alternatif de réception d'une oeuvre artistique

— questionner le rapport performeur-scène, dans une situation de présence dématérialisée

Pour ma propre recherche en danse, ce projet m'a donné l'opportunité de comprendre intuitivement l'impact que la dématérialisation des gestes peut avoir sur le corps d'un danseur, tout comme cet impact peut influer les autres médiums comme le son ou les images. J'ai pu également observer comment l'abstraction d'un geste modifie le comportement autonome d'un agent virtuel et l'inverse. Lorsque les participants nous ont partagé leur incertitude quand au comportement attendu et à la synchronisation avec les outils numériques j'ai pu confirmer mes intuitions quant au rôle des dispositifs numériques dans la co-création. Ce moment flou, ou l'humain se sent abandonné devant l'opacité du dispositif technologique est devenu pour moi un vrai moment de lâcher prise, catalyseur d'une expérience créative. Vidée de ses attentes et projections quant au résultat, le participant ne se regarde plus faire mais intègre le dispositif en pleine conscience, avec toutes ses sens. L'outil se transforme ainsi en véhicule d'exploration, dont les possibilités d'expression sont infinies. Dans le cas d'AVOID, selon le rythme et la vitesse du mouvement devant la webcam, le son a été plus fort, ou plus vite. Cela à confirmé l'importance des outils technologiques dans les processus de recherche-création. Persuadée que ce type d'état de pleine conscience à une composante synesthesique, j'ai poussée plus loin le lien entre son et geste. Les gestes ont fini ainsi se produire guidées par le son, dans l'intimité de chaque espace de représentation. Autre que moi et Isadora qui regardons la régie de la performance collective, chaque participant explorait son espace virtuel à son propre rythme. Des changements du son ou moments de silence ponctuait les transitions, encourageant une liberté d'expression pour chaque participant. Ainsi la fin était différente pour chacun d'entre eux, selon la dynamique d'exploration et les moments d'errance. Parfois des participants ont ignoré des instructions, ou manqué les observer, sans que cela soit contraignant pour notre processus. A titre personnel, cette opacité et manière de travailler est un moment privilégié loin des préoccupations pour un résultat visible. L'expérience subjective du spectateur, devenu performeur à l'intérieur de notre dispositif a été le vrai résultat de notre expérimentation. Cela a orienté mes recherches ultérieures sur la figure du robot et l'effet qu'il produit en tant que partenaire de scène.

Parmi les notes de mon journal de bord de cette époque, j'écrivais le 4 novembre 2020 :

Comment le geste du robot, par son caractère aléatoire et imprévisible, peut changer/transformer le geste du danseur ? Interagir avec une machine à laver, c'est comme interagir avec un robot ? Quelque chose du comportement humain est déjà inconsciemment modifié face à un non-humain...

Description du projet :

A.VOID cherche à modifier le rapport à une salle de spectacle, en créant des forme artistiques hybrides qui appartient aux spectateurs autant qu'aux artistes, capables d'exister indépendamment d'eux. La performance propose un espace virtuel d'exploration collective, où les participants questionnent leur identité à travers des sons, d'images et des textes qui interagissent avec eux. Les participants intègrent notre plateforme à travers le webcam d'un dispositif numérique portable(ordinateur ou téléphone). Nous proposons un cadre d'improvisation avec des instructions donnés via une plateforme radio ou vidéo. Des données de position du souris dédoublent les participants en agents virtuels dont les gestes devant la webcam influencent le comportement des agents autonomens virtuels. Ainsi dans notre système multi-agents, il y a deux catégories de participants :

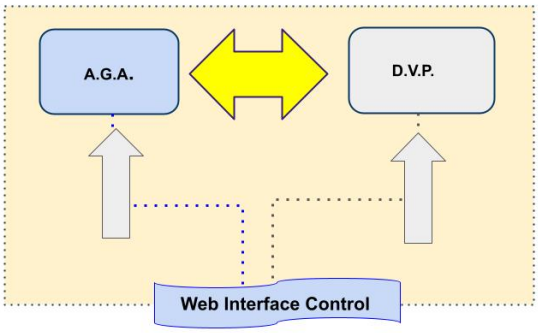


FIGURE II.1.1 – Schema d'interaction pour le systeme multi-agents

— A.G.A. qui signifie agent generatif autonome
— D.V.P. qui signifie dedoublement virtuel d'un participant

Le D.V.P est le résultat des données de position du souris et des gestes devant la camera, que chaque participant fait lors de sa connexion.

Chacun se connecte et explore cet espace dématérialisé, accessible seulement le jour de la performance.

La durée de chaque expérimentation ou improvisation est d'environ 15 minutes. Selon les temps de connexion de chaque utilisateur et son interet pour la performance, nous maintenons la connexion au serveur ouverte environ 30min supplémentaires.

La première scène est collective, montrant les avatars correspondants à chaque participant. La suite est une exploration individuelle. Au fur et à mesure que la performance avance, d'autres agents autonomes interagissent avec les participants. L'apparence des agents autonomes est similaire aux avatars des autres participants, afin d'entretenir une ambiguïté sur l'interaction entre des participants humains dédoublés ou des agents virtuels.

A.VOID v1. est une proposition sonore d'isolement graphique. Les utilisateurs se connectent sur une plateforme en bougeant un objet de couleur rouge devant leur caméra. Ce déplacement est traduit sous la forme d'un point de couleur d'un canevas numérique. Sur ce canevas, un point central rouge représentant un mini-robot doit être touché pour lancer une nappe sonore. Nous captons le robot directement dans le plateau de la webradio via une webcam. Il est en train de danser maladroitement accompagné par les bruits faites par des utilisateurs connectés. Lorsque des autres points de couleur se touchent, d'autres sons émergent, le tout forme une nappe de bruitage sonore, doublé par les mouvements des utilisateurs.

La performance diffusée en juillet 2020 est accessible online, sur le site de Radio Galoche [3]

A.VOID v2. continue notre questionnement sur la relation son-images-mouvement, dans une perspective synesthésique. Cette fois-ci nous avons imaginé une performance individuelle en plusieurs étapes, dont la durée reste à déterminer pour chaque participant. Nous diffusons la performance en direct à la radio pendant ses premières 15 minutes, mais un algorithme de vie artificielle évolutif continue d'interagir avec les inputs webcam de chaque utilisateur. Il s'agit donc d'une exploration personnelle sur la

3. http ://www.galoche.online/emission/31/2020-07-03-10-30-avoid-i

notion de soi et d'identité numérique. Lors de la dernière scène, une image pixelisée de la webcam de chaque participant est envahie par des agents virtuels évolutifs. Selon sa couleur, chaque pixel devient de la nourriture ou du poison pour ces agents virtuels, déformant l'image de fond qui capte le background de chaque participant. Par cela, notre intention est de questionner l'identité numérique ainsi que la possibilité de performer avec des entités generés par un contexte virtuel. L'interaction ne suit plus règles des systèmes physiques et c'est difficile de distinguer les agents réels des agents virtuels de cet ecosysteme. La présence humaine est traduite par des moyens d'expression propres à l'ordinateur ou au portable qui se connecte à l'application. C'est un type d'interaction re-contextualisée avec des entités autonomes virtuelles qui agissent directement sur l'humain.

La performance diffusée en décembre 2020 est accessible online, sur le site de Radio Galoche [4]

Parmi les mots-clés qui décrivent la dernière maquette du projet, nous nous sommes arrêtées sur : exploration synesthésique, performance dématérialisée, comportement aléatoire, geste dématérialisé,écosystème virtuel, dédoublement numérique.

Nos notes de 8 décembre 2020 décrivent le scénario d'A.VOID v2, qui se déroule sous la forme d'un tableau en 10 scènes.

Scène 1 L'utilisateur se connecte et voit une interface graphique où il y a une ligne qui bouge (déplacement inspiré par l'algorithme flow fields)

Scène 2 Écran noir, un contour de main apparaît avec une ligne qui suit ce contour

Scène 3 White Noise Flock statiques comme un ciel la nuit avec des étoiles filantes

Scène 4 Flock qui bougent suivant le mouvement de l'utilisateur

Scène 5 SON1 Ecran noir avec des flow fields et moment long d'improvisation son + flow fields

Scène 6 SON2 Flow fields qui se transforment en shadder, improvisation musicale continue

Scène 7 Juste shadder avec SON2

Scène 8 Shadder avec l'apparition du visage de participant (stop SON2)

Scéne 9 White Noise Image du webcam pixelisée avec le flock qui revient 10sec puis des les algorithmes évolutifs

Scène 10 White Noise Lecture du texte puis encore 10sec avec les flock évolutifs

FIN fin de l'antenne alors que chaque participant peur continuer l'expérience individuellement pour voir les algorithmes évolutifs modifier l'image de fond

Extrait du texte qui a accompagné Avoid v2. lors de sa diffusion en decembre 2020 :

Ce voyage commence par l'empreinte d'une main, tel les empreintes à l'ocre des hommes préhistoriques sur les murs des grottes. Cette main dont le mouvement peut modifier le son de notre dispositif, est le salut d'une personne dont on ne connaît pas l'identité, vers des autres, anonymes connectés à un serveur qui diffuse notre expérimentation.

Comme d'autres avant nous, nous aimerions dire que nous vivons un moment particulier dans l'Histoire de l'humanité. Est-ce que ce moment coïncide- en termes de mutation de l'esprit- avec ce que les humains préhistoriques ont ressenti lorsqu'ils ont créé ce que nous appelons aujourd'hui l'art rupestre ? Peut-on dire que l'art numérique d'aujourd'hui sera l'art préhistorique de demain ? Nous ne le saurons jamais. Mais ce que nous savons c'est que les possibilités qui se dessinent devant nos yeux sont infinies.

4. https ://www.galoche.online/emission/307/2020-12-12-12-20-avoid-ii

FIGURE II.1.2 – dessin avec de la poudre de pigments en ocre pour réaliser des mains en négatif, il y a plus de 30000 ans

Et notre rapport au monde, tel qu'il a été défini par nos ancêtres, est lui aussi en train de s'hybrider avec des machines dont l'existence ordonne la notre.

Le dernier repère de cette expérimentation est le reflet d'un visage. Notre propre visage à l'intérieur du dispositif numérique. Sur l'écran de votre ordinateur, ce visage se dédouble dans des matrices de 0 et de 1. Puis un algorithme de vie artificielle s'inscrit dans l'interface pour modifier ce reflet qui change au fur et au mesure que les algorithmes opèrent. Les personnes connectées au serveur- participants à notre expérimentation- peuvent rester regarder cette transformation un temps indéfini. Chaque portrait est modifié d'une façon unique et personne n'a accès au rendu final à part l'utilisateur lui-même.

Qui regardons-nous dans l'abysse de cette dématérialisation numérique ? Est-ce nous, notre propre visage qui est altéré par des organismes numériques ou ce sont des sosies d'une vie parallèle ? Sommes-nous ici et ailleurs ? Et si oui, est-ce que nos sens se dédoublent, et ainsi se diluent, elles aussi dans l'absolu algorithmique ?

Des étoiles filantes tombent sur le ciel virtuel de notre monde numérisé. Pas de réponse directe à toutes ces questions. Paris, 12 décembre 2020, midi trente

Le travail pour A.Void m'a permis d'explorer des intuitions quant à une dimension universelle de l'art, reliée aujourd'hui par la technologie. Quand un participant regarde le contour de sa main se dessiner sur l'écran, je ne peux pas m'empêcher penser aux premiers dessins pre-historiques, notamment celui de la grotte de Chauvet :

La première fois que j'ai vu je n'ai pu pas m'empêcher de réfléchir à la signification de ce geste. La capture de mouvement est une pratique qui a été exploitée dans de nombreux domaines, mais particulièrement dans l'analyse biomécanique des populations sportives et cliniques. Est-cette image une première tentative de capture de mouvement, ou un acte artistique ? En octobre 2021, lorsque j'ai donné le cours *Perception, emotion and aesthetics of movement* (PEAMO), j'ai eu l'occasion de tester un format différent de la performance, avec les étudiants en Mastère Spécialisé Intelligence Artificielle et Mouvement pour la Robotique et les Systèmes Interactifs (MS AIMOVE) de l'école Mines Paris Tech. La performance a été adaptée au contexte, avec Isadora

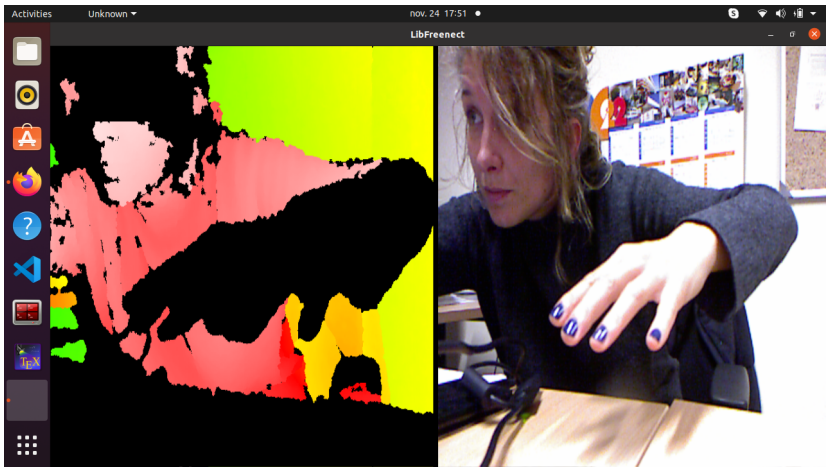


FIGURE II.1.3 – Mise en place d'une démonstration de capture de main avec la librairie open source LibFreenect

me rejoignant via skype pour présenter le projet et le lancer à distance. Les participants ont interrogé les caractère spontané des interactions, leur participation collective n'étant pas la meilleure façon d'interagir avec le dispositif puisqu'ils nt pu regardes les écrans d'autres participants pour comparer leur parcours. Pendant ce cours j'ai également fait une démonstration avec un capteur Leap Motion (LMC), pour montrer une alternative accessible à la captation des mouvements de mains. LMC est un petit périphérique USB qui se branche sur l'ordinateur. Il scanne une zone d'environ 0.22 m3 au-dessus de l'appareil, à l'aide de lumières LED et de capteurs de caméra. Cela lui est suffisant pour détecter les deux mains et les 10 doigts lorsqu'ils se déplacent dans l'espace devant l' ordinateur. Ensuite il traduit les données de position en informations numériques qui peuvent entre transformées en indices sonores ou visuels. Ce type de capteur offre un moyen peu coûteux de suivi des mains, sans utiliser des marqueurs de position. Son utilité est limitée par un petit champ de vision mais la précision de sa détection le rend intéressant pour des projets DIY.

Les participants ont pu observer comment deux technologies différentes peuvent produire les mêmes effets.

Repères techniques

Pour ce projet, nous avons utilisé le langage de programmation P5.JS, dont les brouillons, en anglais *sketches*, facilitent une connexion multi-utilisateurs pour co-créer ensemble. P5 est une librairie open source JavaScript accésible online pour facilliter le *creative coding*- une façon de programmer simplifiée, propre aux artistes. Ce langage est dérivé de Processing - une solution software imaginé comme façon simplifiée de programmer, grâce au contenu visuel de ses modules. Avec le temps, la communauté à fait évoluer le software dans un outil de création avec multiples applications, dont le P5. Bien que P5 est accessible dans un browser, pour pouvoir inviter plusieurs utilisateurs se connecter à la même page, nous avons du créer un server qui traite des demandes HTTP avec l'aide de la plateforme *Heroku*[5] et du code source *Node.js* dédiées aux applications réseau- *JavaScript network applications*. Grâce aux tutoriels open source du module *sockets.io* nous avons pu inviter plusieurs participants accéder simultanément à notre performance. Le principe a été de transmettre les coordonnées mouseX, mouseY du souris de chaque utilisateur, sur une canevas graphique partagée en temps réel. Isadora a choisi explorer les possibilités graphiques de notre performance par

5. https ://devcenter.heroku.com/categories/nodejs-support

les *Shaders*-deseffets visuels spéciaux qui s'exécutent sur la GPU(Graphic Processing Unit) d'un ordinateur. Cela lui a permis de traiter de nombreux pixels à la fois pour générer du bruit et appliquer des filtres inspirés par des algorithmes de vie artificielle.

Le travail de recherche sonore, nous a conduit à employer la librairie *P5sound*. Les fichiers utilisés comme bases sonores sont : *le Piano Concerto #2 in C Minor, Op. 18*(1901) par Serguei Rachmaninoff et *le Concertino pour harpe et piano*(1927) par Germaine Tailleferre, en complément d'une nappe sonore de BruitBlanc, *WhiteNoise* qui accompagne certaines scènes de la performance. Parmi les algorithmes de composition, nous avons choisi de détourner la fréquence et le volume sonore de ces fichiers, selon la position de chaque utilisateur sur le canevas et la vitesse de ses mouvements. Alternativement, dans la première version de la performance, nous avons associé un son au robot et un son à chaque interaction entre les positions des utilisateurs, créant un espace sonore qui illustrait les déplacements dans l'espace.

II.1.1.2 Émission radio sur la conscience artificielle

En juillet 2020, j'ai eu l'occasion d'animer l'émission radio *Conscience Artificielle. Mythe ou Realité ?* dont les invités ont été des artistes-chercheurs. Parmi les invitées : Sooraj Krishna du laboratoire ISIR, puis Chu-Yin Chen, Isadora Teles de Castro et moi-même du laboratoire INREV [6].

L'objectif de cette émission, structurée sous la forme d'un débat, a été d'échanger des points de vue personnels sur la question de la conscience artificielle. La motivation principale a été de comprendre comment la science peut modéliser un phénomène qu'elle n'arrive pas à définir entièrement. Plus exactement, nous avons cherché à comprendre et aussi spéculer sur l'éventualité qu'une conscience humaine peut-être reproduite par des moyens artificiels (ou pas).

J'ai préparé une série des références qui ont été distribués en amont de l'émission. Parmi eux, quelques extraits ont été écoutés en direct. La première mention a été le projet *The Humain Brain Project* ou HBP. Ce projet scientifique d'envergure crée en 2013 vise à simuler le fonctionnement du cerveau humain grâce à un superordinateur, dont les résultats obtenus auraient pour but de développer des nouvelles thérapies médicales en réponse aux maladies neurologiques de notre époque.

Dans le déroulée de l'émission nous avons également diffusé un extrait sonore du chercheur Stanislas Dehaene, ancien élève de l'École normale supérieure et docteur en psychologie cognitive. Professeur au Collège de France depuis 2005, il est responsable de la chaire de Psychologie Cognitive Expérimentale. Ses recherches se concentrent autour des bases cérébrales d'opérations les plus fondamentales du cerveau humain : la lecture, le calcul ou la prise de conscience.

La prochaine référence partagée a été un extrait sonore qui évoque le concept d'*Umwelt*, à la croisée des chemins entre biologie, communication et sémiotique. Selon Jakob von Uexkull et Thomas A. Sebeok, l'Umwelt (pluriel : Umwelten) désigne l'environnement sensoriel propre à une espèce ou un individu, traduit en français par l'expression de *monde propre*. La théorie de von Uexkull explique comment des organismes qui partageant le même environnement, font l'expérience de différents réalités sensorielles. Par exemple, une abeille qui partage le même environnement qu'une chauve-souris, sera sensible à la lumière polarisée tandis que la chauve-souris réagira aux ondes issues de l'écho-location. Les deux stimuli leur étant réciproquement inac-

6. http ://www.galoche.online/emission/33/2020-07-03-11-30-conscience-artificielle-mythe-ou-realite

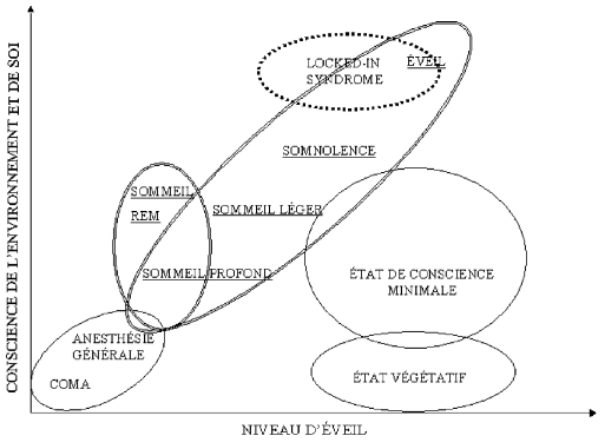


FIGURE II.1.4 – Corrélation du niveau d'éveil avec la conscience de soi et de l'environnement.

cessibles, produisent une perception différente du monde extérieur pour chacun. Un autre article partagé, fait état d'une définition de la conscience en lien avec des états d'éveil[157]. Nous nous sommes inspirés par ce graphique qui met en relation le niveau d'éveil et l'environnemt :

Ensuite j'avais lu un extrait de l'article *Action & Enaction - Emergence de l'oeuvre d'art*[124] que Chu-Yin CHEN avait écrit en 2017 :

> "Quand je lance un caillou, je peux prévoir sa trajectoire et savoir où il ira. Mais, si je lâche mon chat, et bien que je l'aie apprivoisé, il s'échappe de ma main : il fuit pour se cacher ou il cherche à s'amuser. Quand je l'appelle, il joue à cache-cache, il fait tout ce qu'il veut dans cette maison. En fait, toutes les entités vivantes s'administrent par leurs propres lois qui caractérisent leur autonomie."

L'intelligence ou la conscience sont des concepts dont la définition varie suivant les domaines. C'est pourquoi, dès que notre raisonnement touche à l'intangible, il devient difficile de quantifier et rationaliser la conscience sans la réduire au seul fonctionnement du cerveau. Parmi les idées véhiculés lors des interventions, je mentionne celle où les émotions et la perception sont vues comme des composantes en lien avec la conscience, tout comme les pensées ou le sens du soi. D'un point de vue psychologique, elle représente une sensation intériorisée immédiate qu'un être établit avec le monde. Dans ce sens, elle peut aussi être reliée aux notions de connaissance, d'intuition et de réflexivité. La conscience est également représentée par un parcours graduel entre le sommeil profond et la veille peuplé par des états intermédiaires. Selon le paradigme de la recherche scientifique utilisé, un état modifié de conscience (EMC) est un état mental différent de l'état de conscience ordinaire. Cet état représente une déviation dans le fonctionnement psychologique d'un individu, par rapport à certaines normes générales de la conscience à l'état de veille. De cette façon les rêves, les états hypnotiques, les hallucinations, la transe, la méditation, les états sous l'influence des drogues psychotropes ainsi que l'état végétatif ou le coma sont des exemples d'EMC.

illustration courbe EMC

Dans l'introduction de son livre *Les États modifiés de conscience*(1987) Georges Lapassade, décrit les EMC comme :

> "un certain nombre d'expériences au cours desquelles le sujet a l'impression que le fonctionnement habituel de sa conscience se dérègle et qu'il vit un autre rapport au monde, à lui-même, à son corps, à son identité."[9]

Plus tard, l'ethnologue évoque l'importance du dédoublement vu comme une dissociation spontanée entre deux dimensions fondamentales de la conscience modifiée. Pour Lapassade il existe une dimension passive de la conscience où le sujet semble subir ce qui lui advient, en contrepoids d'une dimension active d'observation par laquelle le sujet prends acte de ce qu'il traverse. Le miroir d'une réalité propre, selon les capacités sensorielles de chacun, illustre ce que le sujet arrive à traduire consciemment. A leur tour, les invités illustrent ce problème sous la forme d'une paradigme recursive dont l'objectif est la connaissance de soi. Isadora parle d'un cycle d'apprentissage qui passe par plusieurs étapes : "the more we try to simulate consciousness, the more we understand consciousness. Our actual state of consciousness is too ahead of what we try to simulate. Our trials are a way to understand our own consciousness, a late mirror from a millions of years ago." Ces observations nous permettent de re-définir le concept de réalité, en nous appuyant sur les concepts théoriques de von Uexkull ou de Dehaene, ainsi que sur nos propres observations.

If you throw a robot, what would the robot do ?

Les échanges ont continué en avançant l'idée d'une possible conscience pour les robots, en lien avec la boucle perception-cognition-action. Puisque une simulation semble à l'heure actuelle la seule possibilité réelle d'une tel objectif, nous nous sommes demandés comment mieux définir cet état d'émulation d'une conscience. Par quels biais et facteurs cela doit se produire pour générer une expression crédible d'une effet de conscience ou "make a believable expression of consciousness" pour citer Sooraj. Nous avons pris comme point de départ le comportement des organismes vivants. De cette manière, nous nous sommes demandées comment mieux anticiper le comportement qui vise la trajectoire d'un robot jetée, par rapport au trajectoire du chat ou de la pierre dans l'exemple de Chu-Yin. Nous avons conclu que le comportement émergeant d'un système complexe dépend également de l'influence de son environnemt. Le degré d'incertitude des conditions de l'environnement doit être pris en compte. Nous nous sommes mis d'accord sur le fait que la ré-activité et l'autonomie de ce type de système, est ce que garantit sa réussite. Un robot qui s'adapte aux conditions de son environnemt avec les mêmes instincts qu'un humain, sera l'émulation parfaite. Cependant autant que nous ne connaissons pas dans les plus brefs détails notre propre fonctionnement en tant qu'espèce, nous n'y arriverons pas à la modéliser. Rétro-activement, la pensée du Michel Bibtol peut pousser plus loin l'exercice de spéculation fait pendant l'émission radio. Suite aux nombreuses échanges, nous n'avons pas fait écho à l'article [86] que faisait partie de notre matériel didactique pour entrer dans la matière. Le philosophe de sciences semble conclure mieux que nous le débat :

> "Et d'ailleurs, pourquoi voudrait-on plus que cela ? Pourquoi voudrait-on que les robots soient *réellement* le siège ou le centre de perspective d'une conscience phénoménale, en supplément de leur comportement analogue à celui d'un être conscient ? Qu'est-ce que cela nous apporterait de plus par rapport au *comme si* ? Une seule chose : la potentialité de s'incarner soi-même, de se ré-incarner faudrait-il dire, dans un robot et d'affranchir ainsi le flux d'identification vécu que nous appelons *ego* de ce corps malade et mortel. Le test pour savoir si quelqu'un a réussi à se convaincre de cette possibilité serait de lui poser cette simple mais dérangeante question : *accepteriez-vous de mourir à l'instant si vous saviez que votre structure cognitive et vos habitus comportementaux ont été intégralement téléchargés dans un robot ?* Ou auriez-vous un doute, celui que la structure cognitive en question, n'ayant aucun vécu associé, vous seriez alors mort pour de bon ?"

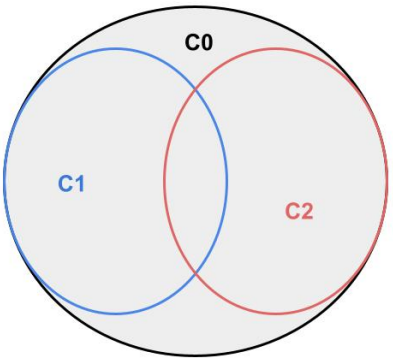


FIGURE II.1.5 – Illustration de la relation entre les composantes C0-C2 de la conscience, selon les observations théoriques de S. Dehaene

Selon S.Dehaene, la conscience opère une intégration ainsi qu'une amplification des informations venues de différentes parties du cerveau. Chacune de ces parties traite à son tour, de façon automatique et non consciente, une partie des informations provenant de différents sous-modules. Pour le neuro-scientifique, ce fonctionnement hiérarchique basé sur le tri d'informations, permettra au robot d'adapter son comportement à chaque situation nouvelle. Actuellement les robots autorégulent en partie leur comportement, selon leurs taches et capacités de calcul. Pour atteindre une autonomie décisionnelle, ils devraient simuler à 100% un comportement humain. Grâce aux avancées en neurosciences, les architectures cognitives robotiques s'inspirent de plus en plus de mécanismes conscients d'intégration de l'information. Cependant ces mécanismes ne sont pas parfaitement compris, tout comme celles inconscients qui restent encore opaques et difficile à simuler. Dans ce contexte, la théorie de l'information intégrée proposée par Giulio Tononi apporte des réponses complémentaires. Cette théorie avance l'hypothèse que l'accès à conscience d'un individu est lié à la quantité d'information intégrée dans son cerveau. La thèse de Dehaene[96] approfondie cette perspective. Ainsi la définition de la conscience est donné en trois temps- celle de la conscience qui traite d'une information disponible globalement dans le cerveau ou qui peut-être utilisée à tout moment (C1 global availability of relevant information) avec l'interprétation subjective de cette information (C2 self-monitoring), mais aussi celle qui résulte des processus inconscients (C0- unconsciouss processing).

La composante C1, celle de la disponibilité de l'information à tout moment, fait référence au caractère transitif de la conscience. Dans l'exemple de Dehaene, cela corresponds au pilote d'une voiture qui comprends la signification d'un voyant qui s'allume. Ainsi la représentation mentale du voyant rouge est intégrée dans un système cognitif d'interprétation de symboles. Cette information est disponible globalement pour des autres associations, autant qu'elle reste consciente. Une autre propreté de la conscience est son caractère reflexif. Cela signifie qu'un système cognitif est auto-référentiel, capable de s'auto-évaluer selon un contexte donné afin d'obtenir des informations nouvelles. Par exemple, l'être humain qui récupère de façon automatique des informations sur la position de son corps, pour mieux l'ajuster en cas de disconfort. Dehaene décrit cela comme une introspection, vue comme moyen de produire des représentations internes propres concernant les habilités de quelqu'un. Alors qu'une grande partie de l'information de notre environnement est décodée et stockée dans le cerveau sans que

nous l'utilisons de façon conscience. Parfois des souvenirs peuvent influer nos décisions et états conscients, mais la plupart du temps cette masse d'information est opaque et opère au niveau de notre inconscient. Selon Dehaene[96], la composante C0 est siège des processus d'apprentissage et de notre coordination et la plupart des robots fonctionnent grâce à ses principes. Élargir ce modèle aux composantes C1 et C2 est un défi pour les chercheurs en robotique :

> "How could machines be endowed with C1 and C2 computations ? Let us return to the car light example. In current machines, the *low gas* light is a prototypical example of an unconscious modular signal (C0). When the light flashes, all other processors in the machine remain uninformed and unchanged : fuel continues to be injected in the carburetor, the car passes gas stations without stopping (although they might be present on the GPS map), etc. Current cars or cell phones are mere collections of specialized modules that are largely *unaware* of each other. Endowing this machine with global information availability (C1) would allow these modules to share information and collaborate to address the impending problem (much like humans do when they become aware of the light, or elephants of thirst)."

Dans les exemples de Dehaene, un éléphant est capable de parcourir jusqu'au 50km pour retrouver une source d'eau lorsqu'il a soif, en intégrant des informations de son environnement et des indices par rapport aux autres fois quand il a eu soif. Nous pouvons espérer qu'un jour, des robots conscients de leur environnement et de leurs expériences passés, seront capables de s'auto-réguler et fonctionner de manière autonome dans un éco-système où ils seront tout autant intégrés qu'un espèce vivante.

II.1.2 Objets électroniques

II.1.2.1 M.I.P. ou comment rendre l'électronique créative

Une instance intéressante de ma recherche-création a été la préparation, entre décembre 2021 et mai 2022, d'un Module Pédagogique Innovant (M.I.P.) pour l'école doctorale EUR-ArTeC. Cette expérience d'enseignement m'a permis de conceptualiser mes questionements dans un cadre académique et ainsi les confronter et adapter à un contexte général de recherche.

De cette façon, l'atelier laboratoire *Interfaces Magiques : objets connectés pour la performance artistique* a été conçu comme un partage des connaissances autour du design et de la création d'accessoires électroniques interactifs et connectés pour des performances artistiques. Proposé comme un espace d'expérimentation mixte entre arts performatives, électronique et création d'objets connectés, ce module m'a permis de réfléchir à comment des interfaces connectées peuvent enrichir la créativité d'un performeur et comment un spectateur intègre cette proposition.

Le projet a été conçu et animé en collaboration avec Isadora Teles de Castro, dans le cadre du projet ArTeC : *Co-Evolution, Co-Création & Improvisation H2M (CECCI H2M) : Promouvoir une coévolution comportementale durable avec une co-création émergente Homme-Machine* dont j'ai fait mention dans l'introduction de ce travail.

Il a eu lieu du 6 au 9 mai, de 10h à 18h, dans mon studio artistique au DOC ! (26 rue du Docteur Potain, 75019 Paris) puis le 27 mai en ligne, pour discussion et retour d'expérience. Les sept participantes ont été des étudiantes en M1 et M2 de

l'école EUR-ArTeC. Puisque l' objectif pédagogique a été l'appropriation des dispositifs électroniques connectés dans un contexte artistique, elles :

— ont acquis des concepts et des références sur les accessoires électroniques interactifs portables, ainsi que sur les objets IoT connectés et leur contexte de création artistique,

— ont expérimenté une première étape de planification, prototypage et réalisation d'interface pour des fins performatifs et artistiques,

— ont acquis des bases en électronique et informatique qui leur permettront de s'imaginer leurs propres projets créatifs en interfaçant ensemble des modules électroniques (capteurs, actuateurs, carte contrôleur).

— ont eu l'occasion de customiser leurs propres outils et accessoires lors d'un exercice dramaturgique en lien avec le féminisme et l'hybridation du corps.

La version intégrale du cahier de bord est disponible en ligne [7].

L'atelier a été structuré en plusieurs étapes. D'abord nous avons mis en place un syllabus contenant une état d'art des projets créatifs utilisant du matériel électronique et le lien vers des tutoriels de *creative coding* et projets DIY qui nous ont inspiré. Ensuite nous avons présenté notre propre matériel électronique et quelques capteurs avant de commencer le travail pratique de familiarisation et expérimentation avec les boards Arduino et les capteurs. Le troisième temps a été celui de la réalisation d'une maquette collective, pensée comme étude de cas des connaissances acquises. Grâce à l'utilisation de capteurs, des servo-moteurs et de formes textiles plissées et pliées, les participants ont appris à créer une extension corporelle portable connecté aux mouvements d'un autre corps. Dans les semaines qui ont précédé cet atelier, nous avons également organisé un temps d'échange et de retour d'expérience.

Une partie importante pour les permises du projet, a été le partage des ressources bibliographiques. Parmi les artistes qui nous ont le plus inspiré, il y a le travail de Katie Hartman. Son livre [7] présente les bases de l'électronique pour des projets créatifs, ainsi que des exemples de code et d'autres astuces et ressources partagés par la communauté. Artiste, chercheuse et pédagogue basée à Toronto, le travail de Hartman couvre des domaines comme la physique, l'informatique, l'électronique portable et l'art conceptuel. Fondatrice du *Social Body Lab*, elle coordonne une équipe de recherche dédiée à l'exploration de technologies centrées sur le corps dans un contexte social. Pour Hartman, le corps humain est une interface primaire en lien avec le monde extérieur et son projet d'utiliser des dispositifs portables (i.e. *wearables*) est pensé en lien avec l'augmentation de nos capacités sensorielles. Un expriment qu'elle propose, décrit les consignes pour l'écoute et l'amplification des bruits produit par une partie de notre corps. J'ai utilisé ses conseils lors des étapes de recherches ultérieurs, grâce à l'aide des capteurs sonores (microphones piezoéléctriques). Je parlerai de mes observations dans un prochain chapitre. Cependant il est important de mentionner que cette approche informelle, au caractère ludique de Hartman m'a réconcilié et aidé à mieux comprendre le rapport au corps, par le biais d'une technologie simplifiée (*lowtech*)

Au même titre, Hannah Perner-Wilson et Mika Satomi, dont le travail est répertorié online sur le site *How to get what you want*. Leur idée est de mettre à disposition des références "compréhensibles, accessibles et maintenables" qui encouragent les participants à contribuer ultérieurement, une fois les bases acquises. Les deux artistes et chercheuses cherchent à souder la communauté du collectif KOBAKANT [8] qu'elles ont

7. https ://interfacesmagiques.tumblr.com
8. https ://www.kobakant.at

crée en 2008. Pour cela, elles explorent (souvent avec de l'auto-ironie et de l'humour) l'artisanat textile et l'électronique comme outils critiques des aspects technologiques de notre société. Sur leur site, elles expriment leur credo de la façon suivante :

> "KOBAKANT croit que la technologie existe pour être piratée, faite à la main et modifiée par tout le monde pour mieux répondre à nos besoins et désirs personnels."

Le travail individuel de Hannah Perner-Wilson s'est constitué en parallèle autour du projet *Wearable Studio Practice* (WSP). WSP représente une collection d'objets portables -*wearables*- qui facilite la création de projets électroniques nomades, comme moyen d'expérimenter le monde. Pour elle, l'acte de fabriquer-*making*-est une forme d'expression créative en lien avec la nature.

Je rajoute à cela l'importance du héritage de Rosalind Picard et son travail au laboratoire MIT, où elle a développé sa thèse sur l'importance des émotions dans la programmation- *affective computing* où le concept même d'ordinateur est revisité du point de vue de son utilité. Si la plupart des ordinateurs sont utilisés d'une façon identique, son équipe imagine des ordinateurs qui peuvent être portés comme des lunettes ou des vêtements, pour interagir avec l'utilisateur en fonction de son contexte. Son hypothèse est que les technologies peuvent augmenter nos capacités affectives, comparatif avec la communication inter-personnelle directe, puisque la communication intermédiée par un ordinateur offre des multiples possibilités d'expression[13]. Sa démarche a motivée les prochaines générations des chercheuses à affranchir des nouvelles limites et oser penser différemment. Peu à peu, l'accès aux ressources s'est démocratisé et ces projets de recherche sont devenus Open Source pour inspirer le travail de Perner-Wilson ou Hartman, quelque part à la lisière entre l'académique et le do-it-yourself (DIY).

En suivant les avancées dans ce type de communauté scientifique, dont les membres sont souvent appelés *makers*, la possibilité de créer des appareils portables ludiques pour amplifier, étendre ou renverser notre langage corporel, reste une activité récréative capable d'inspirer plusieurs domaines plus "sérieuses", dont la robotique. La décentralisation des pratiques et le partage des ressources, déterminent une partie de makers à détourner le rôle de ces dispositifs dans les interactions sociales. Ils explorent ainsi les moyens d'étendre physiquement leur propre expressivité par l'intermédiaire de l'électronique portable. Ce qui fait que les roboticiens profitent également de l'invention des nouvelles pratiques ou matériaux, pour affiner leurs prototypes. Dans notre contexte pédagogique, après cette première phase théorique, nous avons lancé un module pratique avec un petit inventaire des capteurs, breadboards, microcontrôleurs, connectors et le reste des matériaux disponibles pour les participantes.

Performance collective comme rendu pratique

La synthèse de nos expérimentations a été traduite sous la forme d'un moment performatif collectif. Pour se préparer, les participantes ont du créer un dispositif électronique connecté. Ensuite nous avons fait un travail dramaturgique pour interroger le potentiel scénique de ce dispositif, le message transmis et le rôle du dispositif connecté dans la performance.

Dans la liste des capteurs que nous avons utilisé, j'évoque celui qui a le plus inspiré les participantes- le velostat. Ce type de capteur est utilisé dans beaucoup de projets artistiques DIY à cause de sa conductivité électrique, donnée par le noir de carbone qui imprègne sa structure. Velostat a des propretés piézorésistives, sa résistance diminue avec la flexion ou la pression, ce qui fait de lui un capteur flexible très accessible. Il est par exemple utilisé pour fabriquer les chaussures qui s'allument lorsque le porteur

FIGURE II.1.6 – détail de la performance- poser son pied par terre modifie la valeur de la tension du velostat

FIGURE II.1.7 – détail de la performance- un signal envoyé via une connexion Wifi modifie l'accessoire servo-moteur selon les valeurs récupérés du capteur Velostat

marche. Nous l'avons utilisé comme "deuxième peau" pour une de nos performeuse, qui s'est collé ce matériel sur plusieurs parties de son corps, notamment la planque de pied.

Une fois qu'elle a posé son pied par terre la résistance a changé. Un petit servo-moteur connecté à distance, partie d'un accessoire porté par une deuxième performeuse, est actionné chaque fois que la résistance du velostat change.

Parmi les idées qui ont peuplé notre exercice de recherche-création collectif, *la guerrière empêchée* s'est imposé comme une figure matriarcale effigie d'une femme cybrog engagée qui réclame sa place au monde. Son corps (dédoublé par les accésoirés que nos deux performeuses portaient) disposait d'une tête qui communiquait avec les pieds pour réfléchir. J'ai partagé avec les participantes le manifeste de Donna Harraway[108], dont l'écriture nous a accompagné tout au long de ce moment de recherche dramaturgique :

> "Modern machines are quintessentially microelectronic devices : they are everywhere and they are invisible. Modern machinery is an irreverent upstart god, mocking the Father's ubiquity and spirituality. The silicon chip is a surface for writing ; it is etched in molecular scales disturbed only by at-

Figure II.1.8 – capteur électromyographique de surface

> moic noise, the ultimate interference for nuclear scores. Writing, power, and technology are old partners in Western stories of the origin of civilization, but miniaturization has changed our experience of mechanism. Miniaturization has turned out to be about power ; small is not so much beautiful as pre-eminently dangerous, as in cruise missiles... Our best machines are made of sunshine ; they are all light and clean because they are nothing but signals, electromagnetic waves, a section of the spectrum. And these machines are eminently portable, mobile—a matter of immense human pain in Detroit and Singapore. People are nowhere near so fluid, being both material and opaque. Cyborgs are ether, quintessence."

Lors du processus de création nous avons beaucoup interrogé nos limites et la nécessité de *bien faire pour réussir en tant que femmes*. Le prototype final, entre prothèse et objet de castration relevait de nos doutes et ambitions en marge de la création. Un court extrait de cette présentation est disponible sur le blog de l'atelier [9].

Capter la charge électrique dans les muscles pour la transformer en son

Le module que j'ai pris en charge pour une démonstration pratique utilise un capteur électromyographique (EMG) de surface appelé MyoWare Muscle Sensor Kit. L'électromyographie est une technique qui mesure l'activité électrique musculaire à l'aide d'électrodes placées sur la peau, au-dessus du muscle. Cette mesure est prise lors d'une contraction musculaire et vise son amplitude maximale ou sa fréquence médiane. Certaines EMG captent également l'activité involontaire des muscles. Dans le domaine médical, un examen EMG est fait lorsqu'une personne présente des symptômes d'un

9. https ://interfacesmagiques.tumblr.com/post/696462906243579904/day-4-the-performance-video

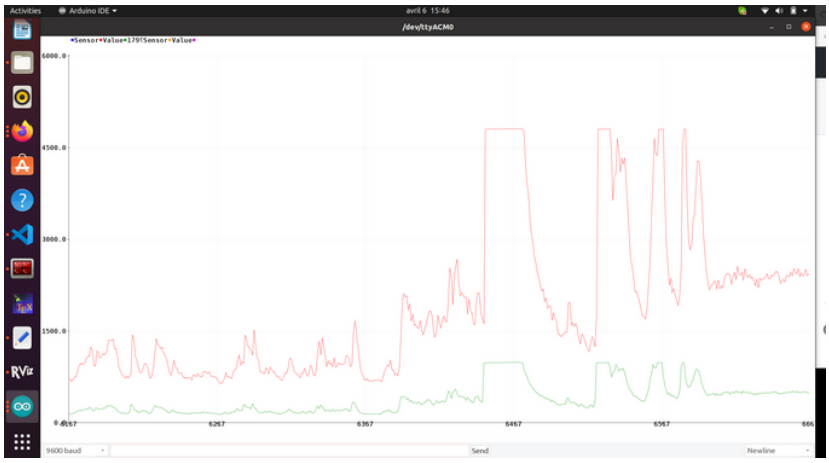


FIGURE II.1.9 – Enveloppe du signal capté, les valeurs en rouge sont les valeurs avant l'application du filtre.

trouble musculaire ou nerveux. Cette procédure évalue l'état de santé des muscles et des motoneurones qui les contrôlent. Je me suis intéressée à ce type de capteur parce que les muscles sont les véritables déclencheurs du mouvement humain. A leur tour, ils sont contrôlés par des cellules nerveuses(motoneurones) qui transmettent les signaux électriques au cerveau pour provoquer des mouvements de contraction et de relaxation. Ces deux phases, provoquent une différence de potentiel dans le signal électrique. Grâce aux tendons qui les fixent sur des os, les muscles actionnent le squelette et le font bouger articulation par articulation, suivant différentes angles de rotation. Cette mécanique de calcul et perpétuel ajustement se produit de façon autonome. Si elle est étudié par les ingénieurs bio-mécaniciens pour être modélisée, elle me fascine en tant que artiste apr son opacité quand à la conversion entre les signaux électriques et la pensée. Parfois quand je danse je verbalise une action pour un de mes membres-par exemple *Leve ta main*, alors que des autres fois je m'oublie. C'est qui ce *je* qui s'adresse à mon corps à la deuxième personne ? Où disparaît il quand cela se produit de manière automatique ? A l'écart de ces questions ontologiques, un capteur EMG traduit la différence de potentiel en graphiques ou en chiffres qui sont ensuite nettoyés par l'intermédiaire des filtres. Ces données représentent un input pour générer du son, des images ou contrôler à distance des dispositif électroniques comme les robots.

Dans la démonstration que j'ai préparé, l'EMG était connecté à un board Arduino Uno et à mon bras. Le signal capté a été ensuite transformé en son grâce à un contrôleur midi simulé avec le logiciel PureData. Le code Arduino qui a permis la configuration du capteur et la transformation du signal :

```
1
2  int EMGPin = A0;
3  unsigned long sampling_period = 4; // milliseconds => ~256Hz must check if
       read does not take too much time !
4  unsigned long nextread = 0ul; //0 unsigned long (de 8 bytes)
5  unsigned long current_millis = 0ul;
6
7  const size_t bufferSize = 32;
8  int data_buffer[bufferSize]; //array de 32 pour stoquer
9  size_t data_ptr = 0; // adresse de chaque ecriture
10
11 bool enabled = false; //est-ce que je capture ou pas
12
13 void setup() {
14 // put your setup code here, to run once:
15
16 Serial.begin(9600);
```

```
17
18 for (int i = 0; i < bufferSize; i++)
19 {
20 data_buffer[i] = 0; //toutes les valeurs sont a 0, intialisation de l'array 0
21 }
22
23 }
24
25 void loop() {
26
27 while (enabled) //tant que je capte
28 {
29 current_millis = millis(); //le temps, la valeur en milisecondes depuis que
       le board est ON
30 //si on depase le 4ms (temps de sampling) on execute le code suivant
31 if (current_millis > nextread) // avant de mesurer, je verifie si un certain
       temps s'est passe pour pas mesurer trop vite
32 {
33 data_buffer[data_ptr] = analogRead(EMGPin); // a chaque interation on inscrit
        dans la prochiane caise du tableau la val analogique lu sur le pin
34 //Serial.println(data_buffer[data_ptr]);
35 // Serial.write(data_buffer[data_ptr]);
36
37 data_ptr = (data_ptr+1)%bufferSize;
38 //lorsque le tableau est rempli on repasse a la caisse 0 et l'iteration
39 nextread = current_millis + sampling_period; // la prochaine fois que je vais
        lire
40
41 if (data_ptr == 0)
42 {
43 Serial.write((byte*) data_buffer, 2*bufferSize); // cast = ca convertit
       databuffer en un pointer d'octet, en arduino uno 1 int = 2 bytes
44
45 }
46 }
47 }
48 CheckSerial(); //je regarde dans mon port( buffer associe au port)
49 }
50
51 void CheckSerial()
52 {
53 if (Serial.available() > 0)
54 {
55 enabled = !enabled;
56 FlushSerial(); //je vide le buffer du port serie
57 // data_ptr = 0;
58 }
59 }
60
61 void FlushSerial()
62 {
63 while(Serial.available() > 0)
64 {
65 byte garbage = Serial.read();
66 }
67 }
```

Le lien pour suivre cette démonstration est disponible en bas de page [10].

Lors de mes résidence artistiques dans le studio de Mathilde Monnier à Montpellier j'ai eu l'occasion d'améliorer ce prototype et le tester avec plusieurs mouvements, pour mieux comprendre mon écriture corporelle à l'aide du son. Plus bas, un extrait vidéo d'un des moments de recherche-création [11].

Au travers ces essais et maquettes j'ai pu mieux éduquer mes senses et ma perception à une présence active où mon corps se dilue pour mieux apparaître. Me perdre dans ce mélange de présence. Comme Kozella remarque dans son livre[123], nous avons besoin des machines pour objectiver notre présence-absence. La technologie dévient un repère

10. https ://vimeo.com/855601666 ?share=copy
11. https ://vimeo.com/718376555 ?share=copy

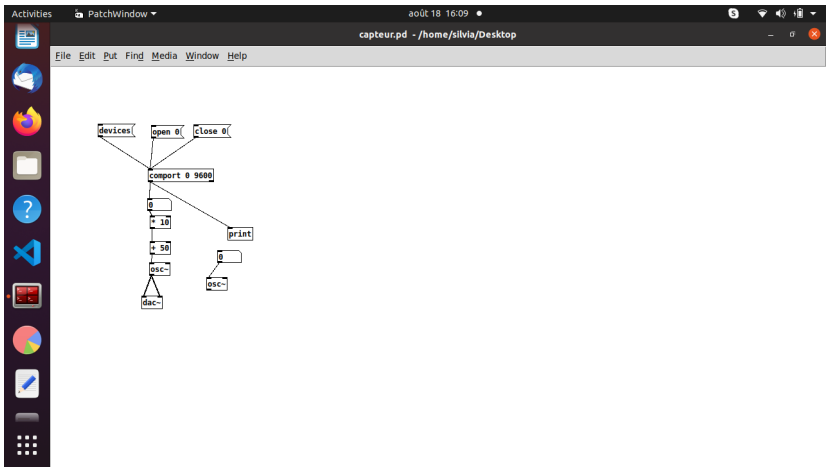


FIGURE II.1.10 – implementation des filtres qui processent de manière synthethique le son

pour l'humain, qui se retrouve au-delà de son propre subjectivité :

> "The examples of sight, touch, and movement reveal that the relation of reversibility is *always imminent and never realized in fact* (Merleau-Ponty 1968, 147). It is impossible to over-exaggerate the importance of the dynamic of reversibility in Merleau-Ponty's late thought. He thought it inside and out, and always returned to the unsettling truth that I see and am seen. The significance of this is a fundamental lack of stability within our corporeal insertion in the world, a dismantling of firmly set notions of subjectivity and identity, even of meaning. The body *is not a self through transparence, like thought, which only thinks its object by assimilating it, by constituting it, by transforming it into thought. It is a self through confusion* (Merleau-Ponty 1964a, 163). Without this overlapping, uncertain dynamic we would not really be flesh, we would not have the body of a human being, there *would be no humanity* (ibid.). The humanity is, paradoxically, achieved through a distance being incorporated into the self through the emigration into the outside."

Nous nous sommes appuyées sur ses observations pour comprendre ce rapport à la corporéité et aux dispositifs connectés dans notre cadre d'improvisation sociale créative. Ainsi leur influence et les possibles dérives éthiques en lien avec la question du corps et ses limites, deviennent moins critiques du point de vue des *wearables* DIY. Comparé à la robotique ces dispositifs sont plus accessibles, car moins compliqués et moins chers. Ils constituent un première étape dans la co-habitation avec une technologie accessible, ludique et non-invasive, pensée en lien avec l'humain. Pour moi cela se constitue dans une sorte de low-tech expérimental et experientiel, qui m'aide à mieux structurer la relation avec la technologie.

II.1.2.2 Animata

Dans une autre expérimentation, j'ai traité cette question de la low-tech et son importance dans ma recherche sur les robots, en travaillant avec des animata. Cette fois il s'agissait des dispositifs électroniques autonomes, similaires à *un animal électronique*. La structure d'un animata dépends de son utilité. Pour mon processus de recherche-création j'ai eu besoin de comprendre comment l'improvisation dansée peut-

FIGURE II.1.11 – Exemple de capteur ultrason de 5V utilisé pour des projets Arduino

être influencé par un déplacement spatial aléatoire. J'ai ainsi construit un animat doté d'un capteur ultrasons HC-SR04 dont la seule contrainte était d'éviter les obstacles.

Cette bande de fréquences fait référence à des fréquences audio qui se situent en dehors de la gamme d'audition humaine (20 kHz). Les capteurs à ultrasons se reposent sur ces fréquences pour détecter la présence d'un obstacle ou pour calculer la distance d'un objet distant.

Le fonctionnement de base de ce type de capteur est semblable à la manière dont les chauves-souris utilisent l'écholocation pour se repérer en vol :

— un émetteur envoie une rafale d'ondes sonores à haute fréquence(entre 23 kHz et 40 kHz)

— lorsque l'impulsion sonore frappe un objet, une partie des ondes sonores est réfléchie vers un récepteur

— en mesurant le temps qui s'écoule entre le moment où le capteur émet et reçoit ce signal ultrasonore, la distance à l'objet peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$d = 0.5 * c * t \tag{II.1.1}$$

où d répresente la distance en mètres, c la vitesse du son (343 mètre per seconde) et t le temps en secondes entre l'émission et la réception.

Cette schéma représente le monde de fonctionnement du capteur : Plus tard, j'ai decidé de remplacer le capteur sonore HC-SR04 avec un capteur laser TOF10120.

Parmi les charactéristiques de ce capteur, je méntionne une distance de portée précise avec une mise au point automatique, à grande vitesse. Cette technologie innovante de *Time of Flight*- en français "temps de vol"- a été d'abord la base du fonctionnement des radar. Avec le temps, la fréquence plus élevée d'un émetteur ToF basé sur

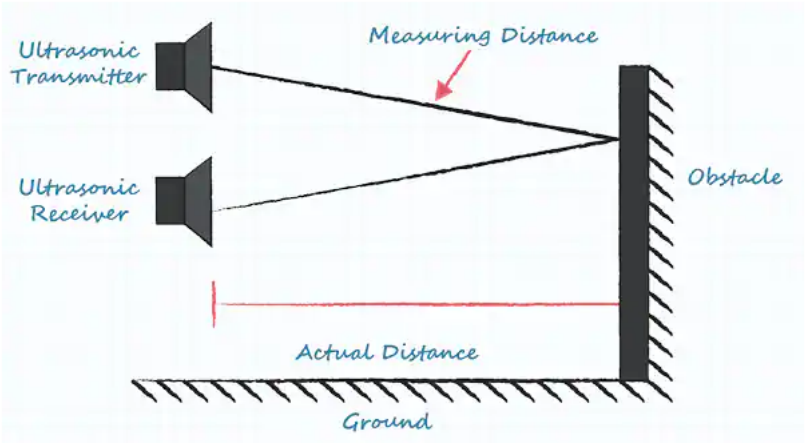


FIGURE II.1.12 – Exemple de calcul de la distance entre un émetteur et un récepteur à ultrasons. Source de l'image : CUI Devices

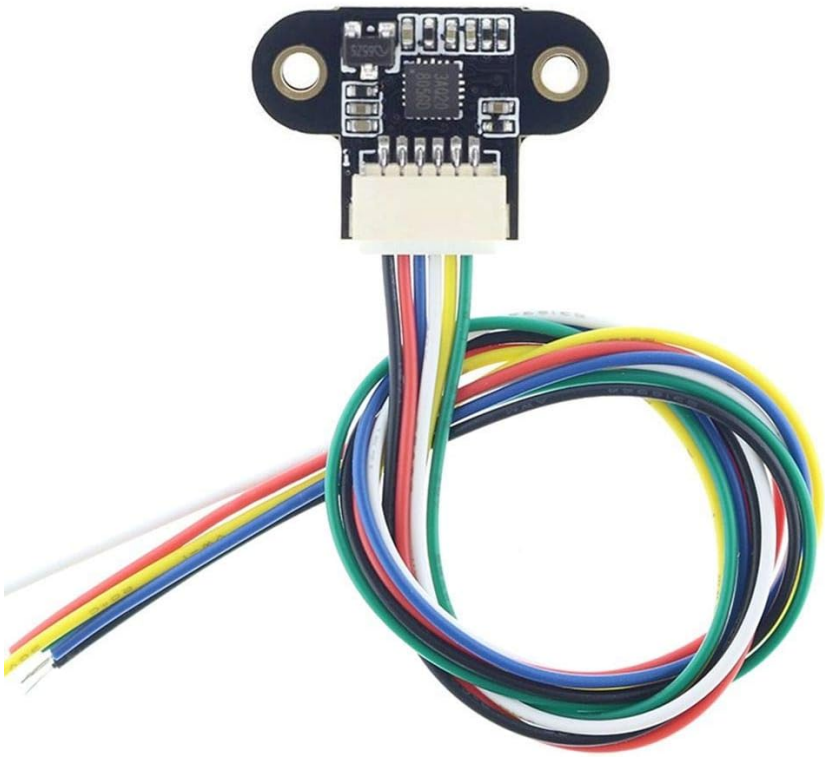


FIGURE II.1.13 – Capteur TOF10120, dont la distance couverte est entre 5cm et 180cm.

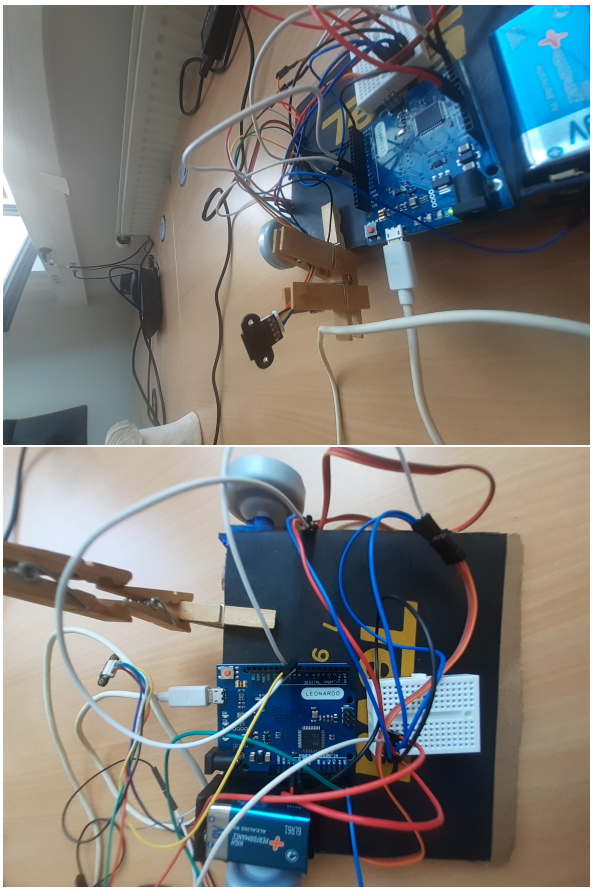


Figure II.1.14 – La dérniere phase du prototype, avant la résidence pratique

la lumière, permet au signal de prendre divers modèles d'ondes, y compris les ondes carrées d'un oscillateur (differente des signaux sinusoïdaux analogiques que l'on trouve plus couramment des systèmes radar) et ainsi etre plus réactif et précis. La technologie ToF fonctionne d'une manière similaire aux capteurs ultrasons. Une source (émeteur) émette de courtes impulsions infrarouges pour ensuite mesurer le temps nécessaire à la lumière d'être réfléchie (réceptionné). Actuellement les capteurs Tof sont utilisés dans la robotique, à l'œuvre pour diverses applications de vision qui utilisent des algorithmes de ML.

Une fois que cette question de comportament d'animat a été réglé et ses arrets et deplacements sont dévenus plus netes, je me suis concentré sur nos possibilités d'intéraction. Aprés quelques prototypages et rétouches l'animait résemblait à cela :

Pour mon imaginaire artistique, je me suis dite à l'époque qu'il avait pérdu son ouie mais gagné de la vision en échange. Cela a également influencé ma façon d'imaginer sa présence lors des improvisations. Initiellement j'ai fermé mes yeux, en pensant à sa cecité induité. Sur les photos que j'ai montré plus haut, le capteur ultrasons réssemble à une paire des yeux, bien qu'en réalité il opere avec du son. En échange le capteur infrared est plus petit et son apparence peut sugerer des oreiles à la place des yeux. Fermer donc les yeux pour mieux entendre, à été une de mes prémiers explorations sénsorielles. **Fermer les yeux pour mieux entendre**

En avril 2021 lors d'une de mes premieres résidences de plateau dans le studio de Mathilde Monnier, j'ai commencé par des éxercices somatiques qui impliquent pas la vue. Immobile, je choissisais un endroit dans l'espace puis je laissais mon corps se réposes pour capturer son empreinte dans l'espace. J'imaginais mon enveloppe corpo-

relle, je visualisais la position spatielle de chacun de mes mebres, j'écutais le son de ma réspiration puis les bruits autour de moi- du plus proche au plus lointain. Au fur et au mesure des mois, j'ai adapté cet exercice à plusieurs versions. J'ai arrivé à le faire début, les yeux fermes en bougeant. Beaucoup de fois la trajectoire que j'imaginais était pas la même avec celle de mes déplacements réels dans l'espace. Cet endroit d'incertitude, l'écart entre ce que je visulaisais et là où mon corps m'amenait répresentait une sorte d'érrance joyeuse. **dessin avec la trajectoire dans l'espace** Restait à voir comment un animat qui à mon sens, avait un comportament similaire, pourrait intéragir avec moi. Plus concretement la question se posait inversement- comment moi dans cette joyause érrance j'ai pu intéragir avec *lui*. Parmi les scénarios d'interaction que j'ai imaginé, j'ai voulu comprendre l'incidence de son mouvement aléatoire sur mon improvisation spatiale ou l'impact de ses arrêts sur mon propre déplacement. Au sens plus large, cela m'intéressait la manière dont une improvisation dansée avec ce type de partenaire est différente d'une séance d'improvisation avec un humain. La mise en pratique de ces scénarios s'est produite lors d'une résidence d'essai en juillet 2021, comme expérimentation préliminaire du projet CECCI-H2M. Des vidéos de séances d'improvisation sont accésibles integralement. Le prémier exemple [12] montre une danse avec le capteur ultrasons, le deuxiéme est une demnostration du capteur infrarouge [13], alors que le dérnier vidéo est d'une maquette presentée lors d'une résidence de création [14]. Cette maquette est le résultat de l'intéraction entre moi en tant que performeuse, l'animat et une projection des algorithmes visuels d'Isadora Teles de Castro.

II.1.3 Des robots sauvages

Empathy, he once had decided, must be limited to herbivores or anyhow omnivores who could depart from a meat diet. Because, ultimately, the empathic gift blurred the boundaries between hunter and victim, between the successful and the defeated. — Philip K. Dick, Do Androids Dream of Electric Sheep ? I'm not interested in how people move. I'm interested in what makes them move. - Pina Bausch

[130, 123]

II.1.3.1 Laboratoire d'expérimentation sur le lâcher-prise

Début 2023, aprés trois ans de travail individuel, j'ai eu l'occasion d'ouvrir ma pratique aux membres du collectif OpenSource. Crée en 2014, ce collectif propose un espace de rencontre, de réflexion et d'échange artistiques fondé sur la pratique de la mise en scène, dans une optique de mutualisation, de partage et de décloisonnement. Leur interet pour la recherche pratique en mise en scène, met en avant son caractère solitaire et individualiste. Cela faisait écho à ma recherche doctorale, puisque la recherche-création autour des robots m'a contraint a moins travailler en collectif ces dérniers années.

J'ai ainsi proposé une séance de travail sur le lâcher prise, dans le cadre d'une séssion d'experimentation à Anis Gras-le lieu de l'autre à Arcueil, du 16 au 20 janvier 2023. Cette séance a été co-dirigé avec Erika Guillouzouic, commédiene et metteuse en scène, membre active du collectif. Son titre - *Le lâcher-prise : Pensée du corps et intelligence*

12. https ://vimeo.com/855838173
13. https ://vimeo.com/856034468
14. https ://vimeo.com/856039742

sensorielle- laisse déviner le postulat de départ de ce laboratoire collectif. Mon idée était de questionner la possibilité d'un restart au travers le corps, à l'intérieur d'un processus créatif intense et contraignant. Comme si je revais inconsciement trouver une recette magique à mes propres tourments.

Ainsi cette session d'expérimentation a été orientée autour des processus de recherche-création en lien avec des pratiques somatiques[115] et des notions telles *l'intelligence sensorielle*. J'avais auparavant participé à des sessions de recherche d'Open Source, proposés par des autres. Cette fois il s'agissait pour moi, d'ouvrir ma recherche aux autres metteurs en scène peu familiers avec la danse, la somatique et la robotique. Puis de voir comment cela s'articule avec leurs profiles, avec leurs besoins et éxperiences. Chaque participant avait son background, sa manière de faire puis aussi ses réistences quant au thème.

J'ai constitué le cadre de la session autour des exercices pratiques et des échanges théoriques, avec comme focus un autre type d'intelligence- celle qu'opère lorsque nos sens et notre perception s'activent- l'intelligence de l'instinct. Nous avons experimenté des mouvements differentes de la danse contemoraine, notament des mouvements produits de façon automatique. Cela nous a fait comprendre comment les émotions peuvent influencer les caractéristiques physiques d'un corps en mouvement, comment les articulations se mettent en marche quand on écoute le vécu du corps.

En s'appuyant sur des réperes dans des disciplines comme la philosophie, la robotique ou les neurosciences parmi d'autres, nous avons tenté définir ce que pourrait correspondre à une *conscience du mouvement* propre au corps et son vécu, dans un contexte artistique. Ainsi nous nous sommes concentrès sur ce qui échappe à notre quotidien, sur ce qui met l'intelligence analytique à l'arrêt pour faire place au spontané et à l'inattendu. En d'autre mots, nous avons cherché à laisser les corps s'exprimer.

En amont de la séance, nous avons demandé aux participants de nous faire parvenir un récit en lien avec une expérience de lâcher prise, sous la forme d'un enregistrement audio entre 3 et 10 minutes. Parmi les exemples réçues, il y avait la question du lâcher prise lors d'une représentation en tant qu'interprète, puis en tant que spectateur, mélangés avec des exemples de la vie privée. Nous avons mis en place des ressources collectives pour encourager le partage des sensibilités, des goûts et des expériences. Cela a pris la forme des repères bibliographiques, fichiers audio, supports vidéo et images. Les participants ont du réfléchir à une musique, une image ou un objet qui leur évoque le sentiment de lâcher-prise. Un coin detente et aussi une enceinte audio ont été mises à disposition pendant toute la session, pour que chacun puisse lancer un fichier sonore et intérrompre le rythme des échanges, à tout moment.

Afin d'encourager les débats et les échanges sur les disciplines transversales, j'ai mis à disposition une liste des articles scientifiques. Bien que parfois leur contenu était trop ciblé ou specifique, cela a inspiré notre processus de travail. Selon les échos et les discussions, cette liste s'est étouffé avec des extraits des livres, vidéos et articles partagés collectivement.

Plus bas une liste de questions soulevées pendant la session, ainsi que des réflexions et observations quant à l'idée de lâcher prise :

— Lâcher-prise, ce ne serait pas de l'ordre de l'abandon ?

— Le lâcher-prise est-il individuel ?

— Cherchons-nous le lâcher-prise ou le plaisir de la sensation corporelle ?

— Comment un acteur s'adapte à son public ?

— L'expérimentation fait apprentissage.

— Comment ré-injecter du silence ?

— Comment laisser la place à l'imaginaire du spectateurice ?

— Est-ce que le lâcher-prise c'est un "T'as qu'à t'en foutre ?"

— Comment le regard se travaille ?

— Quelle est l'expérience de l'intelligence sensorielle, perçue personnellement, que j'ai vécu ?

— Pourquoi cherche-t-on à lâcher-prise ?

— Comment tu fais pour ?

— Que laissons-nous lorsque nous cherchons le lâcher-prise ?

Le fait de traiter ces thémes collectivement, d'ouvrir sa boite aux outils et sa méthodologie quant aux défis et objectifs, implique une mise en commun des réssources, des objectifs et des envies.

Concernant le lâcher prise, si le thème m'intéresse depuis longtemps, la pratique de la danse a été un des premiers moyens pour y accéder. Avec le temps, j'ai combiné et adapté certains exercices et échauffements afin de "faire baisser ma résistance" ou enlever mes eventuels attentes orientés résultat. Par le biais de cette session de recherche, j'ai pensé les partager avec d'autres personnes pour avoir un retour d'éxperience. Parmi les membres du collectif, trés peu ont une experience avancée en dance. Il y a eu certains qui ont avoué n'aimer pas du tout cette pratique, ou pas se sentir à l'aise danser en publique. Aborder le lacher prise par la danse leur est paru contreintuitif au premier abord. Mon défi a été de voir s'il y a, en danse, une façon de convoquer le lâcher prise de façon directe, puis retrouver une dimension somatique dedans, independement du rapport à la danse des participants. Alors que les procesus Open Source sont collaboratives, le cadre proposé intiellement s'est beaucoup élargi au fil et à mesure que nous avons avancé dans l'exploration.

Les quatres dernières années j'ai peu travaillé collectivement en dehors de mon projet de thése. La rencontre avec Open Source à Anis Gras, lieu qui m'a accueilli plusieurs fois en résidence, a été un retour à l'effervescence du terrain, aux sources.

J'avais préparé un planning et imaginé des portes d'entrée selon les niveaux d'interet de chacun. Cela s'est fait en lien avec mes recherches scientifiques sur l'intelligence sensorielle. J'ai même pris quelques unes de mes hypothèses de recherche concernant les robots comme exemple. Comme souvent dans ce groupe de travail, une synergie collective s'est installée et je me suis retrouvée à devoir littéralement "lâcher" certains objectifs initiaux et surtout accueillir des besoins nouveaux, autres que ceux anticipés par moi. Notamment la question du lâcher-prise collectif et la question du groupe qui s'auto-organise par inértie.

Dès lundi, les quelques définitions du mot lâcher-prise, puis les éxtraits sonores avec les expériences de chacun m'ont confirmé que cela sera une exploration propre à l'énergie de chacun des participants. Un processus héterogene entre les intiés à la danse, les curieux et les paniqués, entre regard critique et auto-dérision. Le retour méfiant quant aux rapprochements entre la technologie et l'intelligence sensorielle que vous pouvez lire **dans les annexes de ce travail de thèse**, m'ont fait comprendre que le groupe trouvera son cheminement et moi mon apprentissage avec, comme une sorte de "méta" lâcher-prise à l'intérieur d'un processus de recherche sur le lâcher prise.

Mercredi, le troisiéme jour de travail lors d'un moment d'échange collectif, certains participants ont voulu mettre de côté la question du corps, comme un sorte de rébellion quant au dictat de la sensorialité. Ils pronait un retour aux textes, à la pensée critique,

FIGURE II.1.15 – Exploration sensorielle ludique : etre en mouvement avec les yeux fermés.

loin du veçu exprientiel. J'ai interpreté cette réaction comme une sorte de panique quant à la perte de réperes que ce type de travail peut provoquer. Comme si quelque part, ils aimeraient toucher de la terre, du solide aprés s'avoir laisés porté par les courrants. Retrouver leur réperes. J'ai pensé que mon travail en tant que co-directrice de la session était d'aider le groupe clarifier son cheminement, le guider sans le diriger. Comme je l'avais fait plusieurs fois pour mes projets de theatre...une metteuse en scène finalement. J'étais donc prete à abandoner. A ma surprise, des autres participants ont proposé faire juste une pause pour y revenir vendredi en fin de séance. Signe que notre travail preocuppait bien les esprits, nous avons eu un débat sur ce que c'est une intelligence sensorielle dans le train de retour d'Anis Gras. Un de membres du collectif me rappelle que les objectifs de la session ne sont pas forcément ceux d'une recherche académique, qu'il faut accepter la nouvelle direction que la session puisse prendre. Cette idée de proposer un cadre puis le laisser se transformer collectivement m'était claire en début de session. Cependant je n'arrivais pas à trouver les arguments pour exprimer mon réssenti emotionnel. Pour moi, ce moment de remise en question faisait partie du processus. Il devenait tout aussi important de repréciser le cadre et ses permutations que de se mettre d'accord sur ce que peut provoquer une intelligence sensorielle se manifester. Savoir reconnaitre "ses symptomes". Le lendemain, suite à une greve RER nous avons travaillé chez un des participants. Nous avons decidé faire une improvisation collective in situ. Nous avions visité la Gare du Nord en tant que touristes en réperant bien l'environment sensoriel de ce lieu- les odeurs, les images, les son et la texture de choses.

Cela a déplacé les limites du jeu ailleurs, encore une fois. J'ai eu plusieurs moments où j'ai joué avec la consigne, pour voir ce que cela produit si je lâche le cadre. Tout en observant les autres faire pareil. Cela m'a renvoyé à des expériences similaires faites en marge d'un projet inspiré par le film *Idioterne* de Lars von Trier. J'ai retrouvé cet éxtrait de mes notes

> "Il y a quelque chose de jubilatoire dans le fou rire, lorsqu'il est honnête. Comme une relâche, probablement la respiration, le sommeil ont beaucoup à voir avec le lâcher-prise. Cependant j'entend par intelligence quelque chose d'adaptatif, qui se met en œuvre pour faire émerger du nouveau. Comme voir quelque chose qu'on a déjà vu, mais sentir qu'on le voit différemment."

Puisque le terme de lâcher-prise a été très présent dés le début de la session, il nous a fallu du temps pour comprendre comment evaquer les attentes envers une possible définition universelle de ce terme. Pour certains partcipants la question du corps et de l'intelligence sénsorielle a été vecue en lisière de cette question du lâcher prise, parfois sans une prise de conscience directe. Cependant la question de la robotique et même plus large celle du numérique à efleuré à peine l'esprit des membres du collectif. Alors que cela fait partie des problématiques sociétales où chacun donne un avis et s'y interesse (d'autant plus mes collégues d'Open Source). Avec le temps, j'ai compris pourquoi cela s'est produit. Si pour moi le lien entre la robotique et le corps ou la sensoirialité est évident, pour certains cela peut paraître tiré par les cheveux justement parce qu'un robot est l'opposé d'un corps vivant, sénsoriel. Parmi les retours d'experience, le danseur et choregraphe Gerry Quévreux evoquait l'exercice de sieste volontaire pratiqué ensemble, pour temoigner de la rapidité avec lequelle son esprit s'est remis en marche aprés : "je parvenais à raccrocher les wagons ensuite, à me relier d'une manière à ce qui s'est joué sans moi pendant un moment." Curiéusement il réliait cela à un autre exercice pratique, celui d'écriture automatique que j'avais proposé le premier jour d'exploration et qui est dévenu ensuite un sorte d'exercice preferé du groupe : "la pratique

FIGURE II.1.16 – Moment d'improvisation collective à la Gare du Nord : exploration sensorielle d'un portable.

de l'écriture spontanée a été une vraie retrouvaille et je décèle là-dedans quelque chose qui me fait toucher un lâcher prise créatif. Je veille moins au sens, il y a la présence du rythme, la scansion." Je déduis de son temoignage à quel point la créativité est disocié de l'exactitude et de la précision. Alors que les robots sont justement conçus pour cela-etré précis et exacts dans leurs actions. Probablement si nous aurions cherché plus les antonymés de l'état de lacher prise, nous aurions tombé d'accord que le mot "concentration" en fait partie. Tout en ne faisant pas partie proprément. Puisque dans un aure témoignage Gerry parle d'état modifié de conscience pour illustrer le lacher-prise. Alors peut-etre un autre type de concentration ?

Cela réjoint l'intérvention du chercheur en musique et science cognitives Luc Pererra que j'avais invité pour nous parler de son travail sur le rythme. Selon lui, le rythme structure la conaissance : "même inconscient le cerveau peut enregistrer des choses, par le rythme, de manière rythmique. Le fœtus fait ça dès 4 mois." L'intervention de Luc, ainsi que les extraits musicaux qu'ils a partagé ont beaucoup éveillé notre sensibilité. Au tel point que cela risque de dévenir le souvenir le plus marquant de notre semaine de travail. Presque tous, nous gardons aujourd'hui un souvenir précieux de la voix de la chanteuse indienne Nina Burmi dont le chant, indéchiffrable au niveau de paroles, à résonné en nous à un autre niveau d'entente [15]. Cette éxperience collective d'adhésion à une musique inconue a été pour moi, une belle préuve de notre synergie en tant que groupe. Je n'ai pas les arguments pour analyser cela d'un point de vue neuro-scientifique, mais probablement quelque chose du caractere imprevu de cette proposition, sa frequence sonore et son rythmique a su induire en nous, au moment de l'écoute, un état de concentration et d'éveil sénsoriel. Pendant ce moment nous nous sommes sortis de notre cadre de recherche et probablement vécu un véritable lâcher prise collectif. Est-cela a cause du caractere imprevu de la situation ? Est-cela plutot du au niveau d'investissement de la performeuse dans son chant ? Ou plutot à cause de la frequence du chant ? Ces questions ont continué nourrir ma recherche bien aprés la session Open Source.

Au moment de ces observations retrospectives, je ne peux pas m'empecher de considerer le temoignage des deux autres participants à la session. Pour des raisons éthiques et personelles, je prefere garder leur anonymat. Le hasard à fait que deux metteurs en scène avec de maladies implicant des sérieux problémes locomoteurs et neurologiques, ont exprimé leur interet pour la session. Un d'entre eux est un ami, agé d'une soixointaine d'années qui suite à une maladie auto-immune s'est retrouvé en incapacité motrice pendant une période de temps. Depuis il a retrouvé une certaine mobilité mais reste dependant de son traitement. L'autre a la trentaine, mais en proie d'une maladie neurodégénérative sérieuse avec des soins hospitaliers récurrents. Il m'avait fait part, lors de nos échanges par Whatsapp, des experiences de reveil de coma, puis de sa vie actuelle avec une disabilité qui conditionne son travail lourdement. Les deux ont intégré la session de façon ponctuelle. L'un d'entre eux n'a pas pu etre finalement présent qu'en distanciel, tandis que l'autre a participé à une de nos experientations collectives. Leur attitude envers le travail, leur contribution et engagement (même à distance) m'ont beaucoup touché. Les mots "somatique" et "thérapie" ont eu tout d'un coup une autre portée pour moi. Malgré son disconfort physique, mon ami s'est coordoné admirablement, comme si rien n'était. Il était là, actif et tonique, éngagé avec son travail corporel, à l'écoute de ses parténaires. Il avait envie d'essayer, de se mettre en jeu collectivement. De "jouer" au sense que les enfants donnent à ce terme. Tout comme les autres participants avait envie qu'il soit là, que nous explorons ensemble

15. https ://www.youtube.com/watch ?v=kfBvz2rG-NI

FIGURE II.1.17 – Mouvements automatiques pendant les exercices d'improvisation corporelle

nos differences dans un état d'ingenuité et naivité. A un moment donné, quelqu'un a donné la consigné d'oublier une partie de son corps. J'ai pensé à lui, à nos échanges auparavant et au fait qu'il y a quelques années c'était son corps qui a oublié de repondre, comme si une partie de lui s'est mise en veille volontairement. Je l'ai regardé et vu qu'il était ailleurs, à l'écoute de son exploration sénsorielle. Je me suis sentie l'observer pendant que nous nous deplaceons dans l'espace et j'ai senti que c'était moi celle qui n'était pas là. Il était dedans. Dedans lui-même si je puisse le dire. Je ne sais pas si ce type d'encontre que nous faisons avec nous-même est quelque chose dont nous nous apercevrons lorsque cela se produit. Probablement que non. Cependant cet état, j'ose dire "de grace" dévient moteur de l'énergie dont nous disposons pour toutes nos actions qui le précedent. Probablement, la frequence avec laquelle nous pouvons faire cet aller-retour de reconnexion avec nous-mêmes, détermine notre tonus ou degré de fatigue. Les plus lointaines ces moments de reconnexion, le plus fatigués nous devenons. Comme si en puissant au plus profonde for de nous-mêmes, nous activons une énergie propre sous-jacente. Je me rends compte que cette façon de parler, d'évoquer des observations, des impressions perceptives peut s'appreter à un registre ambiguu, proche de la "thérapie". Le jour d'avant alors qu'il n'était pas là, nous avons lu le prémier chapitre du livre de Peter Levine[10] où il évoque son accident de voiture et la perte de controle de son propre corps. J'avais découvert ce livre alors que je cherchais à comprendre d'où vient mon interet pour les tremblements. Je vais repreciser cela dans un autre chapitre, alors que je décrirai plus en détail ma recherche en danse. Le travail de Levine faisait partie des réssources de l'atelier sur le lâcher prise, bien avant que je connaisse la volonté de participer à la séance de mon ami.

Dans ce contexte, je prefere preciser mon positionement quant aux dérives dues à la confusion entre des pratiques et des expertises en danse. Les concepts somatiques que j'applique en danse n'ont rien avoir avec une dimension therapeutique. Elles ont pour objectif une meilleure apprehension de soi-même et facillitent des prises de conscience, mais autant moi que les gens avec qui j'ai pu travailler jusqu'au là, n'avons pas de competences en medicine. L'art se veut un endroit d'exporation et par sa dimension critique elle peut amener à des observations ou des constats personelles en lien avec des soins. N'est-ce un des objectifs de l'art de soigner le monde ? D'autant plus quand il s'agit de la danse, et du corps. Pour révenir au corps, c'est peut-etre le moment d'evoquer la manière dont Bruno Latour[125] le décrit. Cette façon de considerer le corps a été édifiante pour mon travail avec les robots, mais elle s'élargit de plus en plus, alors que j'intéragis collectivement avec des humains :

> (...)to have a body is to learn to be affected, meaning 'effectuated', moved, put into motion by other entities, humans or non-humans. If you are not engaged in this learning you become insensitive, dumb, you drop dead. Equipped with such a 'patho-logical' definition of the body, one is not obliged to define an essence, a substance (what the body is by nature), but rather, I will argue, an interface that becomes more and more describable as it learns to be affected by more and more elements. The body is thus not a provisional residence of something superior – an immortal soul, the universal or thought – but what leaves a dynamic trajectory by which we learn to register and become sensitive to what the world is made of. Such is the great virtue of this definition : there is no sense in defining the body directly, but only in rendering the body sensitive to what these other elements are. By focusing on the body, one is immediately – or rather, mediately – directed to what the body has become aware of. This is my way of inter-

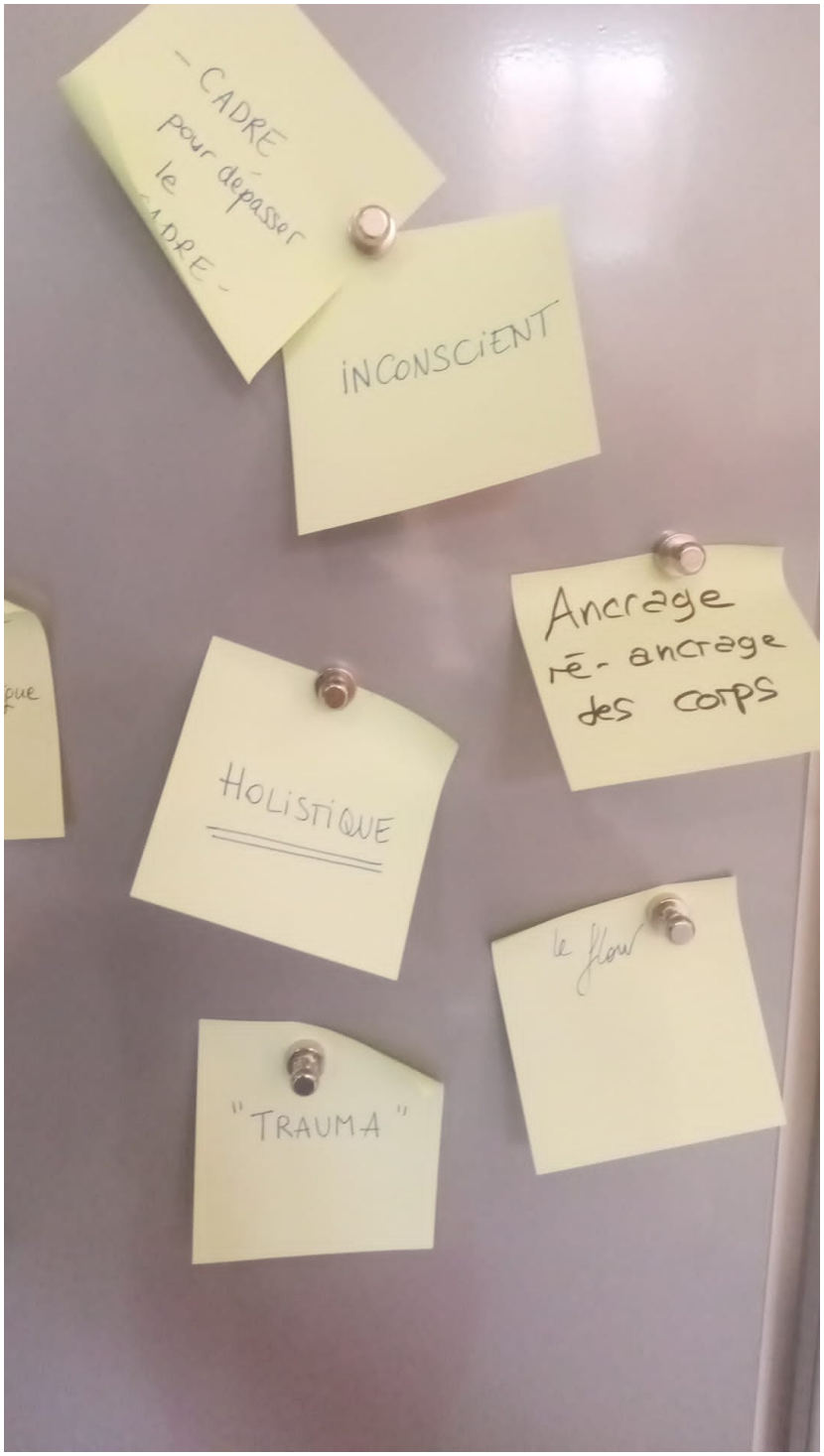


FIGURE II.1.18 – Brainstorming pour mieux définir le concept de lâcher prise.

> preting James's sentence : *Our body itself is the palmary instance of the ambiguous.*

Alors je souligne ici l'importance de cette perspective du corps-interface que Bruno Latour a su anticiper bien avant les avancements du numérique. Comprendre par quoi nous sommes agis, avec quoi nous sommes en lien, nous aide à mieux nous connaitre. Comme Anna Halprin l'evoque mieux que moi, ce type d'introspection est individuelle et a beaucoup plus à voir avec des chemins de vie et des personalités qu'avec de thérapies. En d'autre mots, l'art peut etre une thérapie pour soi-même, mais elle ne peut pas faire du prosélitysme pour une solution universelle. Peut-etre que cela se réduit à ce que le metteur en scène Mathieu Hout a partagé avec nous à la fin d'une journée d'exploration. Pour lui le fait de s'appliquer et d'etre honnete dans cete recherche collective est ce qui compte le plus, au délà des résultats de la session. En cherchant ce qui peut-etre un lâcher prise collectif, il nous partage ses notes de la journe, parmi lesquelles figurent ces mots : "Je suis avec toi. Peut-être qu'il ne s'agit que de ça. Être avec."

J'aimerais révenir à l'impact que cette session d'experimentation a eu sur mon propre laboratoire de recherche-création, en quatriéme année de thèse. Cela m'a aidé à comprendre que le cheminement n'est jamais fini, qu'il s'agit d'un travail qui s'affine au fur et à mesure que j'avance. J'ai pu également confirmer mes motivations, mieux accepter mes doutes quant aux risques d'une appropriation thérapeutique de ma démarche en danse. Puisqu'il s'agit des notions vagues, j'ai mis ette fois à l'écart les robots, pour mieux comprendre comment travailler cela entre humains. J'ai cultivé une sorte d'écoute polymorphe, en pensant toujours que cela m'aidera à mieux comprendre les robots. Puis l'écart entre le mode de penser des metteurs en scène, comparatif à celui des roboticiens fait encore résentir ses ondes de choc. D'autant plus que pour moi quand le corps est en veille, loin du plateau c'est compliqué de s'écouter, de se comprendre entre humains. Intégrer une pluralité de points de vue, des intérogations et des critiques m'a fait du bien, car cela m'a rapellé que l'art est l'endroit qui peut intégrer toutes ces différences. Cela m'a également aidé à mieux structurer les cadres conceptuels et méthodologiques de ma recherche quant à la danse et à la robotique. Les mots d'Erika m'accompagnent encore, bien aprés que cette séance de travail s'est achevée :

> "Cette recherche infuse encore beaucoup en moi. J'ai comme l'impression que quelque chose a bougé, qu'un nouveau voyage a commencé et qu'il sera toujours temps d'ouvrir le cahier où j'ai posé des mots pendant la session pour y revenir. Le cahier comme un retour aux sources, retour à la compréhension, aux expériences et aux rebonds, pour appréhender le voyage avec sérénité."

Pour exprimer le lien entre la conscience et la danse, Kozel évoque la couleur rouge[123], tout comme David Chalmers l'a fait lorqu'il a donné des exemples de la probleme difficile de la conscience. Ainsi l'incapacité d'expliquer une experience perceptive est tout autant opaque, que l'experience phénomenologique de la couleur rouge décrite par Merleau-Ponty :

> "Choreography is about variation and relations, between bodies in space and time. Merleau-Ponty's description of the color red reveals an understanding of choreography that can be mapped onto the exchange of data : *this red is what it is only by connecting up from its place with other reds*

> *about it, with which it forms a constellation*, and it attracts or is attracted by other colors, repels them or is repelled by them, dominates or is dominated by them, existing as a *node* in the temporal modalities of the simultaneous and the successive (ibid., 13 2). This dynamic of attraction and repulsion, sharing and containment, forming a shifting constellation across time is a way of understanding the data choreography fostered by wearable devices. My body may not exist, nodding to Godard's provocation, but as connective tissue I live an even greater space of potential, an expanded corporeality that is permeated by interstitial spaces that I reach across in hope and in vulnerability, sometimes in lust and anger, or that I seek to stretch in fear or pain. I am like the color red inhabiting elastic zones of interface between myself and myself, or between myself and others. Performance occurs in these interstitial spaces, both everyday performances and artistic performances."

[87]

Pour le philosophe et physicien Philippe Guillemant la nature de la conscience est vibratoire. [16]**.Selon ses hypothéses, cete caracteristique de la conscience pourra jamais été modéelisée par une intelligence artificielle.**

II.1.3.2 La rencontre avec HRP-4

Une des raisons pour laquelle j'ai commencé ce projet de thése est pour comprendre d'où vient ma fascination pour les robots. Si je remonte au temps de mon enfance, j'associe à la figure du robot celle d'une poupée. Je précise que si aujourd'hui j'asocie robots et poupées, je fais cela avec le plus grand sérieux. Un enfant considere son compagnon de jeu son égal. Mes poupées n'étaient jamais "des jouets", mais d'êtres à part éntiere, autant mystérieuses et intirugantes que ma *comprehension* des adultes qui m'entouraient. Si à l'époque je ne partagéais pas des dillemes ontologiques quant au sens de la vie ou de l'art, les choses n'étaient pas moins compliqués. Petite, j'attendais que les poupées réagissent à mes propositions de jeu. Au défaut d'une réaction de leur part, je compensis avec beaucoup de scénarios et des propositions de jeu, pendant notre "intéraction". Autant que nécessaire pour que je n'observe pas leur immobilité. Serait-il aussi le cas aujourd'hui avec les robots ? J'attends d'eux des veritables parténaires d'intéraction artistique, des co-créateurs ? Au-défaut d'une réponse concrete, j'avance des proposition et d'esquises pour que mon térrain de jeu est moins "déserte" ?

En contrepoids, les ingénieurs sont animés par d'autres motivations pour construire ces robots. Au premier abord, ils cherchent reconcillier le besoin des compagnons aimables et émpathiques, mais qui réalisent en même temps des tâches qui nous ennuient ou qui sont dangereuses. Pour faire cela, ces robots doivent pouvoir travailler dans l'environnement humain tel qu'il est actuellement conçu et utiliser les outils des humains tels que les humains les utilisent[8]. Si les êtres humains ont besoin de multiples outils pour faire avancer leur travail, il en va de même pour les robots. Cependant ces outils sont intégrés dans le corps d'un robot. L'effecteur final (en anglais *End Effector* répresente son dérnier joint -la paume de la main, la tete sont des exemples d'end effectors. Cet effecteur est aussi l'endroit où le robot saisit au plus précis son environment. C'est là, par exemple, que se produit le contact entre le robot et un objet. Ainsi l'end effector est un outil dont la forme peut changer pour chaque tâche spécifique, modifiant la mor-

16. https ://www.youtube.com/watch ?v=ssugj6VVBCY

phologie du robot et son apparence. Pour ces raisons pratiques, les robots humanoides sont ceux dont la communauté scientifique se preoccupe actuellement le plus.

C'est ainsi que commence mon aventure avec le humanoid HRP-4. Un matin d'hiver, arrivée pour la premiere fois seule en face à face avec lui, j'enleve la housse de protection qui le cache et je l'observe dans son immobilité. Un tas de férailles et de plastique qui condense de la technologie de pointe, résultat de plus de vingt ans de recherches et éxperimentations. Au Japon, le savoir-faire developpé par Kawada Industries et l'Institut national des sciences et technologies industrielles avancées (ASIT) a été mis au sérvice des robots HRP dés les années '90. De cette façon, le HRP-4 s'est positioné parmi les robots le plus avancés du marche, lors de son apparition en 2009. Son poids léger (39kg et 1 514 mm), ses 34 DOF, le choix de matériaux et moteurs (avec une puissance maximale de 80W) plus le solver QP integré dans l'intérface mcrtc, lui ont permis d'executer des mouvements précises et fluides, gagnant son statut de robot "à l'image d'un athlète mince mais bien musclé [17]." Arivée au LIRMM en mars 2021, mon objectif était de *faire* cet athlète danser. Au grand désespoir de mon encadrant, je ne savais pas à l'époque quelle forme cette danse prendra. Je savais juste qu'il y aura une étape d'approvoisement entre nous, pour comprendre ensemble ce que nous dévons faire. Pour faire cela j'ai plongé dans la litterature scientifique, un peu comme en découvrant une langue étrangere. Malgré mes études d'ingénieur auparavant, la façon de concevoir les robots au Lirmm a peu à voir avec mes connaissances en ingénerie de systémes. Quelques mois aprés mon arrivée, en tombant sur le paragraphe suivant, je me rends compte de la difficulté de ma situation :

> "Lorsque nous disons *marcher*, nous entendons *avancer par appuis successifs des pieds sur le sol, sur un sol irrégulier et peut-être en pente, comportant des obstacles et des inconnues, tout en conservant notre équilibre vertical.* Or, le robot brut que vous récupérez est semblable à une casserole articulée. Vous aurez beau transmettre cette définition à votre casserole –aussi articulée et élaborée soit-elle–, elle ne marchera pas si elle ne la *comprend* pas. Il faut donc traduire cette définition en un langage qui soit *compris* par le robot, et qui lui permette de bouger comme nous le désirons."

Alors éclot dans mon imagination le besoin de reconsiderer cette idée de *danse*. J'énvisage la danse comme quelque chose plus intime, sorte de mouvement interne nourri par des doutes et envies, par de l'instinct. Cela prendra la forme des gestes, afin de voir si ce qu'il y a de l'organique dedans, peut être modelisé par des écuations et algorithmes. D'un trait simplifié, cette exploration peut se traduire par la phrase suivante : *Do androids dream of electrical sheeps ?*[142]. Si je résume peut être trop facilement le sens du livre de Philippe K. Dick, [84] apporte une intérepetation intéressante à cette notion de subjectivité. L'auteur s'appuie sur la thése de la chercheuse américaine Kathleen Woodward concernant les émotions, pour faire une paralelle avec l'essai de Jacques Lacan sur la constructon de soi. Le psychanaliste français idéntifie le stade du miroir comme étape primordiale dans la formation et l'assurance de soi. Selon lui la construction d'un *Autre* à travers l'imagerie, commence par l'idéntification à un double refleté dans le miroir. Pour[84] les androides rémplacent à une échelle sociale ce double, l'anxiété des humains à l'égard des androïdes exprimanat en réalité une anxieté relative à l'identité humaine en tant qu'espece. Alors il me restait d'imaginer une danse pour un robot humanoide, conçu à partir des mouvements des humains mais sans leur *conscience*. Ces mouvements, limités par des contraintes matérielles, sont à leur

17. https ://spectrum.ieee.org/hrp4-hides-it-all-somewhere

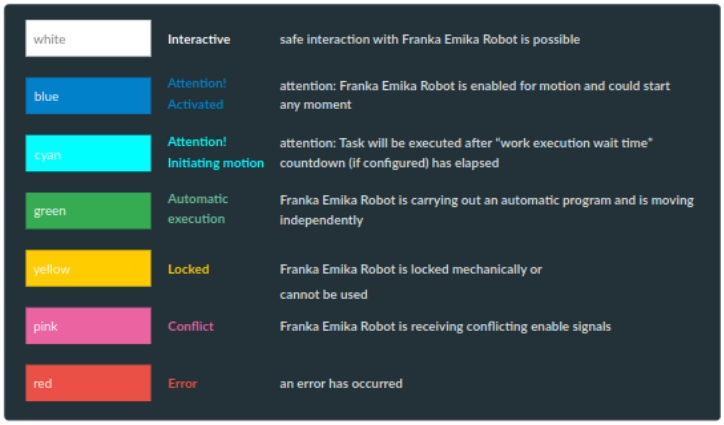


FIGURE II.1.19 – Code couleur pour le fontionnement du bras robotique Panda. Source : FRANKA EMIKA ROBOT'S INSTRUCTION HANDBOOK

tour imitées par un humain (moi). Une sorte de boucle réflexive ou le point de départ dévient le point d'arrivée, en décalage. C'est justement ce décalage qui répresente, à mon sens, ce qu'il y a d'incomprehensible entre moi et le robot. La peur d'un*Autre* plus performant, inconnu et distant qui n'arrive pas à se réconnaitre (ou reconnaitre son potentiel) dans un miroir.

Pour contrecarrer cette peur, les standards et normes de securité qui valident sa mise en marche sont parmi les aspects les plus importants dans le fonctionement d'un robot. Des tests doivent être effectués en permanence pour vérifier la bonne connectivité de ses circuits éléctroniques et les limites des articulations du robot. C'est pour cela que HRP-4 est calibré chaque fois à son démarage [18].

Comme pour les animaux, plus un robot est grand et lourd, plus il peut s'averer "dangéreux". Selon le contexte, les protocoles de sécurité utilisent des sensors laser (come celui que j'ai utilisé pour le projet avec l'Animat) ou des délimitations (en led ou même des grillges en métal) qui entourent le robot. Pour un robot industriel par exemple, sa vitesse peut etre adapté selon les distances de proximité détectés par le sensor laser. De cette manière, les délimitations en lumière peuvent répresenter un perimetre de securité. Une fois ce perimetre de secruité affranchi, le robot peut s'arreter en urgence. Au LIRMM j'ai eu l'opportunité de programmer et intéragir avec un robot industriel Franka KUKA. La base de ce robot est fixée au sol, ce qui fait que son système mécanique est libre, dans la limite de ses actuateurs. En comparaison avec le robot HRP4, son fonctionement est assez intuitif. CE robot dispose d'un mode de configuration basé sur un code couleurs, où chaque couleur décrit l'état interne de la machine.

Son manuel d'utilisation donne des instruction quant à la distanc ede securité et la maniére d'intéragir avec :

Dans le mode apprentisage, il n'est pas necessaire de programmer le robot dans l'interface mcrtc. L'utilisateur execute une serie de mouvements que le robot va reproduire une fois ce mode desactivé. Cependant son utilisation est limitée à des taches ponctuelles, pour un méilleur controle du robot l'intérface de programmation état la solution.

18. https ://www.youtube.com/watch ?v=wqdCfBpnBWA

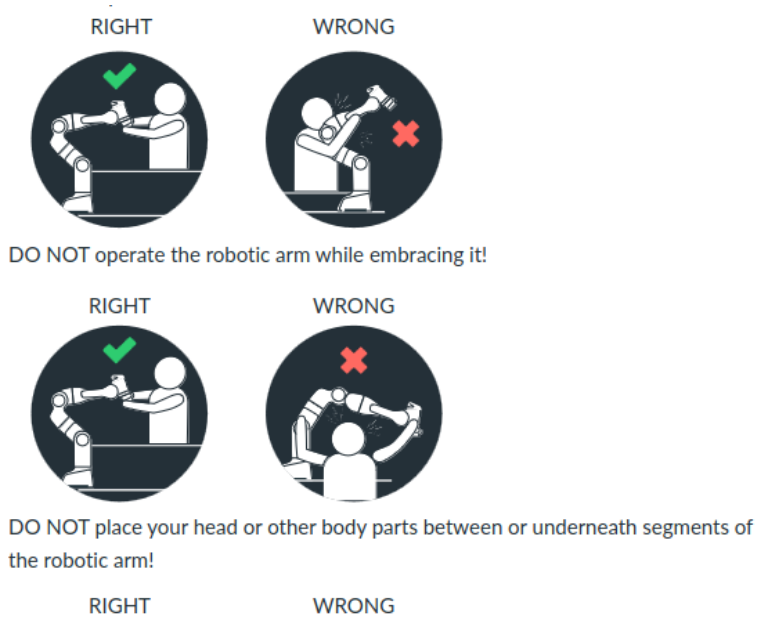


FIGURE II.1.20 – Utilisation du bras robotique Panda lors d'un contact physique. Source : FRANKA EMIKA ROBOT'S INSTRUCTION HANDBOOK

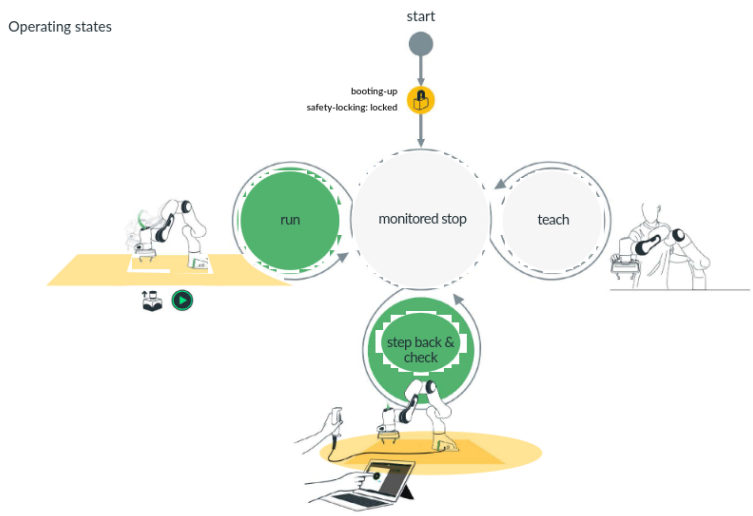


FIGURE II.1.21 – Fonctionnement du mode apprentisage pour le bras robotique Panda. Source : FRANKA EMIKA ROBOT'S INSTRUCTION HANDBOOK

Une fois les questions de sécurité traitées, la rapidité avec laquelle un robot réagit à un événement externe détermine son dégrée “d’intelligence”. Pour faire preuve de cette intelligence, les contrôleurs d’un robot assurent le contrôle de son mouvement ainsi que sa “comunicaion” avec le monde physique. Décrits comme des systèmes à deux niveaux, ils comprennent des aspects mécaniques et informatiques. En pratique, ils visent à commander électriquement les actionneurs d’un robot pour lui faire rejoindre une position ou lui faire suivre une trajectoire. Ainsi le contrôle de robots nécessite l’intégration de deux typées de problémes differentes. Pour illustrer cela, les roboticiens parlent de deux niveaux. Le niveau “haut” est associé aux problèmes de calcul et des logiciels, alors que le niveau “bas” est associé aux aspects d’exécution (plus précisément au fonctionnement des actionneurs). Une architecture de contrôle est nécessaire, pour déterminer la communication entre les differentes modules et interfaces. Son role est de déterminer ce qui fonctionne en temps réel et quel type d’hierarchie est la meilleure pour faire communiquer ces modules. La planification de trajectoire est un exemple de module pour l’architecture de controle.

Pour modéliser un robot, les chercheurs établissent d’abord son modéle mathématique avec des matrices de transfromation pour répresenter les coordonées de ses articulations. Ce modèle, basé sur des écuations de mouvement, permettra l’incorporation du robot dans des simulations informatiques. Un robot humanoïde peut être aussi vu comme une plateforme d’intégration pour de nombreuses technologies robotiques. Son contrôle se réalise grâce aux tâches, developées pour des intérfaces de calcul. L’environment de developpement integrée (en anglais *unified computer interface*) mcrtc utilise des algorithmes de programmation quantique (en anglais *quadratic programming ou QP*). Ce type de programmation non linéaire a été crée au début des années ’50. Il vise l’optimisation, par une valeur minimale, de certaines fonctions quadratiques multivariées soumises à des contraintes linéaires. Parmi les paquets de donées disponibles dans l’interface mcrtc, mc-hrp4 fournit une implementation RobotModule pour le robot HRP4 et ses differentes versions. En tant qu’interface graphique dynamique, mcrtc prend comme entrée les informations des capteurs du HRP-4 (optiques, d’unité de mesure inertielle, de force ou de couple selon le cas) ainsi que la description de ses surfaces de contact. Ses sorties visent la position souhaitée, l’accélération, la vitesse de couple. La librairie Task permets l’optimisation du corps entier. Parmi les types de taches que le robot est programmé de faire il y a :

— la tâche de regard pour garder les sujets en vue

— la tâche PBVS qui lui permets de déplacer la main gauche selon la vision

— la tâche de stabilisation qui implique le CoM et la position ou la force des joints pour maintenir l’équilibre

La stabilisation peut absorber des perturbations inattendues comme les forces dynamiques non modélisées, du bruit. Elle vise à réduire la différence de valeurs entre le système de contrôle et le système réel. Parmi ses contraintes, il est possiblé de configurer en mcrtc :

— l’évitement de collisions

— les limites de la rotation des joints

— les dynamiques (limites de couple) et les contacts (force-friction et géométrie)

Un solver est un programme informatique autonome destiné à calculer les solutions d’un problème mathématique. Il peut regrouper une bibliothèque de logiciels pour optimiser ses solutions. Les contrôleurs basés sur un solver QP facillitent l’éxecution de tâches

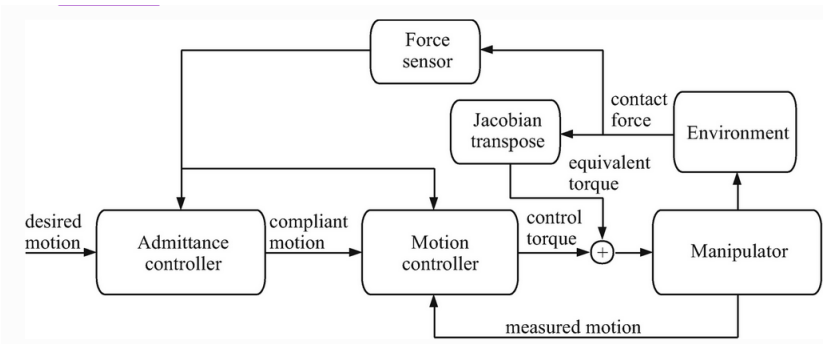


FIGURE II.1.22 – Schema qui illustre le fonctionnement de l'admittance. Source : le livre[0]

complexes, lors de la programmation en temps réel de leurs contraintes. Le solver QP est pondéré ou hiérarchique, en modifiant ses parametres de *weights* ou *stifness* de chaque tache.

Les modélisations mathématiques résolues grace à la QP, traduissent ensuite des commandes pour les motteurs. Selon le voltage récu, les actionneurs vont tourner avec des vitesses et rotations specifiques. L'impédance électrique mesure l'opposition d'un circuit électrique au passage d'un courant alternatif sinusoïdal. A son opposé, l'admittance détermine dans quelle mesure le courant traverse un circuit éléctronique. Le contrôle d'admittance, à l'instar du contrôle d'impédance, vise à imposer un comportement dynamique au robot. Ce robot est soumis à des forces de contact externes, comme l'inertie, la rigidité ou l'amortissement. Le livre[0] propose une schema qui résume ce fonctionnement :

Une autre approche de programmation mcrtc implique des diagrammes d'états, également appelés F.S.M.(Finite State Machines). Ces états peuvent être programées en cpp ou Python et extensibles dans le fichier yaml. Elles ont de type imbriqués ou en anglais *nested* (un état est lui-même un F.S.M.) ou parallèles (plusieurs états sont executés en parallèle). Lors d'une vizualization dans l'interface rviz, un curseur affiche la valeur de chaque joint. Pour passer d'un état F.S.M. à l'autre, une carte de transition est detaillée dans le fichier de configuration du contrôleur (yaml). L'intérface mcrtc permet ainsi une optimisation du contrôle de l'espace de travail. Cela se produit par l'exécution du même code autant en simulation que sur le robot réel. Grace au travail de developpement des roboticiens de l'équipe I.D.H. il est possible de modifier les taches et les constraintes, ainsi que les états F.S.M. et leurs ordres d'execution également dans le fichier YAML.

Selon[8] un robot est un système articulé constitué de plusieurs corps rigides. Par l'analyse et le regroupement des mouvements de chaque corps, les robticiens obtiennent la dynamique d'un système complet. Avant cela, la cinematique étudie comment les differentes parties du robot se mettent en marche pour qu'il bouge. Les capteurs des robots sont l'équivalent de sens des humains. Les accéléromètres et les gyroscopes par exemple, servent à préciser les accélérations linéaires et angulaires des articulations du robot. Parallèlement, les capteurs d'effort détermient les forces et les moments des points de contact avec l'éxterieur. Un robot humanoïde ayant n articulations, possède $n + 6$ degrés de liberté car sa base est un corps libre dans l'espace 3D[8]. Le mouvement des articulations du robot est décrit par des rotations dans l'espace en trois dimensions (X, Y, Z corréspondant aux mouvements de *Pitch*, *Yawn* et *Roll*(qui répresentent en aviation les trois axes-latéral, vertical et longitudinal). En conaissant une de ces coordonées, les roboticiens calculent les vitesses angulaires et leur relation avec les dérivées

des matrices de rotation. Dans le livre[8], les autheurs décrivent les principes de la cinematique directe-en anglais *direct kinematics*- qui permet de trouver la position et l'orientation d'un segment (par exemple la main) à partir de ses angles articulaires. Il explique également comment déterminer les angles articulaires à partir de la position et de l'orientation d'un segment donné. Cela corrésponds à une écuation inversée de la précedente, appellée cinematique inversée- en anglais *inverse kinemactis*.

> "Quoi qu'il en soit, la relation entre les dérivées de la position et de l'orientation d'un segment, et celles des angles articulaires, peut être représentée par des équations linéaires. Ainsi, le problème de la cinématique inverse peut être résolu par la détermination des solutions d'un système d'équations linéaires, puis en intégrant ces solutions. La matrice des coefficients du système d'équations linéaires est appelée *Jacobienne des vitesses*. Elle représente un concept important dans beaucoup de domaines, la robotique comprise."

La fonction principale d'un contrôleur est d'interpréter le programme d'application du robot puis de convertir cela en actions physiques. Chaque contrôleur possède un modèle interne de la structure cinématique et dynamique du robot. Selon les algorithmes et les écuations de mouvement utilisées, cela est traduit par des capacités avancées de planification et de synchronisation de trajectoire. De cette manière, un robot peut synchroniser de manière précise les mouvements de chaque articulation. Selon les objectifs de chaque tache, des milliers de paramètres sont pris en compte pour le configurer. Parmi les controleurs de base du HRP4, les plus courants sont le controleur basée sur son Centre de Masse, en anglais *Center of Mass* ou tout simplement CoM, ainsi que le controleur qui determine sa posture ou *Posture task*.

Me voilà en train d'imaginer (ou rêver comme les androides de Dick) une danse pour un robot humandoide pas (encore) conscient. Rien que pour rester débout, nous les humains devons faire preuve d'équilibre et d'auto-géstion de nos capacités mortices. Une posture debout normale est souvent comparée à la mouvement d'un pendule inversé dont la base est fixe. Bien que la position debout semble statique pour un observateur éxterieur, elle se caractérise par de lègeres oscillations dans lequel le corps se balance en avant, en arrière et sur le côté. Le centre de masse est ainsi situé proche de la première vertèbre sacrée du corps humain.

Lorsque nous répartissons nos forces ou changeaons de point de contact avec le sol, notre équilibre s'ajuste de façon automatique. Comme décrit dans le livre de [131], une partie de ce travail *pas conscient* est réalisé par des automatismes dans la percépetion.

> "En l'occurrence, lorsque vous désirez saisir une bouteille sur une table, votre attention se porte sur la main qui doit assurer la saisie. Lorsque vous désirez vous asseoir, vous vous concentrez sur le positionnement de votre bassin par rapport à la chaise. Pour taper dans une balle, vous portez votre attention sur le pied qui doit frapper la balle. La partie sur laquelle nous fixons notre attention ne nécessite que quelques degrés de liberté pour être déplacée.(...) De l'autre côté, les parties qui ne nécessitent pas une attention consciente peuvent être utilisées pour conserver l'équilibre."

Le centre de masse se déplace de manière automatique pour assurer notre stabilité. Comment tenir début un robot en prennant compte de toutes ces contraintes ?

Pour lui, une erreur liée à la Com, est constituée de la difference entre la valeur souhaitée de la CoM et sa valeur équivalente en simulation.

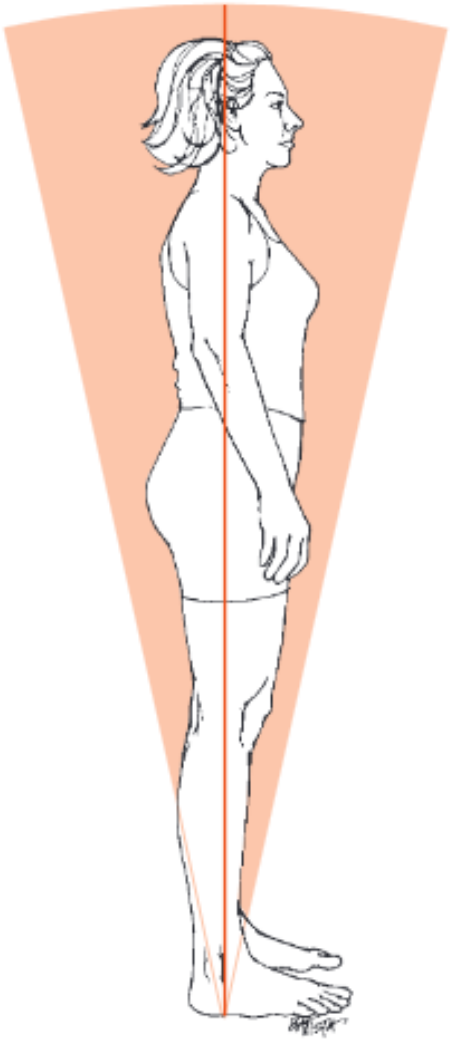


Figure 47.1: Standing posture often is modeled as an inverted pendulum in which the body sways over the fixed feet.

FIGURE II.1.23 – Source : le livre [12]

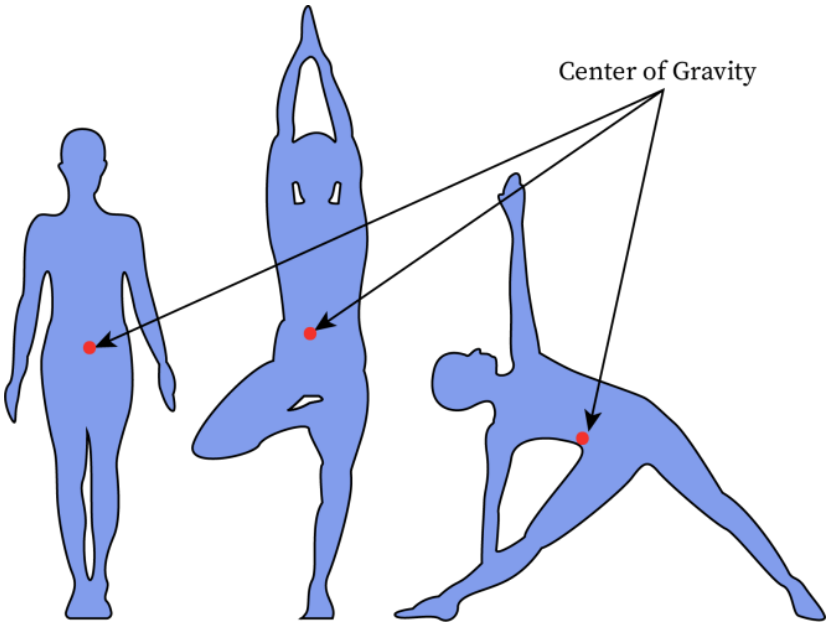


FIGURE II.1.24 – Le changement de la posture influence sur le CoM. Source : https ://www.quora.com/What-part-is-the-center-of-gravity-in-our-body

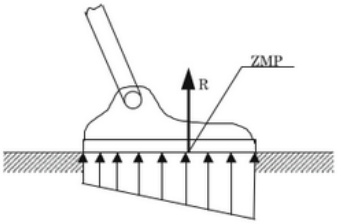


Figure 3.1 – Définition du *Zero Moment Point* (ZMP) [83].

La figure 3.1 montre un exemple de force distribuée sous le pied, caractérisant le contact entre le pied et le sol. Comme le signe de la charge répartie est le même sur toute la surface, on peut l'écrire sous la forme d'une force résultante $\boldsymbol{R}$, dont le point d'application est situé dans les limites de la surface du pied. Ce point définit le Zero-Moment Point, ou ZMP.

FIGURE II.1.25 – Relation ZMP-CoM.Source : le livre [8]

Pour mieux anticiper ces erreurs, le livre[8] décrit la méthode Zero Movement Point (ZMP). Ce concept joue un rôle primordial dans l'équilibre en position verticale des robots humanoïdes, lorsqu'ils se déplacent. Pusiqu'un robot humanoide n'est pas fixé au sol, il doit maintenir un contact entre ses semelles et le sol quand il se deplace. Lorsque la semelle du pied de support perd le contact avec le sol, le robot tombe. Pour qu'il reste début, son CoM doit faire partie du ZMP. Cette méthode est généralement utilisée pour déterminer la possibilité ou l'impossibilité de maintenir ce contact, sans utiliser des équations du mouvement.

> "Le ZMP peut être considéré comme l'extension dynamique du principe de projection. Il est utilisé pour planifier des modèles de mouvements qui permettent au robot de marcher tout en conservant le contact entre la semelle du pied de support et le sol."

Le concept du ZMP appliqué à un système en mouvement est illustré plus bas :
Une autre notion importante à considérer est le centre de gravité. Celui-ci peut

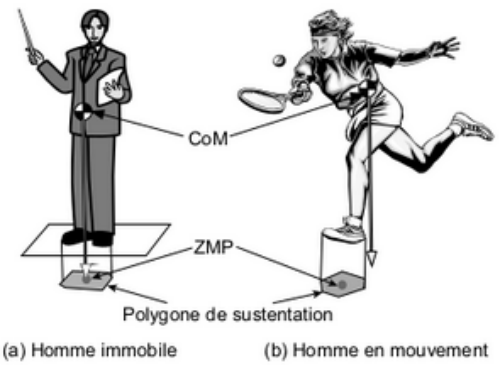


Figure 3.3 – CoM, ZMP et polygone de sustentation.

Figure II.1.26 – Explication ZMP. Source : le livre [8]

se déplacer en fonction de la posture de l'individu et de la position de ses membres, tout comme le CoM. Son role est d'aider le corps ne pas s'écraser contre la gravité. Quand un humain se retrouve en position assise son centre de gravité se situe à la base de sa colonne vertébrale, au niveau du sacrum. La majorité du poids de son corps est répartie dans la moitié inférieure, le bassin et les jambes supportant la majorité de cette charge. **dance slow** En paralelle avec ces recherches sur l'équilibre et les postures, les chercheurs de l'équipe AIST ont considére utile d'investiguer les autres possibilités d'expression physique du robot HRP-4. Ainsi ils ont développé un modèle de comportement utilisant les mouvements de l'ensemble de son corps- le premier robot humanoïde de taille humaine pouvant s'allonger et se relever. Ce mouvement est illustré par la figure suivante :

En voyant ces images, nous ne pouvons pas nous empecher de *voir* un humain. La plupart de ses gestes et mouvements sont faciles à identifier, car elles appartiennent aux humains qui se rélevent ou qui tombent. Ces observations notés dans mes cahiers de bord, m'ont fait considérer l'option d'assoir le robot sur une chaise. Choix radicale, emergée probablement d'un désir de pousser la limite de la convention. Lorsqu'ils sont assis les humains réflechissent, ou attendent. Il y a donc une forte activité méntale, alors que le corps se répose. Des chorégraphes qui m'inspirent ont déjà traité cette question en danse. Anna Teresa de Keersmaeker, Anna Halprin ou Ohad Naharin, dont j'ai cité le travail dans la prémiere partie de cette thése, ont su mettre au défi les stéreotypes en lien avec la chaise, l'immobilité et la danse. A mon tour, j'ai pensé interessante l'idée de faire danser HRP-4, assis sur une chaise. D'abord parce que, avec quelques exceptions dans le monde animal, s'assoir est propre (seulement) aux humains. Ensuite parce que cet acte de s'assoir impose un état réflexif. Dérnierement parce que la chaise en tant qu'objet scénique inanimé, a un statut pariculier dans l'histoire de l'art. Avant d'introduire les arguments qui appuient une dialectique de la disparition, de parler des objets en tat que processus- comme dans l'oeuvre de Bojana Cvejic[0] mentionné dans le chapitre 1.3- j'aimerais présenter l'objet chaise en contrast avec l'objet robot. Déjà en 1913, Marcel Duchamp propose son premier Ready Made- *La Roue de bicyclette*. Cette sculpture est composée de deux objets du quotidien en opposition l'un à l'autre : une roue de bicyclette fixée sur un tabouret [19]. Si la roue réprésete la vitesse, la chaisse s'appose à cette dynamique en imposant un arrêt. En 1964, Joseph Beuys présente une chaise couverte d'un bloc de graise dans son oeuvre *Chaise de graisse*. Le récit

19. https ://www.wikiart.org/en/marcel-duchamp/bicycle-wheel-1913

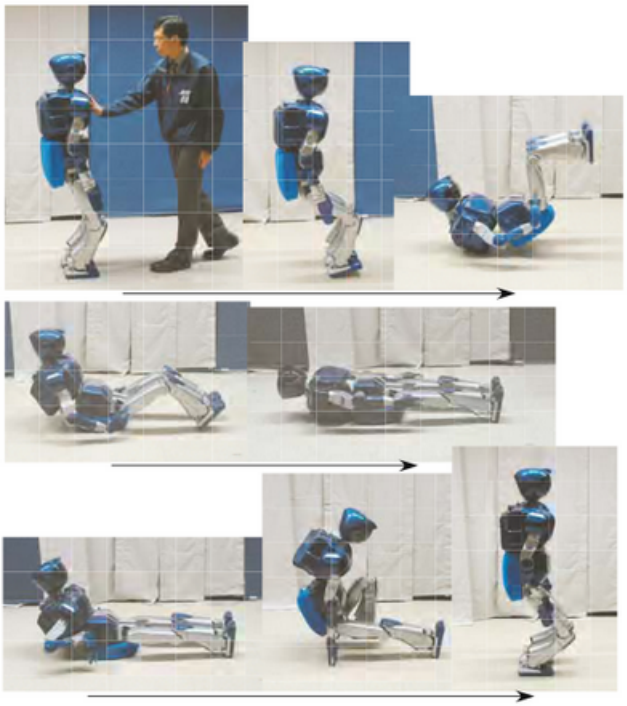


FIGURE II.1.27 – Illustration des mouvements pour se redresser de la chute. Source : le livre[8]

qui accompagne son installation évoque un épisode en Crimée, pendant la deuxième guerre mondiale, lorsque Beuys perd le controle de son avion. Il se fait sauver la vie par des Tatars qui l'enveloppent de graise animale et de feutre pour le maintenir au chaud. Ce souvenir facillite une prise de conscience pour l'artiste, qui va dédier sa vie aux actions artistiques engagés et à la spiritualité. La métaphore de la graisse [20], empeche quelqu'un s'assoir, ou bien le présente comme un amat de graisse. Dans les deux cas, la chaise est un élement actif de la proposition artistique dont la présence impose un moment d'observation. Assoir un robot humanoide sur une chaise invite à une déconstruction du regard. Lorsque le robot est inactif, c'est un objet inanimé. Pareil à une rue de bicyclette, il peut se mettre en marche ou pas. Si ce robot aurait eu une forme non-antrhopomorphe, la question de s'assoir pour réflechir aurait été moins présente. Cependant dans le cas du robot humanoide, nous voyons *quelque chose* se réposer sur une chaise. Est-ce que cela veut dire qu'une action physique vient d'avoir eu lieu ? En paralelle avec ma démarche dramaturgique, j'ai programmé ce robot. C'était une étape contraignante et fatiguante durant mon initiation à la robotique humanoide au Lirmm. Les prémiers esquises de ce processus montrent bien comment le robot, tel la série phtographie du designer italien Bruno Munari [21]s'assoit plutot à cote de la chaise, que corréctement : Aprés des mois d'erreurs et d'érrance dans le monde de roboticiens, pas loin des 700 heures que Marina Abramovic à passée assise sur une chaise à MoMa [22], me voilà plus proche du résultat. Le robot reste assis sur la chaise, bien qu'il n'arrive toujours pas faire y des gestes expressifs. Les mouvements du robot et mes capacités de programmation ne sont pas encore au point. Les mains de HRP4 n'ont pas des doigts articulés pour l'instant, pour pouvoir travailler des gestes comme

20. https ://www.tate.org.uk/art/artworks/beuys-fat-chair-ar00088
21. https ://www.ideabooks.nl/9788875703899-bruno-munari-seeking-comfort-in-an-uncomfortable-chair
22. hhttps ://www.moma.org/audio/playlist/243/3133

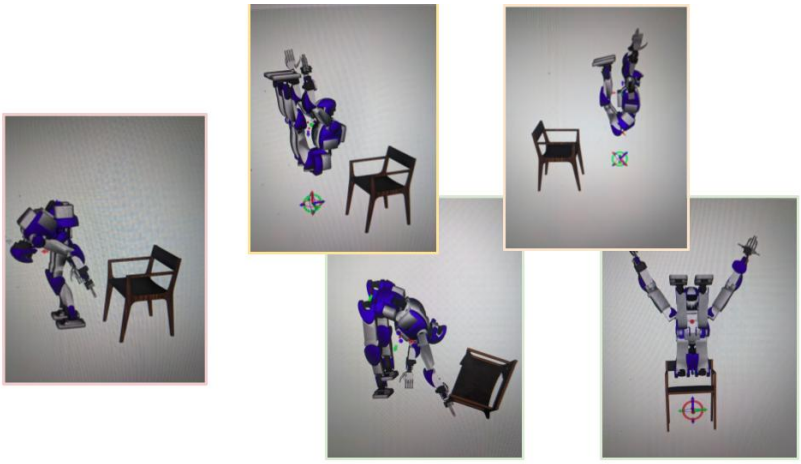


FIGURE II.1.28 – Scénario du robot sur la chaise : erreurs de programmation.

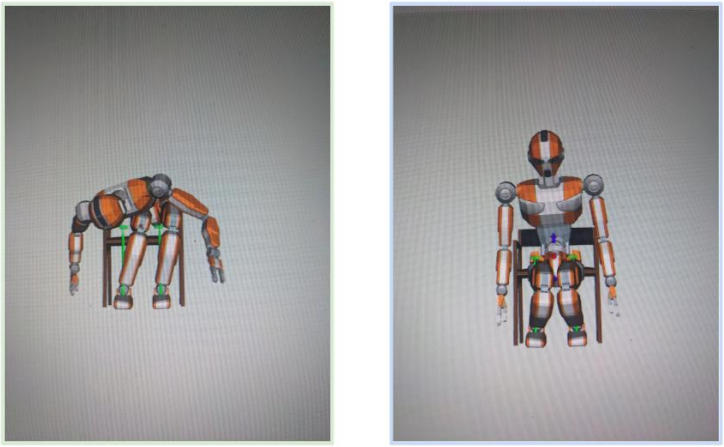


FIGURE II.1.29 – Scénario du robot sur la chaise : premieres ébauches.

FIGURE II.1.30 – Extrait du spectacle Rosas danst Rosas. Source photo : www.rosas.be

dans le spectacle *Rosas danst Rosas* de Keersmaeker. Néanmoins, je me suis beaucoup rapporté au travail de la choregraphe belge pour préparer cette phase. Son approche du rythme et de la répetition m'a aidé comprendre comment mieux structurer les enchainements des gestes du HRP4. J'ai choisi comme répére des gestes faites avec les deux mains que j'ai repris par des variations en changeant la place de mes pieds.

Des états avec des bras et des jambes qui se succédent selon une durée determinée, m'ont permis de mieux *composer* la danse du HRP4.

Une autre étape dans ma recherche a été de chercher les mouvements du robot par l'intérmediaire de la Motion Capture. L'ingénieur de recherche de l'équipe I.D.H. a developpé un plugin pour relier 34 DOF de HRP4 et les 17 capteurs inértiels XSENS.

Motion capture

Le digital twin du robot suit les mouvements de l'humain lors de la simulation en mcrtc. Des exemples de mouvements que j'ai fait pendant les simulations, qui n'arrivent pas être réalisées sur le robot réel. En effet les mouvements qui dépassent les limites des articulations et l'angle de rotation des actuateurs sont adaptés à la version réelle. Les mouvements déviennt plus *conventionnelles* pour respecter l'intégrité du systéme physique du robot. J'ai abandonée cette façon de travailler avec HRP4, parce que cela se rapprochait trop de l'idée de marionette. Bien que c'est une discipline à part éntiere avec une longue tradition en Orient où HRP4 a été developée, je rajoute ici le point de vue de Kozel[123] qui mentionne Kleist et sa vision du marionettisme. La danse peut s'y inspirer et des autres projets ont présenté des dispositifs assez impréssionantes. Cependant mon interet est de considèrer le robot comme parténaire de danse, de respecter les contraintes liés à sa physicalité.

> "Puppetry is a sister art of performance animation, akin to an alchemical practice, with a long history of transforming wood, cloth, and string into human, animal, or fantastical beings. Writing on the puppet theater in 18 11 , Heinrich von Kleist reflected upon grace as demonstrated by humans, animals, and marionettes, and he located the soul in the center of gravity. The human dancer did not fare well in the comparison, for grace was seen to exist in greater quantities in puppets and animals due to the obstructive impact the human power of reflection had on the path of the pure flow of movement. He drew this conclusion on the basis of two conceptual duets :

FIGURE II.1.31 – Recherche sur les postures du robot.

> a comparison of the movement of a dancer with that of a string puppet, followed by an anecdote of a fencing duel between a man and a bear. It is less the suggestion that a dancer is a mere puppet that is of interest than the way observations on the location of the soul are arrived at through the intercorporeal relations, albeit hypothetical, between entities."

Aprés quelques mois encore et toujours avec l'aide de l'ingénieur de recherche de l'équipe I.D.H., j'ai mis en place des transitions F.S.M. pour mieux travailler le rythme de la sequence. Les mouvements du robot sont beaucoup plus restreints, notamment car j'ai pu le faire croiser ses jambes. Cette contrainte m'a fait explorer differement le mouvement des bras et éngaer aussi la tête dans des séquences.

Une fois la boucle de mouvements mise au point, j'ai passé du temps à tester differentes simulations et énchainements avant de faire danser le robot réel.

Le 17 septembre 2022, lors de la soirée d'ouverture de la saison 2022-2023 d'Enghien-les-Bains, nous avons presenté la performance *Le mythe de l'Immorta* dans le cadre du projet CECCI-H2M. Le digital twin du robot HRP4 est intervenu, en contraste avec un écosystéme virtuel qui intéragissait avec des performeuses. L'énchainement de ses postures a suivi des itérations inspirées par l'algorithme de la courbe du Dragon [23]. Ce système réproduit les processus de développement et de prolifération de plantes ou de bactéries. Pour l'équipe de projet, cette façon de combiner l'organicité du monde vivant avec l'expression des machines est intuitive. Le choix de projetter le robot sur une image de 2m sur 3m, en contraste avec les performeuses en taille réelle, marque une distance entre l'humain et la machine. De plus, cette configuration scénique évoque l'image d'un artefact dévenu totem. La représentation centrale du robot humanoïde transforme le mouvement dansé en vecteur d'influence pour un monde centré sur la technologie et ses obsessions. Mon objectif lors de ce travail a été de comprendre comment une corporalité "dématérialisée" du robot pourrait stimuler une réponse décalée de la part

23. Cet algorithmé provient des systémes de régles géneratives et est à la base un système de Lindenmayer (ou système de réécriture ou grammaire formelle inventé en 1968 par le biologiste hongrois Aristid Lindenmayer)

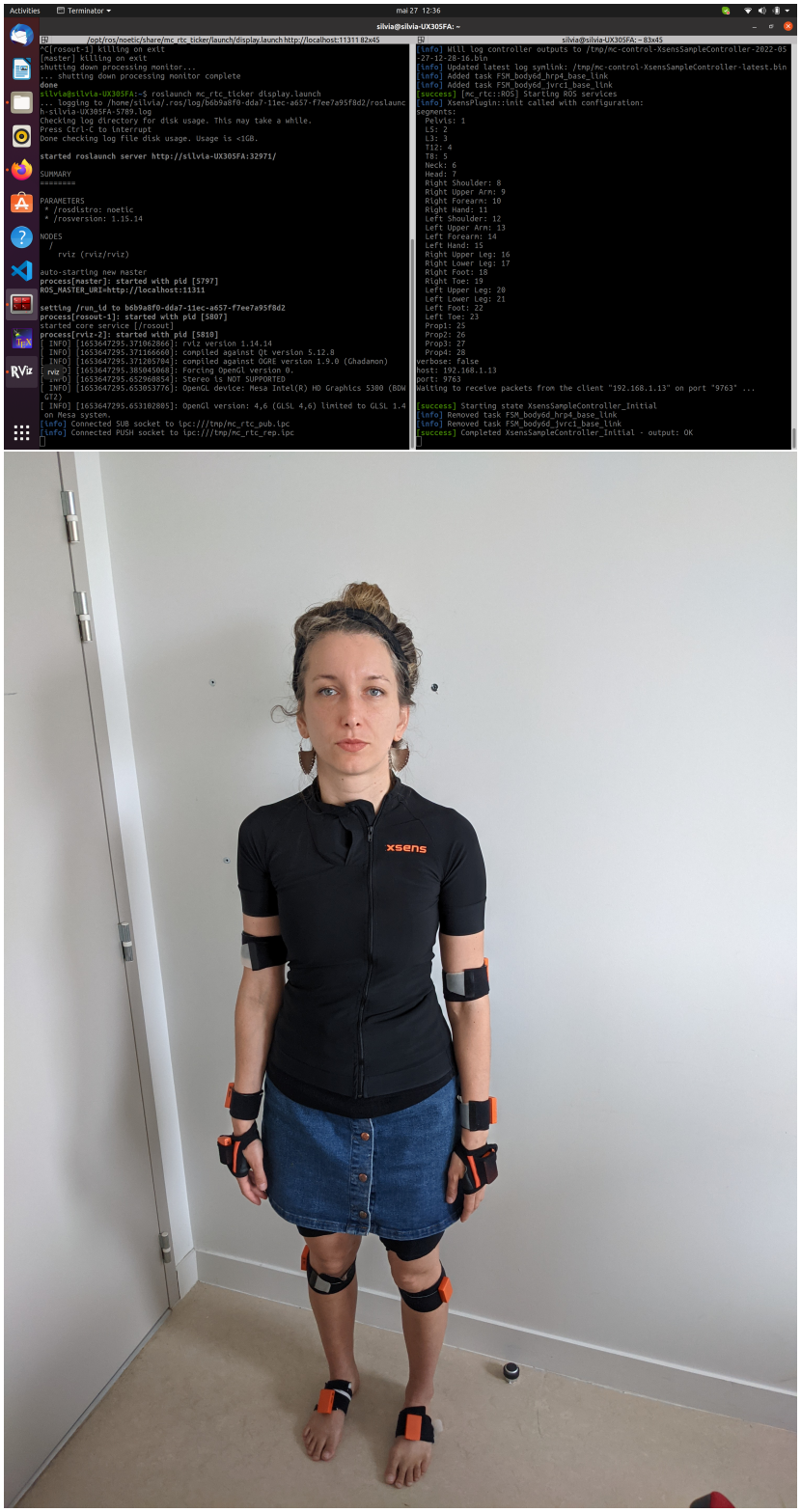


FIGURE II.1.32 – Mise en place d'une démo avec le systéme MoCap Xsens dans l'interface mcrtc.

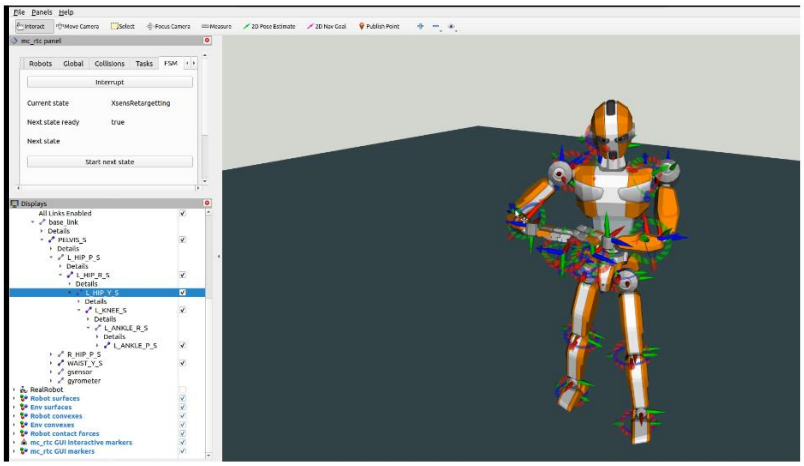


FIGURE II.1.33 – Still de la simulation avec le costume XSens dans RviZ.

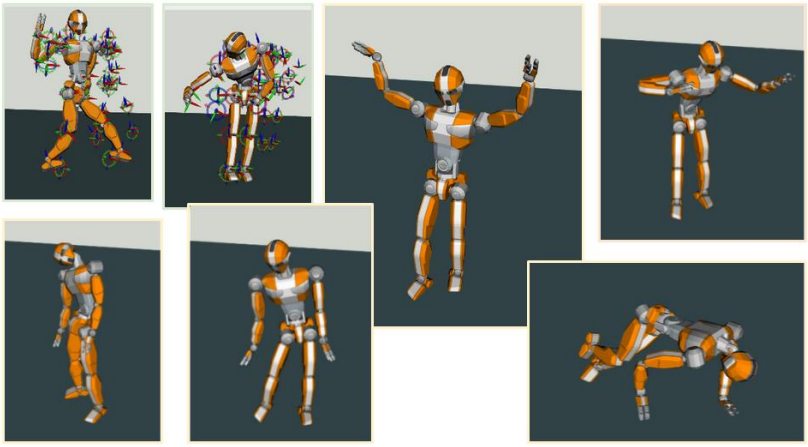


FIGURE II.1.34 – Exemple de postures lors de la simulation avec le costume XSens.

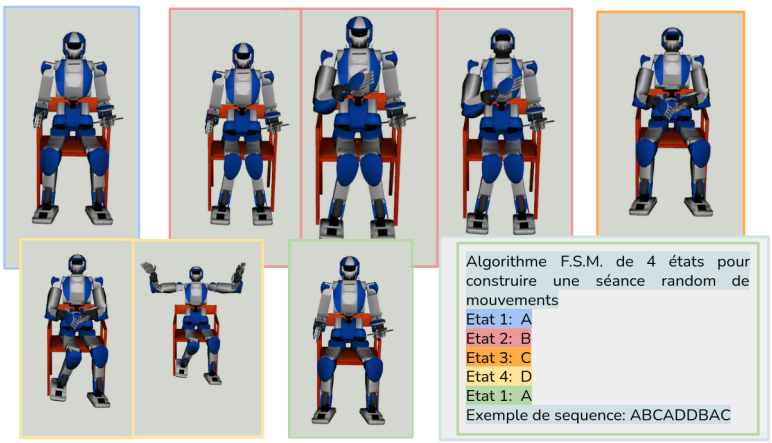


FIGURE II.1.35 – Scénario du robot sur la chaise : énchainement aléatoire de postures.

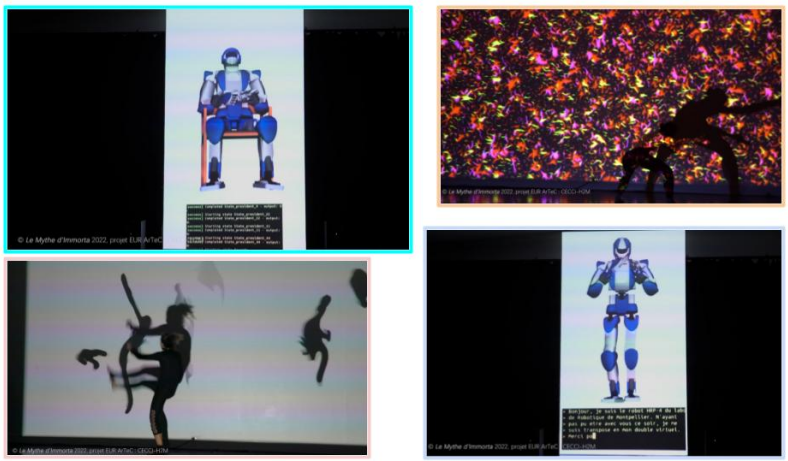


FIGURE II.1.36 – Extraits de la captation vidéo de la performance “Le mythe de l’Immorta”.

du performeur. Cela s’inscrit dans mes intentions prémieres pour établir un dialogue non verbal où homme et machine déploient leur vulnérabilité sur scène.

Photo de notes de mon cahier avec les itérations.

Des extraits de cette performance sont disponibles ici [24].

Conclusion

Le projet s’est déroulé sous plusieurs semaines de résidence au Centre des Arts d’Enghien-les-Bains. En juillet 2021, lors de notre première phase du projet, nous avons travaillé avec une version simplifiée du robot -une animata Arduino construite pour des déplacements aléatoires dans l’espace. Cette étape nous a permis de tester l’interaction avec un prototype doté d’un comportement involontaire. Lors des improvisations sur le plateau, nous avons cherché un terrain d’entente entre l’intelligence du corps humain, la réponse du corps machinal de l’animat et la réactivité de l’environnement virtuel. L’influence de ces éléments artificiels sur l’expression corporelle du performeur, ainsi que les mouvements de l’animat, sa fragilité et sa dimension réduite, ont provoqué une interaction instinctive, en marge d’une construction rationnelle basée sur de la réciprocité.

Quelques mois plus tard, lors d’une deuxième phase du projet nous avons projeté les mouvements du robot virtuel HRP-4 sur la performeuse afin de tester une forme de mimétisme gestuel. Cela nous a également permis d’approfondir les concepts d’altérité et d’autonomie des dispositifs robotiques. Les qualités de *sauvage* ainsi que la notion d’*Umwelt* ont accompagné cette résidence artistique. Après quelques tests avec le robot virtuel, nous avons pu constater à quel point le virtuel reste une manifestation mystérieuse qui suscite l’imagination des artistes. Cela n’est possible qu’à partir de l’interprétation du virtuel comme un organisme différent, en manifestant une autonomie sensible à la perception du performeur. Cela nous a également permis de réfléchir aux contraintes issus de l’intégration des éléments virtuels et réels dans un projet performatif. Comme une négociation entre les solutions software et les dispositifs hardware, l’illusion du réel versus l’imaginaire virtuel et la place que chacune de ces dimensions occupe sur le plateau, représentent une phase importante de ce projet.

Lors des prochaines résidences, nous avons mis l’accent sur la spécificité du robot

24. https ://vimeo.com/755637977

HRP-4. Pour sa programmation, j'ai dû d'abord étudier ses mouvements mécaniques, leur potentiel artistique en termes d'expressivité, de contraintes et des libertés. L'effet de présence d'un robot humanoïde sur scène a suscité des questionnements en lien avec l'altérité de sa figure mécanique et le concept de *uncanny* produit par ses mouvements remarquablement naturels. Les différences entre l'organicité du corps humain et l' artificialité du robot ont ainsi devenu une source d'inspiration, comme une matière à détourner. En 2022, pour imaginer de nouvelles formes d'écriture corporelle en vue d'une improvisation performative, le travail de programmation du robot HRP4 a été réalisé en deux temps. D'abord une familiarisation avec les systèmes MoCap utilisés par l'équipe du laboratoire et l'installation de plugins qui nous ont permis de simuler en temps réel les séquences de mouvement de l'humain sur le robot virtuel. Ensuite, des tests avec le robot HRP réel ont été réalisés en mars 2022. Ces tests ont facilité la mise en place d'une séquence de mouvements sur une chaise. Ce choix de faire s'asseoir le robot sur la chaise vient comme un résultat de nos réflexions sur les contraintes d'équilibre du robot, lors des séances d'improvisation. La mise en place la plus simple, pensée avec les ingénieurs de l'équipe de prof. Kheddar, a été l'organisation de ces séquences dans de programmes de type F.S.M (Finite State Machines) qui permettent une meilleure organisation des transitions entre différentes postures.

Comme hypothèse de recherche pour une chorégraphie mimétique, j'ai pu créer des simulations de séquences de mouvement sur un robot virtuel. Dans un premier temps, j'ai décidé de rapprocher la figure du robot à celle d'un danseur de slow, réalisant quelques tests d'interaction réelle avec la version physique du HRP-4. Ensuite j'ai effectué un travail de gestes inspirés par les postures de dirigeants politiques, pour voir dans quelle mesure les postures de pouvoir sont incarnées par des gestuelles et non par des attitudes. Le pouvoir que nous leur désignons est parfois le pouvoir de fascination que leur potentiel exerce sur nous, sans s'en rendre compte. Dans cette configuration centrée sur la fascination d'un objet inanimé, nous avons voulu comprendre dans quelle mesure le mouvement et les gestes dansés deviennent vecteurs d'influence.

Une autre séquence de mouvements a été préparée pour la troisième résidence de création au Centre des Arts d'Enghien Les Bains en septembre 2022. Pour cela, j'ai codé une séquence de mouvement sur la chaise qui dure approximativement 2 minutes. A l'intérieur de cette séquence, les états sont enchaînés selon une règle inspirée par la quatrième itération de l'algorithme de la courbe du Dragon. Pour correspondre aux quatre postures choisis initialement, nous avons opéré une conversion entre les états de la courbe du dragon et les états F.S.M. Pour la performance *Le mythe de l'Immorta* présentée lors de notre sortie de résidence, un travail de synchronisation avec les sons produites par Hui-Tin Hong a été fait ultérieurement. Une autre séquence de code, cette fois en montrant le robot applaudir a été rajoutée ultérieurement. Ainsi le robot virtuel est apparu dans deux moments différents de la performance- au départ sur une chaise pour présenter sa danse et à la fin début pour applaudir les spectateurs. Le rythme de certains mouvements a été modifié pour correspondre avec la musique. Une pause de six secondes a été introduite dans la séquence pour marquer un moment d'arrêt : le robot virtuel tourne sa tête pour regarder le public. Ce geste a été interprété par les spectateurs comme une façon d'évaluer la danse des performeuses. En parallèle, des autres moments de recherche en écriture corporelle ont été possibles grâce à la mise à disposition du studio de répétition de la chorégraphe Mathilde Monnier à Montpellier. J'ai pu effectuer une recherche sur le lien entre le son et le mouvement, pour continuer mes expérimentations Arduino précédentes. Ainsi avec l'aide du logiciel PureData nous avons créé un prototype de capteur EmG pour convertir le signal électrique des muscles

en du son aléatoire. Ce prototype, testé lors d'une résidence artistique à la Halle Tropismes a Montpellier, a été présenté dans le cadre du Module Pédagogique Innovant "Objets Magiques", conçu en collaboration avec Isadora Télés de Castro pour le projet CECCI-H2M dans le cadre du dispositif Artec. Des laboratoire de recherche inspirés par mes expériences d'éducation somatique ainsi que par l'utilisation des techniques de shaking, constituent une boîte aux outils pour rechercher une corporéité "autre" sur le plateau.

Chapitre II.2

Etude(s) de terrain

II.2.1 Experiment Lycée Mercy

À travers nos expériences de recherche-création, nous imaginons des séquences de mouvements qui remettent en question le concept d'anthropomorphisme chez les robots jumeaux numériques. En considérant le terme d'interactivité pour mieux définir leur interaction, nous observons comment différents matériaux de mouvement stimulent la créativité à travers un processus d'hybridation entre l'humain et la machine. Dans cette perspective, nous déterminons comment les utilisateurs vivent Qualia en apprenant par imitation une séquence de danse démontrée consécutivement par un robot humanoïde, un bras industriel et un humain. Leurs retours et nos propres expérimentations pratiques nous permettent de mieux comprendre l'impact de l'anthropomorphisme numérique dans la réalisation d'une interaction homme-robot durable.

II.2.1.1 Introduction

Depuis le VIe siècle avant notre ère, lorsque le terme a été utilisé pour la première fois pour décrire des phénomènes religieux[97], l'anthropomorphisme a accompagné l'intention de l'humanité de reproduire ses caractéristiques dans différents environnements. L'anthropomorphisme (du mot grec *anthropos* signifiant "humain" et *morphe* signifiant "forme") est décrit dans[99] comme :

> "the tendency to attribute human characteristics to inanimate objects, animals and others with a view to helping us rationalize their actions. It is attributing cognitive or emotional states to something based on observation in order to rationalize an entity's behavior in a given social environment."

Il s'agit d'attribuer des états cognitifs ou émotionnels à quelque chose en se basant sur l'observation afin de rationaliser le comportement d'une entité dans un environnement social donné. Comme discuté dans[155], une composante essentielle de l'esprit humain est de prêter certaines caractéristiques de notre vie psychique, en projetant notre fonctionnement physique et psychologique dans des objets. Selon[163] :

> "les humains attribuent, souvent sans le savoir, des traits de personnalité aux machines en fonction non seulement de leur apparence extérieure, mais aussi de leur fonctionnement et de leurs compétences."

Dans le présent article, nous faisons référence à l'anthropomorphisme dans une perspective humaniste plus large, en tant que caractéristique du comportement d'un système autonome qui permet d'attribuer des caractéristiques et des intentions humaines à

des entités non humaines comme les robots. Récemment, la littérature a intégré une interprétation proposée par le philosophe français Bruno Latour - où le sens de l'anthropomorphisme est défini par *ce qui a une forme humaine* et *ce qui donne forme aux humains* [151] - encourageant les chercheurs à envisager l'anthropomorphisme numérique comme concept qui intègre les deux points de vue. En utilisant ces bases, nous explorons des notions clés comme l'agence[**2017computation**] et l'autonomie[85] pour notre cas particulier de danse avec des robots, afin de mieux souligner le lien de ces notions avec l'anthropomorphisme numérique dans l'établissement d'une société humaine durable. interaction avec le robot (HRI). Dernièrement, la robotique a amélioré ces perspectives, en développant des artefacts qui remettent en question l'idée d'humanité[78]. Nous nous appuyons sur les chercheurs[89, 88] pour définir la place que les robots peuvent occuper dans notre étude, en les considérant comme des outils (aider l'humain à accomplir une tâche - dans notre cas développer une chorégraphie), comme des avatars (puisque le robot s'engage dans une certaine présence sociale avec d'autres personnes - dans notre cas les spectateurs d'un spectacle de danse) et surtout en tant que partenaires (établir un processus de co-working avec un collaborateur - dans notre cas co-créer un spectacle de danse). De[99] nous remarquons qu'un robot social *peut être perçu comme l'interface entre l'homme et la technologie.* C'est l'utilisation de fonctionnalités socialement acceptables dans un système robotique qui contribue à briser la barrière entre l'espace d'information numérique et les personnes. Alors que la conception des robots devient modulaire[147] et que les extensions corporelles inspirent des performances artistiques qui remettent en question les capacités humaines[118], une étude anthropologique[158] compare l'HRI au type de connexion exprimée dans les rituels religieux antérieurs entre dieux et humains- soulignant l'influence que les robots pourraient avoir sur nous dans un avenir proche. Alors que nous évoluons actuellement vers une ère technologisée post-humaniste, où les humains étendent leurs capacités à l'aide d'exosquelettes et de divers appareils connectés, la définition du corps humain et la façon dont il interagit avec son environnement change en conséquence. Notre article étudie comment ces paradigmes affectent notre créativité et leur impact sur les pratiques sociales collaboratives comme la danse. [159] évoque l'analogie étymologique entre la danse (de l'indo européen dix, racine de tension) et les émotions (du latin émovere : ou mise en mouvement). Dans notre quête d'une interactivité significative entre performeurs et robots, nous analysons l'impact de ces projections anthropologiques sur la danse. Dans les pages suivantes, nous décrivons comment nous créons notre séquence de mouvements en discutant de nos hypothèses de travail et de notre méthodologie et en expliquant nos phases de travail menant au concept d'hybridation humain-robot (H2R). Nous adaptons et testons ensuite la séquence sur plusieurs interprètes humains. Nous discutons ensuite des résultats et des perspectives de cette expérimentation et de ses implications dans les pratiques de danse actuelles.

II.2.1.2 Questions et méthodologie

Notre approche se concentre sur le processus de création d'un langage chorégraphique original inspiré des robots, influencé par les pratiques somatiques et l'intelligence incarnée. Selon l'artiste Louis Philippe Demers, toute forme abstraite et inerte *peut devenir fluide, organique et éventuellement anthropomorphe par les seuls moyens de contextualisation et de mouvement*[97]. Notre objectif est de vérifier dans quelle mesure le concept d'anthropomorphisme renforce la créativité en HRI et influence la recherche artistique. Parmi nos hypothèses de travail, nous étudions comment la forme

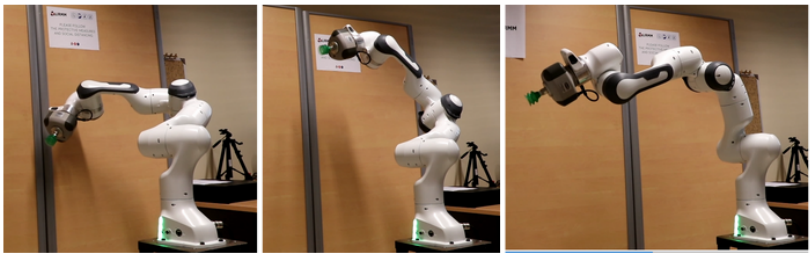


FIGURE II.2.1 – Mouvements du robot industriel Panda Franka.

d'un robot peut influencer l'interprète en générant des mouvements involontaires similaires à des réponses kinesthésiques[3] [25] ? Comment reproduire plus facilement une séquence de danse selon le type de robot ? Le retour de l'interprète change-t-il une fois que le type de robot a changé ?

Un autre domaine d'investigation concerne le processus créatif, confortant l'idée selon laquelle travailler avec un avatar substitut d'un robot que nous définirons plus tard comme son jumeau numérique, peut favoriser un état d'hybridation entre le corps ou l'interprète et le corps virtuel du robot. Nous soulignons ainsi le processus par lequel le rôle du robot passe du rôle d'outil à celui de compagnon de travail. Plus loin, on se demande si cette nouvelle individuation symbiotique entre robot et humain peut influencer la production de performances artistiques. Les robots impliqués dans notre étude ont des dimensions similaires, bien qu'initialement conçus pour des résultats différents. Comme point de départ, nous utilisons le matériel de mouvement implémenté dans le robot HRP-4 pour le projet de performance *Le mythe de l'Immorta*. Le robot humanoïde et un bras industriel sont programmés dans une série de mouvements analogues basés principalement sur la rotation des membres supérieurs et de la tête du robot humanoïde. Nous testons ensuite les séquences de danse à travers une étude de cas au sein d'un groupe d'étudiants en danse.

II.2.1.3 Des digital twins comme facilitateurs d'interactivité

Les élèves sont invités à mémoriser, puis à improviser la séquence de mouvements analogues indiquée par projection vidéo par différents partenaires de danse. Les séquences filmées ont le même format et la même durée (environ 1min). La première séquence est enseignée par un robot humanoïde, la seconde par un bras industriel et la dernière par un interprète humain. Les séquences ont la même structure mais diffèrent par la qualité du mouvement, selon le professeur. Ensuite, les danseurs sont invités à interpréter librement les mouvements et à improviser collectivement une séquence de danse libre, recyclant les mouvements qu'ils considéraient comme les plus inspirants. La méthode d'analyse est une forme de questions de 23 questions que les participants sont invités à remplir à la fin de l'expérience.

25. une réaction spontanée à un mouvement qui se produit en dehors de vous ; le moment dans lequel vous réagissez aux événements externes tels que le mouvement ou le son ; le mouvement impulsif qui résulte d'une stimulation des sens : c'est-à-dire. quelqu'un applaudit devant vos yeux et vous clignez des yeux en réponse ; ou quelqu'un claque une porte et vous vous levez impulsivement de votre chaise., Bogart, Anne, Landau, Tina. Le livre des points de vue, p. 11

II.2.1.4 Quand l'outil devient partenaire

En Occident, les robots sont souvent conçus pour imiter le comportement humain, principalement comme outils [14] remplaçant le travail humain ou aidant les humains dans des tâches complexes. Cependant, dans des contextes créatifs, leur fonction est plus ontologique dans le sens où ils pourraient contribuer à une certaine création de sens en inférence avec le processus artistique qui les contient. Pour l'artiste et chercheur Simon Penny, la cognition ne se produit pas exclusivement dans le cerveau, étant *loin d'être une manipulation logique de jetons symboliques* [137, 139]. Faisant valoir que les processus mentaux comme l'inspiration sont incarnés, intégrés dans des tissus corporels non neuronaux (donc étendus en artefacts, systèmes sociaux et réseaux culturels), il souligne également sa nature dynamique. A travers nos expériences de recherche-création, nous imaginons des séquences de mouvements qui remettent en question le concept d'anthropomorphisme chez les robots interactifs intelligents. La scène, médiatrice de leur rencontre, apporte de nouvelles possibilités d'expression, et par conséquent d'interaction. Dans notre cas particulier, nous appliquons le terme d'interactivité[92, 91] pour définir la relation entre humains et robots. Initialement inspirée par l'interaction humaine, l'interactivité s'est complexifiée avec le développement des nouvelles technologies et des nouveaux médias, ouvrant la voie à un processus de transformation continu. Mélangeant le vivant et le non-vivant, la réalité et les simulations, le physique et le virtuel, l'interactivité facilite une perméabilité entre l'humain et la technologie. Comme l'indique [163] :

> "les interfaces interactives contemporaines échappent au contrôle total de l'homme et créent une situation nouvelle où celui-ci n'a plus un rôle exclusivement actif face à son outil. Il s'agit plutôt d'un échange, d'une interdépendance caractérisée de plus en plus par leur interactivité."

II.2.1.5 Confronter les paradigmes concernant l'incarnation

[163] fait une analogie entre la manière dont la technologie, notamment les interactions virtuelles, façonne la compréhension du corps humain. Les individus qui cherchent à agrandir, modifier ou fragmenter leur corps sont des indicateurs des changements en cours qui s'opèrent dans nos interactions quotidiennes. L'identité étant multipliée, diluée ou absorbée dans le monde numérique, la tendance est de projeter les mêmes attentes sur le corps humain. Les neurosciences, la robotique ou l'art n'envisagent pas l'incarnation et l'anthropomorphisme de la même manière. Dans [119], le corps est défini comme un ensemble de processus organiques qui vont au-delà de l'expérience de la sensation et du mouvement. Cela peut inclure des réseaux sociaux tels que les familles et des artefacts culturellement construits. En parallèle, des termes anthropologiques comme *domestication du corps*[0] analysent la manière dont le corps est segmenté en unités selon le domaine de recherche qui l'aborde. Dans le domaine des arts, des pionniers comme Stelarc ont toujours considéré leur corps comme un terrain de jeu pour des expériences technologiques[0]. Avec ses performances de troisième bras ou de pattes d'araignée, l'artiste brouille les frontières entre l'humain et la machine à travers des mises en scène très originales. Tandis que les roboticiens conçoivent des robots capables *d'imiter* les humains grâce à leur ressemblance et leurs capacités collaboratives [100]. Les chercheurs démontrent comment la forme générale d'un robot joue un rôle clé dans l'invocation des émotions souhaitées chez les utilisateurs[114], avec des études mesurant le degré d'acceptation des robots humanoïdes[134, 121], influencé par la conscience de notre propre *schéma corporel*[112]. De plus, des concepts tels que

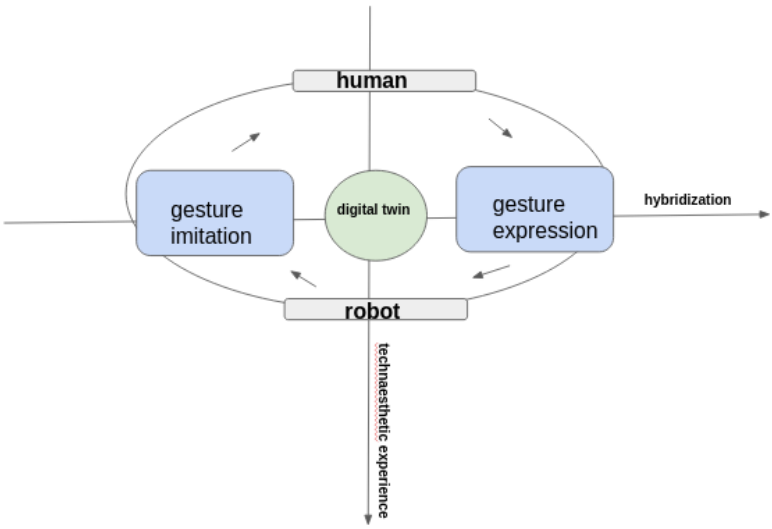


FIGURE II.2.2 – Mise à jour du schèma illustrant les principes d'E. Couchot.

l'étrangeté sociale[111] examinent comment notre besoin d'être unique et de nous engager dans des interactions authentiques est impacté par le développement des robots sociaux.

L'idée de commencer à expérimenter l'avatar virtuel d'un robot est née lors d'un travail en laboratoire avec les roboticiens de l'équipe *Le mythe de l'Immorta*. Le robot HRP-4 étant peu disponible à cette époque, nous avons réalisé une résidence artistique dans laquelle son double virtuel représentait le réel. Le robot a exécuté une série de mouvements inspirés des postures de pouvoir des dirigeants politiques assis sur des chaises. Lors de l'improvisation, sa corporéité imaginaire déclenchait différentes réponses cinétiques chez l'interprète, nous étions donc curieux d'aller plus loin et de comprendre ce phénomène. Dans[148] on note la distinction entre les robots virtualisés et les simulations informatiques nécessaires au fonctionnement des robots dans le monde réel. Pour aller plus loin, dans notre étude actuelle, nous employons le terme de *digital twin*[26] par rapport aux simulations, en raison de leur traitement des données en temps réel et de la possibilité d'étudier plusieurs processus dans diverses simulations.

II.2.1.6 L'hybridation résultant de l'interactivité créative

[0] retrace le processus d'hybridation entre le corps humain et les objets technologiques dès la préhistoire, lorsque l'anatomie de notre main s'est adaptée à la manipulation d'objets comme les outils de sculpture. Il soutient que la notion de réflexivité occupe une place centrale dans le fonctionnement de l'anthropomorphisme, citant l'anthropologue culturel Victor Turner pour qui l'humain est plus qu'un animal performatif, étant proche d'un animale qui se réalise. Par analogie, créer une séquence de danse robotique est aussi un processus réflexif. L'humain joue un double rôle d'initiateur et de récepteur de mouvement (dans le sens où il répond à la proposition faite par le robot) tandis que le robot devient un médium traduisant avec ses contraintes mécaniques l'architecture corporelle qu'il est censé embarquer, sans grand chose. en alternant le modèle initial.

26. selon IBM, alors qu'une simulation étudie généralement un processus particulier, un double numérique peut lui-même exécuter un certain nombre de simulations utiles afin d'étudier plusieurs processus.

Pour approfondir notre compréhension du concept d'hybridation, nous le définissons en relation avec le travail de l'artiste numérique Edmond Couchot. Pour lui l'hybridation se situe toujours dans l'expérience, *plus précisément dans la relation entre le sensible, le corps et son environnement*[148]. L'auteur de l'article souligne la nature en cours de l'hybridation ou, pour citer l'artiste, *un état évolutif, de l'humain à l'artificiel et de l'artificiel à l'humain.* Dans sa classification des agents artificiels, Couchot fait une distinction entre les robots et les humains artificiels, en utilisant les concepts de matérialité et d'autonomie pour distinguer les deux. Pour l'autonomie, sa classification s'oriente autour de deux polarités : l'avatar fantoche (niveau minimal d'autonomie) et l'acteur autonome (niveau maximal d'autonomie). Concernant sa définition de la matérialité, il structure ses observations autour de l'expérience technesthésique comme étant :

> "une expérience sensible vécue dans l'acte technique [qui] constitue une sorte d'habitus perceptuel, de connaissance sensorielle, partagée par chaque membre d'un société et façonner ses manières d'être et d'agir, de penser, par des voies différentes de celles du langage et de la pensée symbolique."

Il est intéressant de noter que cette expérience implique la disparition de soi, en s'appuyant sur les restes de l'expérience des autres avec technologie. Cela rejoint l'observation de Becker[0] pour qui l'histoire des gestes partagés, retrace l'évolution de l'humanité dans sa relation avec la technologie.

II.2.1.7 L'humain dans la boucle

L'un des enjeux de notre recherche-création est d'explorer cette dimension intermédiaire qui s'opère entre la qualité de mouvement de deux entités distinctes (humain et robot). In[159] une expérience réalisée avec un robot Poppy, favorise l'émergence du concept d'empathie kinesthésique- illustré par le décalage et la tension qui s'opèrent une fois le geste transmis de l'humain au robot. Dans notre cas particulier, dans les improvisations en temps réel, une fois le robot HRP-4 programmé pour reproduire une séquence de danse, la chorégraphie peut être modifiée en fonction des caractéristiques techniques du robot - état des actionneurs et de la batterie, problème de code, limitations articulaires. . Nous appelons ce type d'inférence des *mouvements parasites*, nécessitant une adaptation sensori-motrice de la part de la machine et de l'humain. En comparaison, en travaillant avec des jumeaux numériques, les réglages se font au niveau de la vidéo-projection. Le concept de morphing[159] emprunté au traitement de l'image offre une analogie intéressante avec la production de mouvement, définissant un processus de réhabilitation et de réajustement continu des corps et de leur transformation en formes. Pour une de nos expérimentations de recherche-création, nous avons projeté la figure du robot sur le corps du performeur.

À notre grande surprise, les images se chevauchent, ce qui donne lieu à une figure hybride de robot et de machine. Après plusieurs essais, le performeur s'est adapté à cette spécificité inattendue du robot, comme dans un processus d'apprivoisement et il en est résulté une figure symbiotique, mi-humain, mi-robot.

II.2.1.8 Étude de cas d'une interaction de danse homme-robot impliquant l'anthropomorphisme

À travers notre étude de cas, nous étudions comment les différents matériaux de mouvement sont vécus par les artistes lorsqu'ils dansent avec des robots. L'objectif de

FIGURE II.2.3 – Comparatif de mouvements performeuse- robot HRP4.

notre article est de déterminer comment les utilisateurs expérimentent *qualia*[27] tout en apprenant par imitation une séquence de danse démontrée consécutivement par des agents humains et non humains. Arguant que le corps et l'esprit sont la même expression d'un processus organique[0], décrit les arts et l'esthétique comme l'aboutissement des tentatives de l'humanité pour trouver un sens. Après avoir travaillé avec le double jumeau du robot HRP-4 pour la performance *Le mythe de l'Immorta*, nous avons souhaité comprendre comment les robots sont perçus par leurs partenaires humains lors des pratiques créatives. Les ingénieurs peuvent facilement préprogrammer des intentions liées à des émotions ou à des comportements humains spécifiques chez les robots en utilisant une approche de boucle affective[95]. Cette approche se concentre sur la capacité du robot à engager les humains dans des échanges affectifs et donc à attribuer du sens à leur comportement. En 2010, une interface utilisateur simplifiée qui crée des mouvements corporels[131] a été implémentée dans un robot HRP-4C pour un spectacle de danse. Le robot exécute des mouvements de danse synchronisés de base entourés de quatre danseurs, donnant l'impression d'une copie parfaite de l'interprète humain. Comme le dit [138], nous attendons des œuvres d'art intelligentes et conscientes de nous surprendre. Pour aborder cette attention, nous imaginons des interactions qui se concentrent sur les mouvements spontanés, "parasites" et les comportements inattendus des robots, questionnant un "effet de présence"[161] sur scène. Pour explorer les potentialités de ces interactions évolutives créatives, différents scénarios ont été programmés et testés, impliquant des imitations et des mouvements

27. selon l'Encyclopédie de philosophie de Stanford, les philosophes utilisent souvent le terme "qualia" (singulier "quale") pour faire référence aux aspects phénoménaux et accessibles de manière introspective de notre vies mentales. Le statut des qualia est vivement débattu en philosophie, en grande partie parce qu'il est essentiel à une bonne compréhension de la nature de la conscience. Les Qualia sont au cœur même de la problématique corps-esprit.

aléatoires. Cette approche permet de comprendre comment les corps artificiels et organiques peuvent s'adapter les uns aux autres et atteindre un état d'hybridité propre à notre environnement de travail.

Lors de la conception de notre première séquence de danse avec HRP-4, nous avons dû prendre en compte différentes contraintes : la manière dont le robot stabilise son centre de masse, son autonomie en position debout et le mécanisme de sécurité qui lui permet de se déplacer. Ce contexte nous a fait envisager dans un premier temps une interaction dansée assise. Inspirés par le travail de chorégraphes célèbres comme *Echad mi Yodea* (1998) d'Ohad Naharin, *Rosas danst Rosas* (1983) d'Anne Teresa De Keersmaeker ou *Seniors Rocking* (2005) d'Anna Halprin qui utilisaient des chaises dans leurs chorégraphies, nous avons choisi de travailler sur les postures de célèbres dirigeants politiques. Le fait qu'ils étaient assis, en train de réfléchir, mais que par leur raisonnement ils ont influencé le résultat de notre vie quotidienne a transformé la figure du robot en une figure totémique habitée par des gestes de pouvoir. La séquence de danse a été transposée dans le jumeau numérique HRP-4, sur scène lors du projet *Le mythe de l'Immorta*. Dans une instanciation différente de ce projet, l'interprète a interagi en temps réel avec les deux systèmes autonomes de la performance – en utilisant la même séquence de danse avec l'environnement virtuel de la performance E.V.E. (non anthropomorphe) ainsi que le HRP-4 virtuel (anthropomorphe). Le résultat de cette expérience fut que les mouvements répétitifs du HRP-4 généraient un sentiment d'oppression et de limitation chez l'interprète, déclenchant le besoin de les déconstruire en divers mouvements similaires aux réponses kinesthésiques mentionnées précédemment. Considérant la réactivité d'E.V.E. lui faisait facilement oublier la séquence initiale et suivre la rythmique proposée par les agents artificiels. Les deux systèmes ont été identifiés comme partenaires de scène par l'interprète, le robot évoquant un sentiment d'absence ou un phénomène de *fantôme dans la coquille*[28]. Une fois ces idées développées grâce à notre processus créatif, nous avons ressenti le besoin de les confronter à un contexte plus large.

La suite de votre expérimentation était une étude de cas proposée à 25 étudiants en danse qui ont testé une séquence de danse conçue pour le robot humanoïde HRP-4 et enseignée par celui-ci, ainsi qu'un bras industriel FRANKA et un performeur humain. Par rapport à la version inspirée des postures de puissance, le robot HRP-4 bougeait ses membres supérieurs, ses hanches, sa tête et son torse, mais cette fois-ci debout. De nouveaux mouvements, correspondant à des mouvements involontaires similaires à des réponses kinesthésiques, ont été ajoutés dans la boucle pour simuler ce que nous avons défini précédemment comme des mouvements parasites. Il était initialement demandé aux participants de reproduire les mouvements puis d'improviser librement en appliquant certains des gestes dont ils se souvenaient. Ils ont été encouragés à explorer cette dimension sensorielle et à oublier toute projection personnelle concernant l'esthétique et l'apparence de la séquence.

II.2.1.9 Discussion

Dans[116, 99], les chercheurs relient la notion d'agentivité à la question de l'anthropomorphisme, citant la théorie de D.C. Dennett sur les *systèmes intentionnels*. Dans les contextes artistiques, outre le comportement cinétique de l'objet, un autre facteur d'influence est la stratégie du spectateur pour comprendre et prédire le comportement de l'objet performant. Nous avons donc souhaité ouvrir notre démarche de recherche-

28. https ://www.imdb.com/title/tt0113568/

Figure II.2.4 – Intéraction performeuse- E.V.E. lors d'une résidence CECCI-H2M.

FIGURE II.2.5 – Intéraction perfomeuse robot HRP-4 virtuel lors d'une résidence CECCI-H2M.

FIGURE II.2.6 – Séqeunce d'appréntisage des mouvements avec les éleves du lycée Mercy.

création à des acteurs extérieurs, en organisant une expérimentation pratique avec des étudiants en danse. Parmi les questions auxquelles devaient répondre les 25 participants à notre étude, certaines concernaient le processus d'apprentissage par imitation du mouvement. La plupart des participants n'ont trouvé aucune différence significative dans la manière dont le robot (56%) présentait le mouvement, par rapport à l'humain (76%). Cependant, la plupart des participants étaient fortement d'accord sur le fait qu'il était plus facile de suivre les mouvements du robot humanoïde (64%), par rapport au bras industriel (8%). Concernant la qualité du mouvement, la plupart des participants pensaient que le robot humanoïde (44%) et le bras robotique (44%) avaient des mouvements intentionnels. Alors que 56% estiment qu'il leur a été facile de détecter les *mouvements parasites* de la séquence. Une légère différence a été observée lorsqu'on a demandé aux participants s'ils pouvaient distinguer les mouvements intentionnels des mouvements non intentionnels, 28% des participants étant d'accord et 24% tout à fait d'accord que c'était facile. Une partie importante des participants ne savait pas (36%) si les robots sont des créatures étranges, 24% étant tout à fait d'accord avec le fait qu'ils le soient et 20% étant d'une manière ou d'une autre d'accord qu'ils ne le soient pas. Même répartition en considérant si les robots ont ou non une conscience, avec 28% en quelque sorte en désaccord et 24% en quelque sorte d'accord. Quant à l'interactivité créative, la majorité des participants (68%) ont ressenti le besoin d'ajouter d'autres mouvements, une fois la séquence devenue répétitive. Aucun d'entre eux n'a convenu qu'ils appliquaient habituellement les mouvements appris lorsqu'ils dansaient, tandis que très peu d'entre eux ont convenu que les mouvements étaient naturels pour le robot HRP-4 (8%) et le robot Franka (16%). Il est intéressant de noter que pour le robot Franka, 4% des participants étaient tout à fait d'accord que ses mouvements étaient naturels, alors qu'aucun pour le robot humanoïde. Concernant les émotions, seulement 12% des participants étaient d'accord que le robot HRP-4 communiquait leurs émotions par la danse, une majorité (64%) étant en désaccord et 24% étant indécis. Quant aux émotions du robot Franka, 80% des participants n'étaient pas d'accord avec le fait qu'il les exprimait à travers la danse, tandis que 8% étaient indécis et 4% d'une manière ou d'une autre d'accord. Il est intéressant de noter que 8% des participants pensaient que le robot Franka communiquait des émotions à travers sa danse. La plupart des participants à notre étude (64%) pourraient consacrer plus de temps à comprendre le mouvement grâce à l'interaction robotique. Un processus d'hybridation a également été observé après la séquence, lorsqu'il a été demandé aux participants d'interpréter librement les mouvements du robot qu'ils avaient expérimentés plus tôt. Cela a facilité l'exploration d'un état où les sens étaient plus présents et où les mouvements spontanés apparaissaient plus facilement. Un état que nous définissons comme créatif, dans le sens où il permet une expressivité corporelle inhérente à la spécificité de l'incarnation - où par imitation ils se sont appropriés et transformés la séquence de danse robotique. En bougeant, leurs corps semblaient habités par la présence robotique. Les résultats de l'expérimentation sont disponibles avant [29] et après [30] l'essai du robot.

II.2.1.10 Limitations

Concernant notre intention de modifier légèrement les séquences, de les voir dans un ordre particulier : HRP-4, le Franka puis l'interprète humain, aurait pu influencer le processus ou leurs réponses. Certains participants connaissaient déjà les mouvements

29. https ://vimeo.com/779347404
30. https ://vimeo.com/779363288

du robot HRP-4 grâce aux précédentes séances de travail organisées plus tôt cette année-là. Par rapport au travail avec des jumeaux numériques, les résultats peuvent également être différents lorsque l'on travaille en temps réel avec des robots physiques. De plus, en appliquant la notion d'anthropologie numérique aux jumeaux numériques des robots utilisés dans nos expériences, nous aurions pu omettre certains résultats intéressants selon d'autres formes et dimensions. Il ne faut pas non plus oublier que même si les agents artificiels peuvent simuler des intentions et des affects, notre manière de les interpréter – ou la notion de qualia évoquée plus haut – est toujours différente. Après avoir implémenté la séquence de danse analogue du robot humanoïde sur le bras industriel, nous avons constaté des différences (notamment en ce qui concerne la symétrie de la posture mais aussi la vitesse et les secousses), le bras industriel se révélant plus conforme compte tenu du type d'actionneurs qui exécutaient le mouvement.

II.2.1.11 Perspectives futures utilisant les technologies robotiques émergentes

La prochaine phase de nos recherches consistera à tester les mêmes scénarios avec la version physique des robots. De cette manière, nous pouvons déterminer si la perception de l'interprète, ainsi que sa qualité de mouvement, peuvent être impactées différemment lorsqu'il travaille dans les mêmes conditions, avec le corps réel et mécanique des robots. Cela permettra également de comprendre comment le processus d'hybridation est influencé par les phases d'imitation du mouvement. Nos premiers résultats empiriques nous encouragent à mettre en place une étude scientifique en laboratoire, mesurant l'empathie kinesthésique grâce à la détection de neurones miroirs, en utilisant le traitement du signal de l'électroencéphalogramme (EEG).

II.2.1.12 Conclusion

Apprendre par imitation, puis établir une interaction créative à l'aide de jumeaux numériques nous a permis de rechercher les qualités vécues par chaque participant et d'améliorer la qualité globale du mouvement grâce à l'improvisation dansée. Ce type d'interactivité créative impliquait l'hybridation entre humains et robots, générant de nouvelles formes visuelles lors de la projection vidéo, ainsi qu'un type original de matériau de mouvement. Espérons que nos remarques sur l'anthorpomorphisme numérique stimuleront davantage les échanges entre roboticiens et artistes, anticipant une nouvelle phase d'individuation dans la relation globale robot-humain.

II.2.1.13 Anthropomorphism

[149]

II.2.2 Experiment LIRMM

manip madalina dans seafile mic 6GB

En s'interrogeant sur la manière dont les connaissances acquises grâce aux pratiques artistiques *peuvent être liées à d'autres formes de connaissances considérées par le public comme plus ou moins faisant autorité ou dignes de confiance*[106], les chercheurs défendent l'idée que l'art est un cadre parfait pour la connaissance distribuée. Les recherches actuelles suggérant que le comportement des individus à l'égard des robots

FIGURE II.2.7 – Captations vidéo de nos expérimentations au labratoire.

est influencé par l'observation de rencontres entre des robots et d'autres personnes[154] offrent des informations importantes. Pour autant que nous le sachions, nous sommes les premiers dans la littérature à étudier les interactions de tiers (c'est-à-dire robot - robot - humain) dans un contexte d'imitation de danse. De telles interactions deviendront de plus en plus courantes avec l'avènement du robot. Selon [0], un robot peut affecter son environnement social au-delà de la personne qui interagit avec lui. Dans ce contexte, nous pensons qu'il est important d'explorer l'HRI dans des contextes sociaux complexes. Notre étude initiale s'est basée sur une HRI collective réalisée avec des avatars virtuels de robots lors d'un atelier de danse. La prochaine étape de notre recherche nous permet d'aborder de nouvelles possibilités d'interaction et de vérifier une nouvelle hypothèse sur la dynamique sociale homme-robot : du point de vue d'un autre humain interagissant avec une dyade homme-robot, le type d'incarnation influence la façon dont le robot est perçu. et son impact sur l'environnement. Grâce à notre approche, nous examinons l'effet de robots de différentes formes dans un contexte multi-personnes lors de routines de danse, pour comprendre comment la conception du robot améliore le processus artistique. Dans cet article, motivés par la perspective florissante des robots de mise en scène dans les performances artistiques, nous introduisons une nouvelle méthode tierce cadre d'interaction homme-robot-humain (HRHI). Traditionnellement, les interactions avec des tiers sont nettement moins étudiées que leurs homologues entre deux parties (voir par exemple les études de médiation en ce qui concerne les études de négociation, etc.). Nous nous limitons à la mise en place de routines de danse collaboratives impliquant des mouvements du haut du corps entre un danseur professionnel, un robot et un humain. A travers ce cadre, nous nous intéressons au potentiel créatif de tels partenaires d'interaction que nous proposons de mesurer par la capacité d'improvisation du spectateur humain. Comme le note [83], la créativité dans les œuvres d'art implique une compétence définie comme une certaine *plasticité du contrôle* (c'est-à-dire être capable de voir au-delà du problème spécifique auquel on est confronté et d'avoir une réelle compréhension du problème). méthodes et procédures de la discipline et les principes et objectifs qui les sous-tendent).

Lorsqu'ils définissent la créativité, les chercheurs [0, 83] font remonter le débat initial au philosophe grec Platon, qui définit la créativité comme un processus mystérieux impliquant l'inspiration. Nous soutenons que cette vision est erronée, car elle adopte à tort une vision anti-téléologique du processus créatif. De plus, [0] identifie la valeur de la liberté humaine et la valeur du courage en tant que catalyseurs de la créativité. Nous transposons ces arguments à notre contexte de danse HRI, afin d'évaluer les facteurs possibles qui améliorent la créativité des robots.

Nous proposons ainsi d'analyser la capacité d'improvisation induite par l'état créatif à partir de deux points clés : d'une part la substituabilité[122] et d'autre part la conscience kinesthésique[103] des participants.

L'imitation dans la danse interactive des robots humains a fait l'objet de recherches de longue date dans la littérature, en particulier dans le cadre d'une incarnation. Alors que l'improvisation était principalement utilisée pour améliorer la réactivité et l'acceptation sociale des robots [117, 109, 160], les artistes font improviser des robots sur scène, que ce soit pour danser [98] ou jouer de la musique [110]. Il est important de préciser que dans notre étude actuelle, plutôt que d'improviser, les robots émulent l'improvisation selon des algorithmes préprogrammés.

En danse, la mémorisation d'une phrase ou d'un geste implique un processus d'assimilation appelé marquage, où chaque danseur reproduit la matière du mouvement en activant différentes parties du corps. Les observations de[122] proposent la tech-

nique de marquage comme *un échafaudage pour projeter mentalement une structure plus détaillée que celle qui pourrait autrement être gardée à l'esprit.* Semblable à une stratégie interactive augmentant la cognition, les danseurs marquent avec leur corps, des séquences de danse pour mémoriser et les transmettre. L'une des propriétés du marquage est la substituabilité, décrivant comment un mouvement dans une partie du corps peut représenter le mouvement dans une autre. Suite aux observations de Kirsh selon lesquelles *les mouvements des mains et les inclinaisons de la tête représentent régulièrement le mouvement de différentes parties du corps*, nous proposons une expérience de danse avec les mains traduite par des robots, qui code différentes parties du corps chez les partenaires humains. Inspirés par le travail de [117], nous utilisons l'improvisation comme approche ascendante pour analyser l'interaction incarnée dans la danse. Au cours de nos essais en laboratoire, les robots et les personnes se sont spontanément déplacés afin de déterminer quels facteurs renforcent un résultat créatif. À l'origine outil de composition, l'improvisation dansée est devenue une technique de performance live améliorant la conscience kinesthésique des interprètes. Selon[146], ce type de conscience est également lié à l'incarnation[117] chez les artistes humains. Transposer ces observations aux robots permet de déterminer leur impact sur un processus artistique global et d'analyser comment le type d'incarnation influence les réponses spontanées des humains. Comme le dit [0], la conception des robots évolue rapidement tandis que les modèles deviennent obsolètes une fois que les entreprises cessent de les développer davantage. Par conséquent, la communauté robotique a des difficultés à partager un terrain d'entente sur ce que le terme *robot*implique actuellement, y compris un large éventail de formes comme *androïde, humanoïde, mécanoïde, semblable à une machine, zoomorphe ou anthropomorphe.* comprendre les possibilités d'interaction entre humains et robots est un défi complexe, au cœur de plusieurs disciplines impliquant la robotique, les neurosciences, la psychologie, l'éthologie, la philosophie de l'esprit... Le recyclage des pratiques, technologies et protocoles actuels est moins étudié que les modèles innovants, conduisant à à une vision trop simpliste de l'HRI. Dans notre étude, nous cherchons à comprendre et à étendre les paramètres originaux d'un HRI standard à un modèle d'interaction avec des tiers, afin de développer d'autres concepts émergents liés aux arts et à la créativité qui pourraient accroître l'acceptation sociale chez les robots. Les auteurs de[113, 93, 117] citent l'informaticien Paul Dourish pour qui *l'incarnation n'est pas une propriété de systèmes, de technologies ou d'artefacts ; c'est une propriété d'interaction* . Le type d'interaction incarnée que nous étudions vise *la création et le partage de sens* tel que défini par Dourish. Selon lui, le concept d'incarnation ne se limite pas à la manifestation physique des personnes et des objets, *mais s'étend également aux interactions sociales, relations et participation entre les personnes et les choses.* À notre tour, nous étudions comment l'interaction entre un danseur et un robot peut déclencher du sens et une conscience kinesthésique chez les participants. Nous analysons les types de modèles d'interaction générés par deux contraintes - l'imitation et l'improvisation - en demandant aux participants de remplir un formulaire de vingt-neuf questions. Nous identifions les matériaux originaux du mouvement et analysons comment le type d'incarnation du robot peut être un catalyseur de cette expérience. Dans ce contexte, dans cet article, sur la base de l'expérience mentionnée ci-dessus, nous avons obtenu les principaux résultats suivants :

— Les robots industriels pourraient faciliter un état créatif plus élevé pour la danse, par rapport aux robots humanoïdes

— Le degré d'acceptation du deuxième participant humain dépend du degré de familiarité du participant avec le robot

— Dans un contexte tiers humanoïde-robot-danseur-humain, le danseur est moins perçu mais il est vu comme une source d'inspiration lors de la phase d'improvisation

— Les participants étaient moins intéressés à toucher physiquement le robot, quelle que soit sa forme

— Les participants ont préféré imiter et improviser avec les robots plutôt qu'avec le danseur.

— Le sentiment de synchronisation avec les robots était moins présent lors de la phase d'improvisation

— Lors de la phase d'improvisation, les participants projetaient et attendaient une réactivité de la part du bras industriel mais moins de la part de l'humanoïde.

— Durant la phase d'improvisation, les participants n'ont pas interagi avec la danseuse humaine, ni l'ont imitée.

II.2.3 Configuration expérimentale

II.2.3.1 Expérience motivante

Notre expérience motivante s'est déroulée à l'extérieur du laboratoire, lors d'une pratique de cours de danse. Les observations de [0] nous ont inspiré à travailler dans un cadre original, en adaptant notre hypothèse aux contraintes de l'environnement (ie. les participants ont vécu une expérience collective de HRI, lors d'une séance de formation collective en danse). Les résultats de ce processus hybride sont disponibles ici (`https://vimeo.com/779347404` et `https://vimeo.com/779363288`). Même si notre objectif était de comprendre comment l'anthropomorphisme numérique déclenche la créativité, l'expérience a fourni des informations utiles sur la créativité en général, nous donnant l'opportunité d'aborder ce concept dans un contexte plus large. Les vingt-cinq étudiants participants ont eu pour mission d'imiter puis d'improviser avec les versions virtuelles d'un robot industriel et d'un robot humanoïde, puis de remplir un formulaire comportant des questions sur une échelle de notation de 1 à 5. L'apprentissage par imitation, pour commencer par établir une interaction créative, a permis d'améliorer la qualité globale du mouvement grâce à l'improvisation dansée. La plupart des participants étaient fortement d'accord sur le fait qu'il était plus facile de suivre les mouvements du robot humanoïde (64%), par rapport au bras industriel (8%). Une partie importante des participants ne savait pas (36%) si les robots sont des créatures étranges, 24% étant tout à fait d'accord avec le fait qu'ils le soient et 20% étant d'une manière ou d'une autre d'accord qu'ils ne le soient pas. La majorité des participants - (68%) - ont ressenti le besoin d'ajouter d'autres mouvements, une fois la séquence devenue répétitive. Aucun d'entre eux n'a convenu qu'ils appliquaient habituellement les mouvements appris lorsqu'ils dansaient, tandis que très peu d'entre eux ont convenu que les mouvements étaient naturels pour le robot HRP-4 (8%) et le robot Franka (16%). Concernant les émotions, seulement 12% des participants étaient d'accord sur le fait que le robot HRP-4 communiquait des émotions par la danse, avec une majorité (64%) en désaccord. Quant aux émotions du robot Franka, 80% des participants n'étaient pas d'accord sur le fait qu'il exprimait ses émotions à travers la danse.

II.2.3.2 Étude pilote

Notre modèle d'interaction suit l'amélioration de l'étude précédente mentionnée ci-dessus, basée sur des simulations virtuelles et adressée à des participants familiers avec la danse. Afin de comprendre comment les robots sont perçus et quel est leur impact sur leur environnement, l'autonomie est un facteur clé. Les observations de[152] suggèrent qu'à mesure que l'autonomie d'un robot augmente, "l'incapacité des humains à comprendre les raisons des actions du robot perturbe la création d'un terrain d'entente". Suite à cette remarque, nous avons décidé d'organiser notre expérience au laboratoire, l'environnement originel des robots. Pour questionner la notion de créativité en HRI, nous avons personnalisé notre expérience à l'aide de premiers essais impliquant majoritairement des collègues chercheurs de notre laboratoire. Nous leur avons demandé de comparer deux contextes : interagir seuls avec un robot et interagir simultanément avec un robot et un danseur humain. Leurs retours ont clarifié l'hypothèse de travail selon laquelle les humains devraient s'habituer à la présence d'autres humains lorsqu'ils interagissent avec des robots. L'un de nos objectifs était d'identifier quel cadre (avec ou sans médiateur humain) est le plus utile et inspirant pour déclencher la créativité pendant l'HRI. Parmi nos observations, nous avons noté que la place du robot au sein de l'expérience dépend de son degré de familiarité avec le sujet (c'est-à-dire que le participant a déjà interagi avec ce type de robot ou non). La majorité des roboticiens préféraient interagir directement avec le robot, sans que le danseur humain n'intervienne comme intermédiaire dans cette interaction. Parmi les raisons qui ont motivé cette préférence : la présence de l'humain devient plus importante que celle du robot, une fois la phase d'improvisation de l'expérience effectuée. De la même manière, les chercheurs qui n'avaient jamais interagi avec un robot auparavant ont estimé que la présence du médiateur humain les a encouragés à s'inscrire à l'expérience et à développer davantage leurs compétences créatives. Un autre fait important, une fois l'instruction d'improviser donnée, les attentes et les réactions rendent les participants confus quant au résultat possible, ou à *la meilleure* façon d'exécuter l'instruction. Avoir un danseur humain improvisant simultanément avec le robot aide les participants à se détendre. et restent confiants quant au résultat de l'expérience, quel que soit leur niveau de danse. Ces premières remarques nous ont encouragés à maintenir le cadre d'un danseur humain interagissant avec différents robots, dans notre cadre d'expérimentation.

II.2.3.3 Expérience HRHI

Travailler avec de vrais robots au lieu de leurs jumeaux numériques[79] est motivé par le fait que les séquences de danse apparaissant fluides dans les simulations sont accompagnées de bruit réel et soumises à des contraintes mécaniques lorsqu'elles sont exécutées à travers les corps des robots. Comme evoqué par[117], *une telle imprévisibilité est liée à l'incarnation matérielle d'un robot et à une partie de son charme idiosyncratique en tant qu'interprète.* Notre choix de faire une interaction impliquant uniquement des routines de danse du haut du corps est lié au fait que travailler avec des contraintes élargit les possibilités d'expression chez l'humain et réduit les risques de dysfonctionnement du robot. Le bras industriel étant posé sur un socle fixe, il semblait logique d'immobiliser le robot humanoïde, sur une chaise. Les possibilités d'accessibilité d'une chaise nécessitent d'adopter une position réflexive et statique tandis que le danseur doit compenser avec les mains l'expressivité du mouvement.

II.2.4 Résultats et discussion

Dans cet article, nous faisons l'hypothèse que la créativité est une combinaison de compétence et d'intention suite aux travaux de [0, 102, 83, 90]. Cette hypothèse a suscité de nombreux débats. Parmi eux l'idée que la créativité peut être téléologique.[102] donne l'exemple d'un chimpanzé brossant de la peinture : si le dresseur enlève la peinture lorsqu'il le juge approprié, le résultat pourrait être créatif ; alors que si le chimpanzé est laissé seul avec son papier, il finira par le recouvrir de couleurs ou tout simplement le détruire. Pour Gaut :

> "les types d'actions qui sont créatives sont celles qui présentent au moins un objectif pertinent (en n'étant pas purement accidentelles), un certain degré de compréhension (en n'utilisant pas simplement des procédures de recherche mécaniques), un degré de jugement (dans la manière de appliquer une règle, si une règle est impliquée) et une capacité d'évaluation orientée vers la tâche à accomplir. En raccourci pour ces caractéristiques, nous pouvons dire que les actions créatives doivent faire preuve de flair."

Nous extrapolons ces remarques aux robots autonomes, qui ont un comportement téléologique une fois qu'ils sont préprogrammés avec une tâche. Notre méthodologie identifie les facteurs qui différencient un résultat entre un résultat non créatif et un résultat créatif. Compte tenu de ces prémisses, l'invention d'une danse particulièrement nouvelle pendant la phase d'improvisation peut-elle être considérée comme créative ? Si oui, à travers quels facteurs ? Le défi de concevoir des robots capables de se comporter de manière fiable et sûre dans des environnements humains a conduit les scientifiques à étudier des domaines tels que les sciences sociales et la philosophie. Puisqu'il existe peu de recherches empiriques sur l'art, nous proposons un modèle d'IRH basé sur deux phases (imitation de danse et improvisation de danse) pour analyser les attentes humaines en son sein. En supposant que la créativité soit une question de degré[0], nous analysons à travers notre questionnaire la conscience kinesthésique, la substituabilité ainsi que le potentiel de synchronie de deux robots opérant dans un laboratoire identique. Bien que les algorithmes de mouvement soient identiques, les mouvements des robots ont suscité des réactions inattendues chez certains participants. Ils ont défini la même séquence de danse exécutée par un robot différent comme créative, leurs commentaires étant liés à leur familiarité avec les robots (c'est-à-dire des participants moins habitués aux robots, mais plus enthousiastes quant à leur potentiel créatif en danse). Nous résumons nos résultats et identifions certains des défis comme suit. Lors de la phase d'imitation, 95,3% des participants ont facilement imité la séquence de danse du robot humanoïde, contre 56,5% pour le bras industriel. De plus, 71,5% des participants à l'interaction avec le robot humanoïde et 56,5% pour le bras industriel n'ont pas jugé acceptable d'utiliser des mouvements d'improvisation pendant cette phase. Ces participants étaient engagés dans ce que Dourish appelle un *coping absorbé*[117], ou un engagement total dans l'interaction, avec 47,6% de participants pour l'humanoïde et 30,4% de participants pour le bras industriel, n'imitant pas le danseur professionnel. Répartition similaire des réponses concernant le confort lors de l'imitation : avec 85,7% des participants se sentant à l'aise en imitant le robot humanoïde et 38,1% le danseur, contre 60,9% le robot et 43,5% le danseur - pour le robot à bras industriel. Le sentiment d'être inspiré par les mouvements du danseur humain par rapport au robot suit la même tendance, avec 42,8% des participants convenant que c'est le cas du robot humanoïde, contre 39,1% pour le robot industriel. Globalement, les participants ont trouvé plus intéressant de suivre les mouvements du robot que ceux du danseur - avec

61% pour le robot industriel et 66,6% pour le robot humanoïde. Paradoxalement, seule une petite minorité - 20% pour le robot industriel et 14,3% ont identifié des émotions dans la danse du robot, par rapport à celle de l'humain - 60,9% pour l'essai industriel et 57,1% pour l'humanoïde. Cette observation prouve notre intuition selon laquelle les participants engagés dans la danse (soit en imitant, soit en improvisant) contemplaient moins l'acte performatif. Par ailleurs, lors de la phase d'imitation, 66,7% des participants se sont sentis en synchronisation avec le robot humanoïde contre 55% pour le robot industriel. En comparant ces résultats à la même question concernant la phase d'improvisation, on constate une grande différence puisque seulement 20% pour le robot industriel et 23,8% pour le robot humanoïde ont répondu positivement. Ce constat prouve que la synchronie s'établit moins par l'improvisation. Un autre fait intéressant à mentionner est que lors de l'improvisation, les participants n'ont pas ressenti le besoin d'entrer en contact physique avec le robot (68,2% pour le bras industriel et 90,5% pour le robot humanoïde) avec un léger pourcentage d'indécision pour le bras industriel. (18,2%), contre (9,5%) pour le robot humanoïde. Alternativement, 13,6% des participants à l'expérience avec le bras industriel ont répondu par l'affirmative à cette question, alors qu'aucun pour le robot humanoïde. En improvisant, on note une légère indécision quant à la réactivité du robot industriel (avec 15% des participants pour le robot industriel et 9,5% pour l'humanoïde), alors que la majorité des participants (80% des participants pour le robot industriel et 90,4% pour l'humanoïde) rejetant l'idée que les robots étaient réactifs, alors qu'en réalité ils ne l'étaient pas. Cependant, 40,95% des participants pour le robot industriel et 23,8% pour l'humanoïde, ont exprimé ce besoin lorsqu'on leur a demandé s'ils souhaitaient faire réagir le robot à leurs gestes. Puisque nous avons inclus dans la séquence du danseur une combinaison de mouvements intentionnels et non intentionnels (type bâillement), nous avons voulu voir si les participants faisaient la distinction entre ces deux mouvements lors de l'interaction avec le tiers. Dans les deux cas - 52,1% pour le bras industriel et 47,6% pour le bras humanoïde, les participants ont réussi à les identifier. Pour les robots, ces mouvements ont été simulés lors des essais de la phase d'improvisation, où chaque séquence était réalisée dans un ordre aléatoire par rapport à la phase d'imitation. Pour le robot humanoïde, un état inspiré des tremblements humains a été ajouté. Seuls 17,4% des participants pour la branche industrielle ont identifié ces mouvements, contre 85,7% pour le robot humanoïde. Nous expliquons cette différence par le fait que le mouvement de secousse était relativement différent des autres types de mouvements de la séquence.

Lorsqu'on leur a demandé avec qui ils avaient improvisé lors de la deuxième séance, les réponses avaient une répartition similaire pour les deux robots. Pour le robot humanoïde, 33,3% des participants ont improvisé uniquement avec l'humain, 28,6% uniquement avec le robot, 23,8% ont improvisé avec les deux, tandis que 9,5% ont improvisé complètement par eux-mêmes et 4,8% n'ont pas respecté la consigne de improviser. Pour le bras industriel, 21,7% des participants ont improvisé uniquement avec l'humain, 21,7% uniquement avec le robot, 21,7% ont improvisé avec les deux, tandis que 8,7% ont improvisé complètement par eux-mêmes et 8,7% n'ont pas respecté la consigne de improviser. Le reste des 17,5% des participants ont soit improvisé uniquement avec l'humain, soit l'ont imité pendant l'enseignement d'improvisation, prouvant que la créativité est facilitée par les interactions entre humains plus facilement que par les interactions entre humains et robots.

Les chercheurs[156, 101, 80] font la distinction entre l'action et le mouvement à travers le sens. Pour notre étude dans les deux contextes, les participants utilisaient alternativement les deux, comme l'illustrent les réponses. Pour approfondir la discussion,

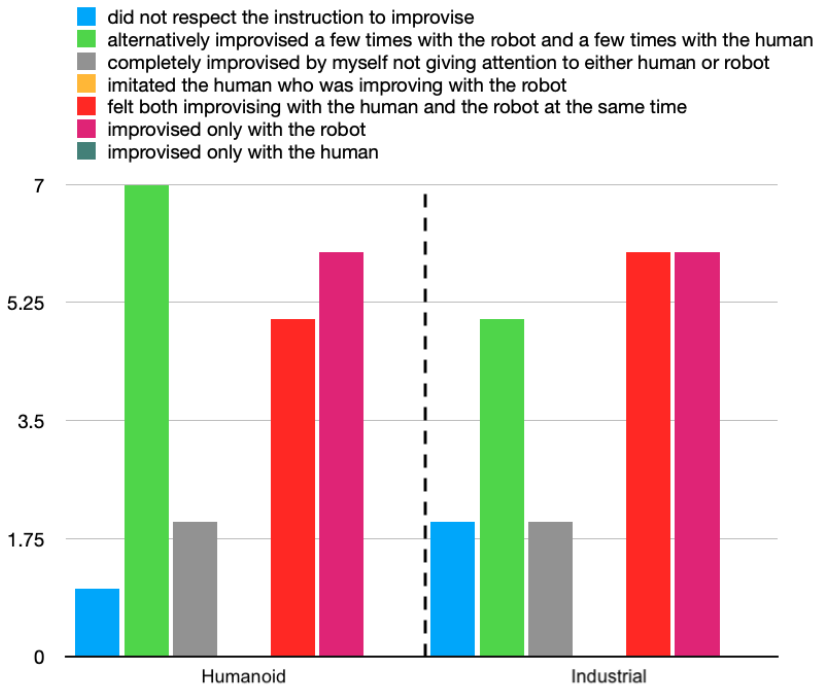


FIGURE II.2.8 – Répartition des réponses quant au comportement lors de l'improvistion.

nous citons[117] pour qui

> "un robot ou un système artificiel pourrait imiter de manière convaincante une action significative, mais ce n'est pas la même chose qu'un système agissant de manière significative."

De plus, "la dynamique qualitative inhérente pour animer des formes de vie (mouvement cinétique) sont distincts de l'action motrice exécutée par des formes inanimées (action motrice)".

II.2.4.1 Simmetry and synchrony

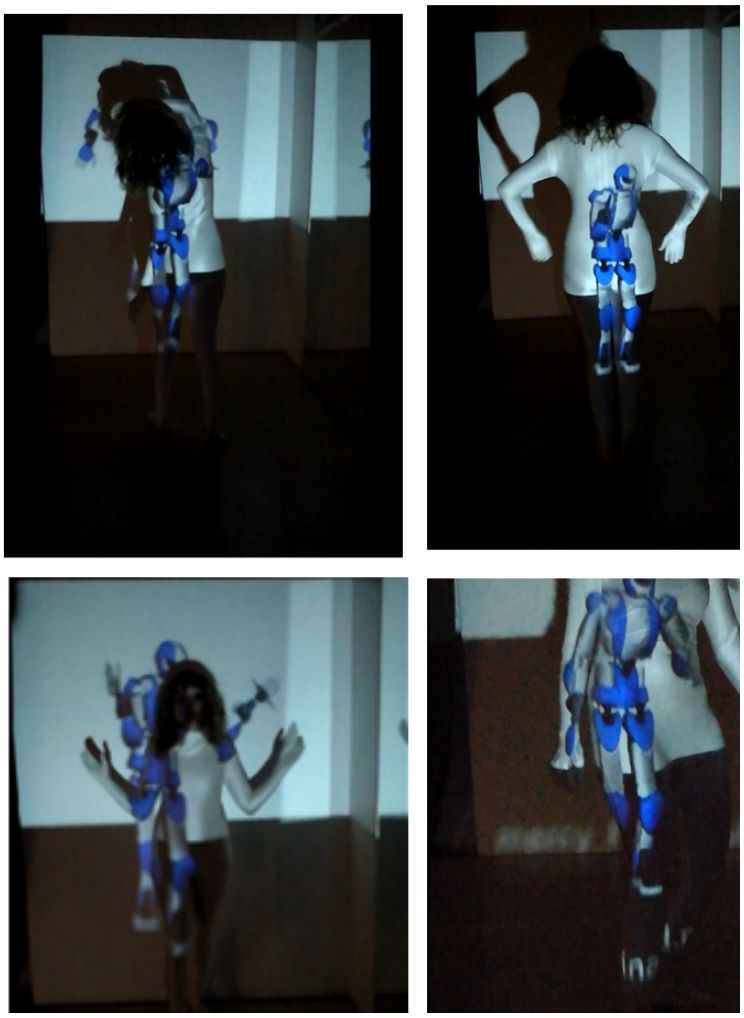


FIGURE II.2.9 – Still lors de la sortie de résidence lors de notre experimentation dans le studio de M. Monnier.

Conclusion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed eget erat tortor. Mauris iaculis congue nibh ac sollicitudin. Aliquam aliquam velit eu aliquet tincidunt. Vestibulum lacus ipsum, feugiat at feugiat id, auctor quis nisl. Maecenas ultricies sagittis convallis. Curabitur at velit ut odio condimentum fringilla. Ut consequat eget arcu vitae pharetra. Pellentesque quam quam, luctus at ipsum non, accumsan ultrices ipsum. Integer dictum, leo et ornare viverra, enim massa tristique est, aliquam porta odio arcu non lectus. Maecenas posuere, ante sed congue blandit, nisi quam aliquet enim, in vehicula eros metus vitae quam. Nam lacinia malesuada lorem, at mattis risus mattis interdum. Nullam ac sapien nec quam ultrices dictum vitae eu erat. Curabitur a leo a lorem mollis volutpat. Duis volutpat porta nulla in convallis. Mauris sed accumsan nisl, ac efficitur nisl.

Chapitre II.3

Robots, danse et *conscience artificielle*

The body does not exist, we are nothing but connective tissue.

A la déscription du corps par Latour que j'ai mentionné plus haut, je rajoute celle de Hubert Godard[104].

les utilisations sociales et culturelles plus larges Pour aller plus loin, les actes artistiques qui engagent un dialogue entre le corps et les technologies numériques favorisent une construction collaborative de niveaux de nouveaux états physiques, perceptives, et même de conscience.

II.3.1 La question de la créativité

https ://neurosciencenews.com/ai-creativity-23585/ check le type de test https ://www.scientificar origin-human-creativity-suprisingly-complex/ https ://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2117561118 http ://www.nancyeaiken.net/about.html Toutes les articles et livres du folder/idh/-creativity sur les origines de l'art et la préhistoire[129, 150, 1, 15] [105, 127, 145, 16] livre [2]

II.3.2 La question de l'adaptabilité

[**2020jaic**, 141] lien avec l'enactivism : https ://en.wikipedia.org/wiki/Enactivism

https ://www.bbc.com/news/technology-19354994 https ://interstices.info/la-conscience-dune-machine : Dans les années 1970, le psychologue américain Gordon Gallup a mis au point le test du miroir. L'idée est d'estimer la conscience de soi chez un animal, y compris un humain, en lui apposant subrepticement une marque sur le front. Face à un miroir, quand l'individu essaie de toucher, d'enlever la trace ou fait simplement mine d'avoir noté le changement, on en conclut qu'il est conscient de son propre corps. À ce jour, les espèces qui ont passé avec succès le test du miroir sont les chimpanzés, les bonobos, les orangs-outans, les dauphins, les éléphants, les corbeaux. Les bébés y parviennent à partir de 18 mois. Et les robots ? Par ailleurs, des éthologistes ont récemment montré que les grands singes, les dauphins ou encore les éléphants sont capables d'une certaine identification d'eux-mêmes et, en conséquence, réussissent le test du miroir. Des espèces inattendues, tels les perroquets et les pies, semblent également réussir le test du miroir sans qu'on puisse dans leur cas parler rigoureusement de conscience de soi.

FIGURE II.3.1 – Setting de la présentation publique *Here is where I differ with Herzog. Robots et conscience artificielle* le 31 mars 2023 au studio LaNef à Montpellier.

II.3.3 Présentation publique

Le 31 mars 2023, au studio La Nef à Montpellier nous avons eu l'opportunité de présenter un travail publique avec le robot HRP-4. Entre communication scientifique et proposition artistique, notre idée à été de confronter ce format experimental devant les spectateurs afin d'avoir leurs impréssions. Pensée comme une conference performative d'une durée de 40minutes, nous avons alterné entre des moments explicatifs et des moments performatifs. Sur scéne trois humains (Arnaud Tanguy comme ingénieur de récherche du robot hRP4, Maxime Aleves pour la création sonore et moi-même en tant que performeuse) plus le robot HRP4. En dehors de la scène, Thomas Guillot et tant que collaborateur artistique. Le projet a vue le jour grace au soutien de la cooperative artistique La Nef et du LIRMM, à Montpellier. Il synthetise mes observations quant aux intéractions performeur-robot humanoide, ainsi que mes hypothéses de recherche quant au potentiel scénique des robots, leur créativité et leur *conscience artificielle*.

II.3.3.1 Dramaturgie

What is dance ? they asked. If an elephant swings its trunk, is it dance ? If a person walks across the stage, is that dance ? [3] Le théme de la performance a été une mise en abyme de mon processus de récherche-création en paralelle avec le documentaire *Grizzly Man* (2005) de Werner Herzog. Rapprocher la figure du robot à celle du vampire et de l'ours sauvage m'a aidé à clarifier le statut que le robot a, à l'intérieur de mon oeuvre. Par ce biais, j'ai pu approfondir mes intuitions quant au potentiel scénique des robots et leur *créativité*. J'ai aussi pu parler ouvertement des peurs et incertitudes quant à mes ambitions de traiter du sujet de *conscience artificielle*. Au contrepoids, j'ai misé sur le réalisme éxcentrique des oeuvres de Herzog- un ariste visionnaire qui a passé des années à pursuivre des projets lufoques, avant de les réaliser. Dans son journal[0], Herzog évoque les difficultés qu'il a rencontré pour réalsier le film *Fitzcarraldo* (1982) où il tourne en plein milieu de la fôret péruvienne. L'historie suit les aventures de

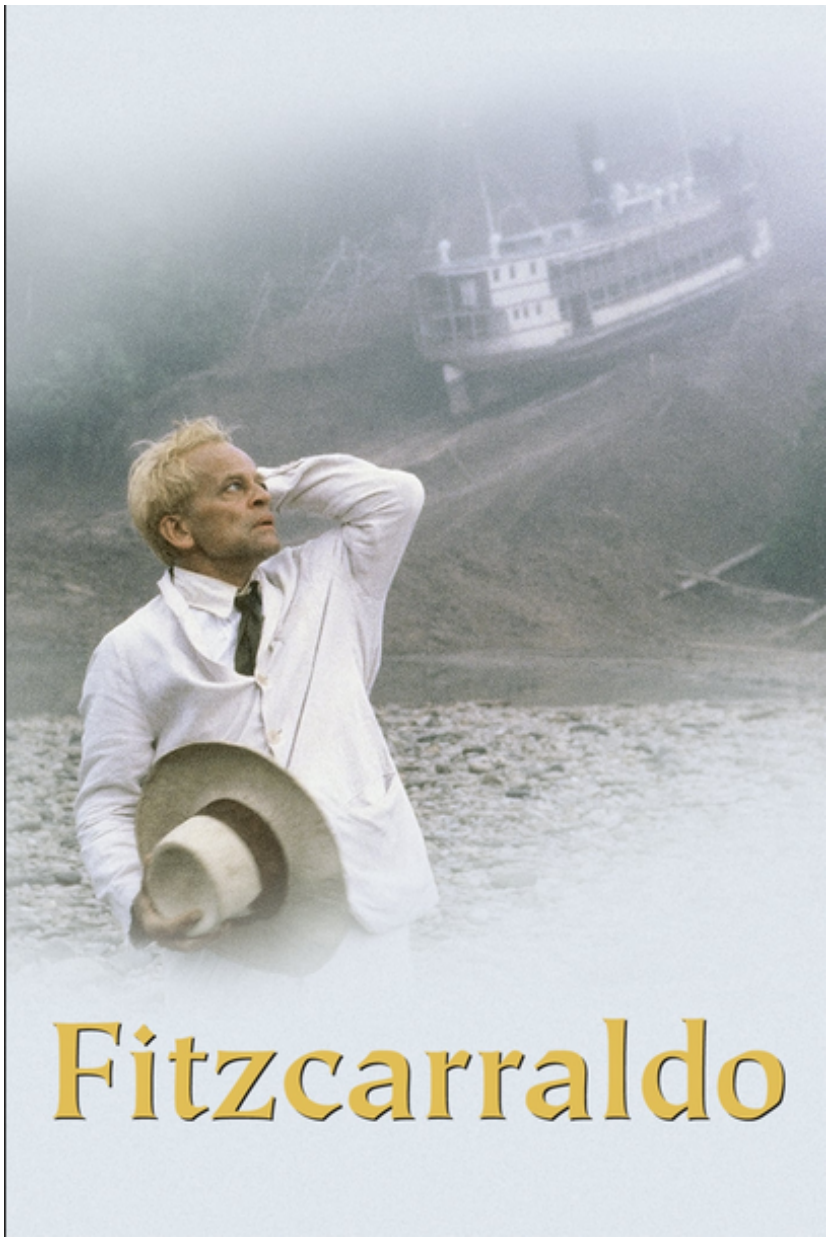


FIGURE II.3.2 – Poster du film *Fizzcaraldo*. Source : https ://www.themoviedb.org/movie/9343-fitzcarraldo.

Fizzcaraldo, qui veut constrire une opèra dans la jungle pour inviter le ténor Enrico Caruso et Sarah Bernhardt. Lorsqu'un de ses plans initaux écouhent à cause de la méteo, il décide de déboiser un passage à travers la jungle puis faire tirer le bateau sur une montagne par des indigénes, pour countourner les rapides et poursuivre son voyage.

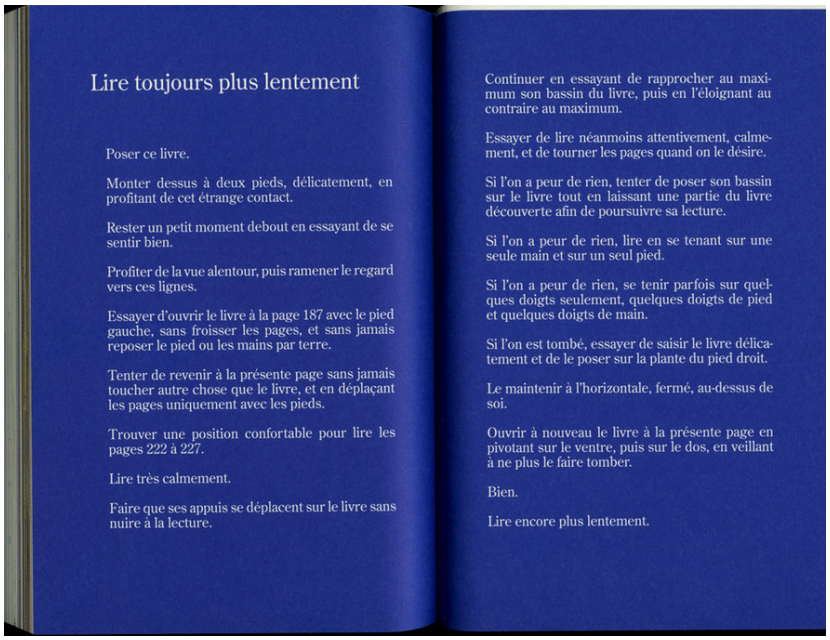
> "A vision had seized hold of me, like the demented fury of a hound that has sunk its teeth into the leg of a deer carcass and is shaking and tugging at the downed game so frantically that the hunter gives up trying to calm him. It was the vision of a large steamship scaling a hill under its own steam, working its way up a steep slope in the jungle, while above this natural landscape, which shatters the weak and the strong with equal ferocity, soars the voice of Caruso, silencing all the pain and all the voices of the primeval forest and drowning out all birdsong. To be more precise : bird cries, for in

> this setting, left unfinished and abandoned by God in wrath, the birds do not sing ; they shriek in pain, and confused trees tangle with one another like battling Titans, from horizon to horizon, in a steaming creation still being formed. Fog-panting and exhausted they stand in this unreal misery - and I, like a stanza in a poem written in an unknown foreign tongue, am shaken to the core."[0] Werner Herzog, *Conquest of the Useless : Reflections from the Making of Fitzcarraldo*

Au-délà de Fitzcarraldo, qui est un de mes films preferés, le rapport à son propre travail de Herzog a toujours été une source d'inspiration pour moi. Son humilité et son ambition ont quelque chose de primitif, qui nous contrarie. Il se désigne plutot témoin que créateur, en train d'articuler les rêves qui peuplent notre époque. Pour lui, chaque humain asipre au fond de lui aux mêmes idéaux,à les mêmes angoisses, parfois sans le savoir, et le travail d'un artiste est de mettre en place les conditions pour que cela se produisse. Avec d'autre mots, il cherche à utiliser le particulier et l'intime pour parler de l'unniversel.

A mon tour, j'ai essaié d'appliquer ces principes, laisser le corps s'éxprimer au travers la danse, plutot que le faire danser. J'ai passer du temps à cultiver mes senses, pour une écoue du corps qui m'aide à mieux renouer avec l'environement, avec les autres. Cela veut dire me sentir plus encrée dans le paysage. Lorsque les robots ont envahi ce monde, il y a eu une distruption. Leur alterité, tout ce qu'il y a de non-dit et caché dans une rélation avec eux et dans ce qu'ils répresentent, ont fortement perturbé cette liberté. A tel point que j'ai commencé à les envisager comme des êtres à part éntiere. Bien qu'ils sont inanimés, leur fonctinement est tiré des lois biologiques, ils simulent l'autonomie, l'intelligence et même l'émotion. C'est ainsi qu'est né mon besoin d'un regard déconstruit sur eux. Arreter de penser à leur place, de danser à leur place pour se demander si cela est juste ou pas. J'ai voulu les connaitre, sans que cela soit trés clair ce qu'ils réprésentent pour notre societé. Ni quelle est la méilleure façon de le faire. Mon experience de laboratoire est ensuite devenue une experience anthropologique, qui m'a permis de rencontrer une autre culture- celle des robots et roboticiens.

Pour completer cette piste dramaturgique, je me suis inspirée des passages d'un autre film de Herzog *Grizzly Man* (2005), dont quelques élements se rapprochent de *Fitzcarraldo*. Comme il s'agit d'un documentaire, le projet a été réalisé à partir des prises de vue de sénsibilisation près des ours grizzly, filmés par Timothy Treadwell dans le Katmai National Park en Alaska. L'été 2003 cellui-ci et sa copine sont retrouvés morts, attaqués par un ours qu'ils suivaient depuis quelques jours. En s'appuiant sur le materiel de Treadwell, Herzog peint sa personnalité et les raisons complexes qui l'ont poussé à se mettre en danger pour mieux comprendre les ours grizzly. J'ai pu rémarquer une analyse trés fine entre ce qu'il y a la compréhension d'une espece, par une autre. Si l'heros du film passe son temps à vouloir dévenir ours, nous ne savons pas comment voient cela les ours mêmes. A mon échelle, j'ai passé deux ans parmi des robots et roboticiens pour vouloir mieux les comprendre. Auparavant j'ai mentionné[123] qui réliait danse, marionettes et ours. Je trouve son analogie intéréssante pour etré appliquée également aux robots. Un robot peut-être similaire à un ours par sa force et son poids, aussi par le fait qu'il passe beaucoup de temps en état de hibernation ou d'inactivité. Jadis dans les pays d'est, les ours étaient utilisés pour entretenir la foule, avec des dresseurs qui les enseignait des acorbaties rudimentaires où ils imitaient les humains. Le plus un numéro de foire réussi, le plus l'ours était aimé par les humains. *La valée de l'étrange* de Mori va à l'encontre de cette téndance pour les robots, car plus



Lire toujours plus lentement

Poser ce livre.

Monter dessus à deux pieds, délicatement, en profitant de cet étrange contact.

Rester un petit moment debout en essayant de se sentir bien.

Profiter de la vue alentour, puis ramener le regard vers ces lignes.

Essayer d'ouvrir le livre à la page 187 avec le pied gauche, sans froisser les pages, et sans jamais reposer le pied ou les mains par terre.

Tenter de revenir à la présente page sans jamais toucher autre chose que le livre, et en déplaçant les pages uniquement avec les pieds.

Trouver une position confortable pour lire les pages 222 à 227.

Lire très calmement.

Faire que ses appuis se déplacent sur le livre sans nuire à la lecture.

Continuer en essayant de rapprocher au maximum son bassin du livre, puis en l'éloignant au contraire au maximum.

Essayer de lire néanmoins attentivement, calmement, et de tourner les pages quand on le désire.

Si l'on a peur de rien, tenter de poser son bassin sur le livre tout en laissant une partie du livre découverte afin de poursuivre sa lecture.

Si l'on a peur de rien, lire en se tenant sur une seule main et sur un seul pied.

Si l'on a peur de rien, se tenir parfois sur quelques doigts seulement, quelques doigts de pied et quelques doigts de main.

Si l'on est tombé, essayer de saisir le livre délicatement et de le poser sur la plante du pied droit.

Le maintenir à l'horizontale, fermé, au-dessus de soi.

Ouvrir à nouveau le livre à la présente page en pivotant sur le ventre, puis sur le dos, en veillant à ne plus le faire tomber.

Bien.

Lire encore plus lentement.

FIGURE II.3.3 – Extrait du livre *Je suis une école* de B. Charmatz. Source : http ://www.jslb.fr

qu'un robot est proche d'un humain, plus qu'il provoque un sentiment de malaissance. Le pari de mes experiences a été qu'autant qu'ils ne connaissent pas les limites d'une machine, les humains projettent leurs plus folles idées dessous. Prennons l'exemple du joueur d'échec de Wolfgang von Kempelen mentionné dans le capitre 1.3.3 de la prémiere partie. Sans savoir la verité, les spectateurs l'ont considére une prouesse technologique. Avec l'avénement de l'informatique, dans l'écuation humain-animal-artefact, le cadre d'autre fois est encore plus transgressé. Pour quelq'un avec peu de connaissances en informatique, même en voyant les algorithmes à la base de son programme, le résultat reste opaque. La machine parait omnipotenté car elle dépasse les capacités humaines de compréhension.

Paquin emprunte la notion de *chiasme* à la phénoménologie de Merleau-Ponty, pour désigner un point "d'entrecroisement et de réversibilité"[0] entre recherche et création.

Concernant l'enchainement des mouvements, Dans *Le Visible et l'Invisible*, Merleau-Ponty introduit le concept de *chiasme*[0]. A la base ce terme d'origne greque signifie *entrecroiser une pièce de bois en croix, car la forme de la lettre grecque chi est un x*. Dans un contexte réligieux ou poétique, il répresente une figure de style rhétorique dans laquelle les éléments sont inversés ou répétés selon un modèle inversé (par exemple dans l'Évangile selon Luc : *Celui qui s'élève sera abaissé, celui qui s'abaisse sera élevé*). Il peut également faire référence à un nerf de l'œil qui traverse le côté opposé du cerveau. Pour Ponty il désigne le chevauchement qui produit une expérience unifiée (par exemple, la combinaison des deux yeux pour produire une vision unique).

Ecrit sous la forme d'un journal[0], B. Charmatz, danseur et chorégraphe, décrit les fondements du dispositif de recherche et de création pédagogique qu'il a mis en place sous le nom de Bocal. Il expose les outils et exercices élaborés au sein d'un goupe de 15 personnes. L'ensemble constitue une réflexion sur les ressorts politiques de toute expérimentation pédagogique radicale.

Sur la méthodo http ://lcpaquin.com/

C'est dans des moments d'ouverture que se produit un phénomène que Carl Jung nomme *synchronicité*, soit l'occurrence simultanée d'au moins deux événements qui ne présentent pas de lien de causalité, mais dont l'association prend un sens pour la

personne qui les perçoit : *La synchronicité signifie donc d'abord la simultanéité d'un certain état psychique avec un ou plusieurs événements parallèles signifiants par rapport à l'état subjectif du moment, et – éventuellement – vice-versa.* (Jung, C., 1981, p. 2) Malgré le caractère parapsychologique qui entoure ce concept, n'en reste pas moins que lorsqu'on porte intensément un projet de recherche ou de création, nous faisons la rencontre de toutes sortes de phénomènes apparentés à notre projet, et ce, bien qu'ils soient tout à fait fortuits, c'est-à-dire sans aucun lien causal avec celui-ci, ce que Jung appelle des *coïncidences acausales.* Ces rencontres dues au hasard et à notre ouverture ou à notre disponibilité sont précieuses, car elles viennent souvent enrichir notre projet [136] mais des connaissances qui pourraient être qualifiées de processuelles glanage comme prise de notes

Influence de Robert Rauschenberg, artiste du Pop Art et ami de Cunningham *Je ne fais ni de l'Art pour l'Art, ni de l'Art contre l'Art. Je suis pour l'Art, mais pour l'art qui n'a rien à voir avec l'Art, car l'Art a tout à voir avec la vie.*

> C'est la danse qui rend claire la conscience du moment présent, partagé à la fois par le danseur et le spectateur. Le corps est l'événement et cet événement n'existe qu'une fois (...). Il est frustrant que l'art du peintre ou du sculpteur ne puisse jamais approcher ce présent toujours changeant, ne dise jamais rien de cette vie du corps indépendant de l'art...

La position de Rauschenberg dans l'histoire de la danse et de la performance peut être attribuée, en partie, à ses relations avec les chorégraphes pionniers Merce Cunningham et Trisha Brown. Ses collaborations avec Cunningham ont commencé avec leur implication dans la pièce de théâtre n°1 du compositeur John Cage en 1952 au Black Mountain College en Caroline du Nord. (Cage était également un collaborateur de longue date de Rauschenberg et Cunningham.) Rauschenberg a ensuite rejoint la Merce Cunningham Dance Company en 1954, concevant des décors et des costumes pour les spectacles de Cunningham pour les années à venir. Mais l'artiste a aussi participé à un mouvement chorégraphique d'avant-garde extrêmement radical et subversif, aux côtés de danseurs et d'artistes plus jeunes que lui : le Judson Dance Theater. Dans le cadre de ce collectif, il a apporté son aide pour créer les éclairages des spectacles et il a souvent pris en charge la régie. Puis, il se lance lui-même dans la chorégraphie avec la pièce Pelican en 1963, dans le cadre d'un spectacle du Judson Dance Theater à Washington, organisé sur une piste de patins à roulettes. Deux danseurs (dont Rauschenberg lui-même), réalisent une chorégraphie sur patins à roulettes avec une ballerine, dansée par Carolyn Brown, la danseuse fétiche de Cunningham. Parmi les performances exécutées ensemble par Brown et Rauschenberg figurent Glacial Decoy (1979), Set and Reset (1983) et If you could't see me (1994), dans lesquelles Brown se détournait du public tout au long de son solo. Malgré ses collaborations prolifiques en danse, se souvient Rauschenberg, ce n'est que lorsqu'il fut *accidentellement* répertorié comme chorégraphe dans les annonces de presse pour le concert de danse numéro cinq du Judson Dance Theatre le 9 mai 1963, à Washington, D.C., qu'il chorégraphier sa première performance, Pelican. Rauschenberg et l'artiste Per Olof Ultvedt se sont produits sur des patins à roulettes, la danseuse de Cunningham Carolyn Brown s'est produite sur pointes, et tous étaient vêtus de survêtements gris. Rauschenberg et Ultvedt portaient en outre des parachutes modifiés attachés à leur dos, qui fonctionnaient comme un décor, formant un environnement architectural tout en soulignant simultanément les mouvements des deux patineurs. Rauschenberg, qui a appris à patiner pour le spectacle, a raconté : *Comme je ne savais pas grand-chose sur la danse, j'ai utilisé les patins à roulettes pour me libérer de toute sorte d'inhibitions que j'aurais.* Entre 1963 et 1967, Rauschenberg a

FIGURE II.3.4 – Lucinda Childs et Robert Rauschenberg avec des tortues dans Spring Training de Rauschenberg (1965) au ONCE Again Festival, parking de la rue Maynard, Université du Michigan, 1965. Source : https ://www.rauschenbergfoundation.org.

chorégraphié treize œuvres, culminant avec Urban Round (1967). (Ce numéro indique tous les spectacles de danse formellement chorégraphiés par Rauschenberg, y compris des œuvres telles que Tango [1964] et N.Y. 172619 [1965].) Plusieurs danses de Rauschenberg comportaient des objets du quotidien composés d'accessoires, de décors ou de costumes, qui limitaient et définissaient souvent les mouvements. des interprètes. Dans la première de Linoléum (1966), par exemple, les actions des danseurs étaient largement déterminées par un assortiment inattendu d'objets : Simone Forti, vêtue d'une robe de mariée antique et tenant sur ses genoux un pot de spaghettis cuits, était assise sur une chaise. au sommet d'une plate-forme mobile déplacée par Deborah Hay ; Steve Paxton gisait dans un poulailler rempli de poulets vivants alors qu'il mangeait du poulet frit, utilisant périodiquement ses bras pour manœuvrer sur la scène ; Alex Hay se tenait les jambes plantées dans un cadre de lit en fil de fer ouvert, luttant pour bouger, et sa tête et le haut de son torse étaient recouverts d'une coque en papier mâché. D'une manière tout aussi absurde, Spring Training (1965) mettait en scène Rauschenberg sur des échasses, naviguant de manière précaire avec des tortues qui erraient sur scène avec des lampes de poche attachées au dos (dont l'une est devenue l'animal de compagnie de Rauschenberg, Rocky). Parmi les performances exécutées ensemble par Brown et Rauschenberg figurent Glacial Decoy (1979), Set and Reset (1983) et If you could't see me (1994), dans lesquelles Brown se détournait du public tout au long de son solo.

La performance de Rauschenberg, *Open Score*, a été conçue pour l'ouverture des séries E.A.T. au 69th Regiment Armory à New York le 14 octobre 1966. Elle commence par un match de tennis, dont la raquette est dotée d'un émetteur FM en miniature et un micorphone de contact. Chaque fois que le peintre Frank Stella frappait la balle, les vibrations des cordes de la raquette étaient transmises aux haut-parleurs puis l'une des 48 lumières illuminant l'arène s'éteignait. Lorsque le dernier spot de lumière s'éteint, les cinq cents spectateurs desdencent dans l'obscurité sur la scéne où leurs silhouettes sont enregistrés à l'aide des capteurs infrarouge puis projetées sur trois grands écrans qui entourent le terrain.

loin des experimentations technologiques des humanités numériques[**citton**]

Pour définir un geste, je m'appuie sur les observations d'Yves Citton[0] qui traite des gestes présents dans les expériences esthétiques pour voir comment elles peuvent influencer notre comportement.

II.3.3.2 Shaking, halprin and cie

Sur Halprin, la prise de conscience au niveau phyisique, émotionnel et méntal. Exercice recyclé. *En quoi notre recherche apporte-t-elle quelque chose de nouveau ou de différent du phénomène ou de la situation étudiée par rapport à ce qui en est connu ?*[136]

> La pertinence d'une recherche-création doit, elle, dans tous les cas être établie sur le plan personnel (ses intentions, sa quête, etc.) et sur le plan communicationnel ou artistique, selon la discipline.

Question de recherche céntrale :

Problemes qu'il est difficile d'hierarchiser Question ouvertes Tous les mots employés et tous les éléments auxquels la question renvoie doivent avoir été préalablement présentés. Les questions de recherche exploratoires Qu'est-ce que... ? Comment ... ? Quels sont les... ? En quoi... ? Qu'est-ce qui... ? les questions de vérification commencent par les mots interrogatifs suivants : Est-ce que... ? Si... alors...

Communication La vision interactionniste ou constitutive de la communication provient de l'École de Palo Alto [31], selon laquelle *on ne communique pas, mais on participe à la communication.* Dans ce sens, Paquin mentionne la théorie cybernétique de matémathicien et philosophe Norbert Wiener (1894-1964) pour qui *tout processus communicationnel est pensé comme un processus circulaire continu.*

> "La production du sens n'est plus appréhendée comme reposant uniquement sur la maîtrise d'un code, mais comme un phénomène global, dont on peut distinguer différents niveaux : l'interaction en tant que telle, le contexte où l'interaction advient et qui l'influence, autant qu'elle influence celui-ci en retour, et la situation dans laquelle et à partir de laquelle l'interaction se déroule."

Le contexte se distingue d'une situation en tant que celle-ci, bien qu'elle soit concrète, est perçue de façon subjective par les acteurs et influence l'interaction.

> "La pertinence artistique d'un projet de création est plus délicate, dans la mesure où celle-ci doit être établie et argumentée en rapport au courant, au mouvement, au genre, dans lequel celui-ci s'inscrit. Chacun d'entre eux comporte ses présupposés qui dictent ce que devrait être une création réussie, et desquels sont tirées des règles et des injonctions quant à l'esthétique, à la symbolisation, à la forme et à la matérialisation, de même que, dans une mesure moindre, aux thématiques traitées. La situation est d'autant plus compliquée que les différentes avant-gardes ainsi que le courant post-moderne n'ont eu de cesse de dévaloriser les mouvements précédents ou concurrents, de façon à imposer leur propre vision de l'art, ou encore leur propre critique de l'art."

Paquin evoque également l'activité autotélique de l'art, terme emprunté au philosophe J. M. Baldwin (1861-1934) et signifie littéralement, *sans autre but que lui-même, l'art qui se suffit à lui-même.*

31. mouvement apparu dans les années '50 à Palo Alto, en Californie et coordonné par l'anthropologue Gregory Bateson ; qui a influencé la cybernétique et la théorie des systèmes

Dans la collection des écrits d'Allan Kaprow, souvent considéré comme l'inventeur du happening, Essays on the Blurring of Art and Life(1993), le *artlike life* et *le lifelike art* sont définis. Cette posture largement répandue au 20e siècle visait à abolir la séparation entre l'art et la société, entre l'art et tout le reste, à démocratiser l'art, à le désinstitutionnaliser, à déconstruire ce qui le définissait par la transgression de ses frontières, en l'amenant dans la rue, dans les endroits publics, en œuvrant à partir de matières ordinaires, voire à partir d'ordures, en faisant entre autres expériences de l'art invisible, de l'art laid, grossier ou répugnant. Harold Rosenberg (1972/1992), dans[0], constate que *la nature de l'art est devenue incertaine. Ou du moins, elle est ambigue* ; il ajoute que *nul ne peut dire avec certitude ce qu'est une œuvre d'art – ou plus important, ce que n'est pas une œuvre d'art.* En conséquence, *l'art doit se soumettre à une recherche continue de lui-même*, ce qu'il nomme la *dé-définition.* Cette notion renvoie à la perte des qualités que l'essentialisme de la philosophie classique ainsi que la théorie traditionnelle des beaux-arts lui conféraient. Une telle déperdition fait de l'œuvre d'art un *objet anxieux*(1972/1992, p. 27) et, ainsi, *l'attitude de contemplation et d'appréciation esthétique cède devant l'incompréhension désolée, ou l'incapacité à cerner ce qu'il y aurait à évaluer comme art ou même objet sensible* (Massin, 2012, p. 13).

Lors de cette présentation publique, j'ai pu partager mes notes et observations quant à un type d'echauffement particulier, que j'ai déjà mentionné dans le capitre 1.1.2. Le shaking a été un outil d'apprentissage de la danse, une façon de lâcher-prise pour se reconnecter aux sensations et à l'instant présent.

J'ai eu besoin d'intégrer ce moment pratique en plein milieu de la présentation car cela m'a aidé mieux préparer mon attention pour la suite, lors de la danse avec HRP4. Avec le temps, le shaking est dévenu ma manière de retrouver une non-hiérarchisation des parties du corps mises en jeu dans la danse. De façon concrete, executer un mouvement et vivre dans le meme temps une désorientation face à ce mouvement signifie pour moi, à ce jour, avoir une conscience du mouvement.

> "It is instructive to reflect on the way in which earth-based biological evolution spent its time. Single cell entities arose out of the primordial soup roughly 3.5 billion years ago. A billion years passed before photosynthetic plants appeared. After almost another billion and a half years, around 550 million years ago, the first fish and vertebrates arrived, and then insects 450 million years ago. Then things started moving fast. Reptiles arrived 370 million years ago, followed by dinosaurs at 330 and mammals at 250 million years ago. The first primates appeared 120 million years ago and the immediate predecessors to the great apes a mere 18 million years ago. Man arrived in roughly his present form 2.5 million years ago. He invented agriculture a mere 19000 years ago, writing less than 5000 years ago and *expert* knowledge only over the last few hundred years. This suggests that problem solving behavior, language, expert knowledge and application, and reason, are all rather simple once the essence of being and reacting are available. That essence is the ability to move around in a dynamic environment, sensing the surroundings to a degree sufficient to achieve the necessary maintenance of life and reproduction."

[0] Le livre[4] traite du sujet des origines de la conscience. Pour mieux définir la consicience et ses proprietés, Stanislas Dehaene s'intérroge sur ce qui distingue notre espèce par rapport aux autres. Parmi les critiéres qu'il étudie lors de ses éxperiences scientifiques, il méntionne le langage articulé et la plasticité de notre cerveau qui peut se

FIGURE II.3.5 – Moments d'échauffement en shaking lors de la présentation publique *Here is where I differ with Herzog. Robots et conscience artificielle* le 31 mars 2023.

modifier grâce à l'éducation. Avant de traiter la question des machines, il fait une paralelle avec les especes animales qui, selon ses recherches, font preuve des formes de conscience à differentes degrés. Pour lui, nous partagions la plupart, des processeurs cérébraux avec d'autres espèces animales. Cependant le cerveau humain reste unique dans sa capacité d'acceder et combiner des processus internes pour produire de la pensée. Pour cela, Dehaene évoque une coordination entre les processus sénsoirelles et le cortex, qui est à la base de l'apprentissance. Cette coordiantion s'appelle appellé *inférence statistique* :

> "Or l'inférence statistique, dans un réseau de neurones, exige un échange bidirectionnel d'informations : les aires sensorielles envoient les données qu'elles reçoivent vers le haut de la hiérarchie corticale, et les aires supérieures, en retour, leur répondent avec des prédictions qui tentent d'anticiper sur la suite. Tous ces échanges participent d'un algorithme d'apprentissage qui vise à expliquer, le mieux possible, les informations reçues par les organes des sens. L'apprentissage ne cesse que lorsque les représentations mentales de haut niveau sont si précises qu'elles rendent compte de tous les détails des entrées sensorielles. À ce stade, le *signal d'erreur*, c'est-à-dire la différence entre ce que le cerveau prédit et ce qu'il reçoit, devient négligeable. En conséquence, toute surprise disparaît. Le signal d'entrée perd son intérêt et ne déclenche plus d'apprentissage."

Pour ce qu'il y a des machines conscientes, Déhaene décrit, dans le dérnier chapitre de son livre[4], ses caractéristiques. Ainsi il souligne l'importance des programmes spécialisés qui tournent en parallèle, proche des applications des téléphones portables-*véritables systèmes de reconnaissance des visages, de détection du mouvement, de cartographie spatiale, de production et de compréhension de la parole ou de commande motrice entre autres.* De plus, ces programmes dévraient avoir accés à des autres programmes intérnes, sorte de *d'introspection ou de méta-connaissance de soi du systéme.* Ils dévraient également savoir détecter et corrigéer leurs propres erreurs. Auparavant Dehaene identifie les trois caractéristiques eséntielles de la conscience, à modéliser dans les machines : la communication flexible, la plasticité et l'autonomie. Il trace en paralelle la liste des paradoxes concernant le conscience, en faisant reference à Ned Block ou A David Chalmers que j'ai cité dans le chapitre 1.2.2 et leur probléme de modélisatin de qualia. En contrepoids il présite les théories du sir Roger Penrose quant à l'influence de la mécanique quatique sur les sciences cognitives. Pour clarifier ces aspects, Dehaene introduit le concept de *libre arbitre* où il lui donne une nouvelle définition. Selon lui, ce concept émerge des décisions conscientes conditionnés par notre structure physhcico-culturelle inconsciente : *ce qui compte pour qu'une décision soit libre, c'est l'autonomie de la délibération.*

II.3.3.3 Discussion

Conclusion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed eget erat tortor. Mauris iaculis congue nibh ac sollicitudin. Aliquam aliquam velit eu aliquet tincidunt. Vestibulum lacus ipsum, feugiat at feugiat id, auctor quis nisl. Maecenas ultricies sagittis convallis. Curabitur at velit ut odio condimentum fringilla. Ut consequat eget arcu vitae pharetra. Pellentesque quam quam, luctus at ipsum non, accumsan ultrices ipsum.

Integer dictum, leo et ornare viverra, enim massa tristique est, aliquam porta odio arcu non lectus. Maecenas posuere, ante sed congue blandit, nisi quam aliquet enim, in vehicula eros metus vitae quam. Nam lacinia malesuada lorem, at mattis risus mattis interdum. Nullam ac sapien nec quam ultrices dictum vitae eu erat. Curabitur a leo a lorem mollis volutpat. Duis volutpat porta nulla in convallis. Mauris sed accumsan nisl, ac efficitur nisl.

Conclusion de la partie II

> "La problématique de la recherche-création se construit par raffinement successif, dans un aller-retour entre le désir consigné dans l'énoncé de projet produit précédemment à partir d'une amorce et le résultat de recherches. Cet aller-retour cherche autant à compléter le double cadrage entrepris précédemment (cf.) – celui par rapport à la sphère conceptuelle, qui permet de donner du sens, et celui par rapport à un corpus d'œuvres apparentées, qui permet de déterminer la pertinence communicationnelle ou artistique – qu'à résoudre les incertitudes quant à la technique, aux matériaux et aux autres aspects pratiques touchés par la réalisation du projet. La problématique de recherche-création se construit aussi par des aller-retour entre ce travail de conceptualisation et sa mise à l'épreuve en atelier, qui en constitue l'ultime validation, à l'image de la problématique de recherche, qui nécessite une validation dans une préenquête sur le terrain. En effet, une problématique peut être tout à fait réussie sur les plans formel et du respect des règles et de la construction mentale et s'avérer tout à fait inadéquate ou inopérante pour le faire œuvre, qui constitue la principale finalité de la thèse." [136]

> "Déléguer de la conscience aux machines, signifie faire de la conscience une propriété objective, une propriété physique. Chercher cela parce que nous autres, membres tard-venus d'une civilisation occidentale qui déclare avoir vaincu ses origines mythiques, pensons vivre dans un monde fait uniquement d'objets physiques. À partir de là, tout ce qui paraît non physique ne peut être qu'une propriété ou un sous- produit de quelque objet physique. Mais au nom de quoi pense-t-on cela ? Au nom d'une hypostase tacite des objets de la connaissance scientifique et de la manipulation technologique." [86]

Au délà de leur message artistique, ces performances aident à comprendre l'impact de la technologie numérique sur les interactions sociales. Selon Kozel, nous découvrons les autres à travers des systèmes informatiques interactifs.

La puissance de calcul que permet un réseau de 16 milliards de neurones corticaux dépasse notre imagination actuelle. Ce réseau fluctue sans cesse d'une façon partiellement autonome, créant ainsi un monde interne de représentations subjectives. Même lorsqu'il est confronté à des entrées sensorielles strictement identiques, il ne réagit pas de la même manière en fonction de son humeur, de ses buts et de ses souvenirs. Le code neural varie également d'un cerveau à l'autre. Bien que nous partagions tous le même attirail de neurones codant pour la couleur, la forme ou le mouvement, les détails de leur organisation résultent d'un long développement qui sculpte différemment chacun de nos cerveaux, en amplifiant ou en éliminant certaines de nos synapses.[4]

> "Consciousness emerges from the mastery of sensorimotor knowledge resulting from the interaction between agent and environment, with the view

that the living body's homeostatic regulation is crucial to self and consciousness."

[0]

Conclusion Générale

Conclusion chapitre 1

Ouverture

Une citation

Qu'est que c'est?. C'est une phrase français avant le lorem ipsum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Bibliographie

Livres

[1] Abraham, Anna. *The neuroscience of creativity.* Cambridge University Press, 2018.

[2] Aiken, Nancy E. *The biological origins of art.* Praeger Publishers/Greenwood Publishing Group, 1998.

[3] Bogart, Anne, Landau, Tina. *The viewpoints book : A practical guide to viewpoints and composition.* Theatre Communications Group, 2004.

[0] Charmatz, Boris. *«Je suis une école» : expérimentation, art, pédagogie.* Les Prairies ordinaires, 2009.

[4] Dehaene, Stanislas. *Le Code de la conscience.* Odile Jacob, 2014.

[5] Devillers, Laurence. *Des robots et des hommes.* Plon, 2017.

[6] Gallagher, Shaun. *Embodied and Enactive Approaches to Cognition.* Cambridge University Press, 2023.

[7] Hartman, Kate. *Make : Wearable Electronics : Design, prototype, and wear your own interactive garments.* Maker Media, Inc., 2014.

[8] Kajita, Shuuji et al. *Introduction to humanoid robotics.* T. 101. Springer, 2014.

[9] Lapassade, Georges. *Les états modifiés de conscience.* FeniXX, 1986.

[10] Levine, Peter A. *In an unspoken voice : How the body releases trauma and restores goodness.* North Atlantic Books, 2010.

[0] Manning, Erin, Massumi, Brian. *Pensée en acte : vingt propositions pour la recherche-création.* Les Presses du réel, 2022.

[11] Mayor, Adrienne. *Gods and robots : Myths, machines, and ancient dreams of technology.* Princeton University Press, 2019.

[0] Merleau-Ponty, Maurice. *Le visible et l'invisible : suivi de notes de travail.* Gallimard, 1979.

[12] Oatis, Carol A. *Kinesiology the mechanics and pathomechanics of human movement.* Wolters Kluwer, 2009.

[13] Picard, Rosalind W. *Affective computing.* MIT press, 2000.

[0] Rosenberg, Harold. *The de-definition of art.* University of Chicago Press, 1983.

[14] Takeno, Junichi. *Creation of a conscious robot : Mirror image cognition and self-awareness.* CRC Press, 2012.

[15] Vartanian, Oshin, Bristol, Adam S, Kaufman, James C. *Neuroscience of creativity*. MIT Press, 2013.

[16] Von Braun, Joachim et al. *Robotics, AI, and Humanity : Science, Ethics, and Policy*. Springer Nature, 2021.

Articles

[17] .

[18] .

[19] .

[20] .

[21] .

[22] .

[23] .

[24] .

[25] .

[26] .

[27] .

[28] .

[29] .

[30] .

[31] .

[32] .

[33] .

[34] .

[35] .

[37] .

[38] .

[40] .

[41] .

[42] .

[43] .

[44] .

[45] .

[47] .

[48] .

[49] .

[50] .

[51] .
[52] .
[53] .
[54] .
[55] .
[56] .
[57] .
[58] .
[59] .
[60] .
[61] .
[62] .
[63] .
[64] .
[65] .
[66] .
[67] .
[68] .
[69] .
[70] .
[71] .
[72] .
[73] .
[74] .
[75] .
[76] .
[77] .
[78] .
[79] .
[80] .

[0] Asada, Minoru. « Towards artificial empathy : how can artificial empathy follow the developmental pathway of natural empathy ? » *International Journal of Social Robotics* 7 (2015), p. 19-33.

[82] Asada, Minoru et al. « Cognitive developmental robotics : A survey ». *Transactions on autonomous mental development* 1.1 (2009), p. 12-34.

[0] Aymerich-Franch, Laura et al. « Object touch by a humanoid robot avatar induces haptic sensation in the real hand ». *Journal of Computer-Mediated Communication* 22.4 (2017), p. 215-230.

[0] Aymerich-Franch, Laura et al. « The second me : Seeing the real body during humanoid robot embodiment produces an illusion of bi-location ». *Consciousness and cognition* 46 (2016), p. 99-109.

[83] Bailin, Sharon. « Creativity and Skill. » (1984).

[84] Benesch, Klaus. « Technology, Art, and the Cybernetic Body : The Cyborg as Cultural Other in Fritz Lang's" Metropolis" and Philip K. Dick's" Do Androids Dream of Electric Sheep ?" » *Amerikastudien/American Studies* (1999), p. 379-392.

[85] Bisig, Daniel. « Generative Dance-a Taxonomy and Survey ». Dans : *Proceedings of the 8th International Conference on Movement and Computing*. 2022, p. 1-10.

[86] Bitbol, M. « La conscience artificielle : une critique pensée et vécue ». *Chroniques Phénoménologiques* 10 (2018), p. 5-15.

[87] Bläsing, Bettina et al. « Neurocognitive control in dance perception and performance ». *Acta psychologica* 139.2 (2012), p. 300-308.

[0] Bolotnikova, Anastasia, Courtois, Sébastien, Kheddar, Abderrahmane. « Multi-contact planning on humans for physical assistance by humanoid ». *Robotics and Automation Letters* 5.1 (2019), p. 135-142.

[0] Bolotnikoval, Anastasia, Courtois, Sébastien, Kheddar, Abderrahmane. « Compliant robot motion regulated via proprioceptive sensor based contact observer ». Dans : *International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*. IEEE. 2018, p. 1-9.

[88] Breazeal, Cynthia, Brooks, Rodney. « Robot emotion : A functional perspective ». *Who needs emotions* (2005), p. 271-310.

[89] Breazeal, Cynthia et al. « Social robots : Beyond tools to partners ». Dans : *RO-MAN. International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*. IEEE. 2004, p. 551-556.

[90] Bresnahan, Aili. « Improvisation in the Arts ». *Philosophy Compass* 10.9 (2015), p. 573-582.

[91] Bret, Michel, Tramus, Marie-Hélène, Berthoz, Alain. « Creation no. 2. La Funambule virtuelle, Michel Bret, Marie-Hélène Tramus, Alain Berthoz ». *Hybrid. Revue des arts et médiations humaines* 2 (2015).

[92] Bret, Michel, Tramus, Marie-Hélène, Berthoz, Alain. « Interacting with an intelligent dancing figure : artistic experiments at the crossroads between art and cognitive science ». *Leonardo* 38.1 (2005), p. 46-53.

[0] Brooks, Rodney A. « Elephants don't play chess ». *Robotics and autonomous systems* 6.1-2 (1990), p. 3-15.

[93] Candau, Yves et al. « Cultivating kinaesthetic awareness through interaction : Perspectives from somatic practices and embodied cognition ». Dans : juin 2017, p. 1-8.

[94] Chalmers, David. « Facing Up to the Problem of Consciousness ». *Journal of Consciousness Studies* 2.3 (1995), p. 200-19.

[0] Chandrasekharan, Sanjay, Esfandiari, Babak. « Software Agents and Situatedness : Being Where ». Dans : *the Proceedings of the Eleventh mid-west conference on Artificial Intelligence and Cognitive Science*. 2000.

[95] Damiano, Luisa, Dumouchel, Paul Gerard. « Emotions in relation. Epistemological and ethical scaffolding for mixed human-robot social ecologies ». *HUMANA. MENTE Journal of Philosophical Studies* 13.37 (2020), p. 181-206.

[96] Dehaene, Stanislas, Lau, Hakwan, Kouider, Sid. « What is consciousness, and could machines have it ? » *Robotics, AI, and Humanity : Science, Ethics, and Policy* (2021), p. 43-56.

[97] Demers, Louis-Philippe. « Machine performers : Agents in a multiple ontological state » (2015).

[98] Demers, Louis-Philippe. « The multiple bodies of a machine performer ». *Robots and Art : Exploring an Unlikely Symbiosis* (2016), p. 273-306.

[99] Duffy, Brian R. « Anthropomorphism and the social robot ». *Robotics and autonomous systems* 42.3-4 (2003), p. 177-190.

[100] Evrard, Paul, Kheddar, Abderrahmane. « Homotopy switching model for dyad haptic interaction in physical collaborative tasks ». Dans : *World Haptics 2009-Third Joint EuroHaptics conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*. IEEE. 2009, p. 45-50.

[101] Gallagher, Shaun, Cole, Jonathan, McNeill, David. « Social cognition and primacy of movement revisited ». *Trends in Cognitive Sciences* 6.4 (2002), p. 155-156.

[102] Gaut, Berys. « The philosophy of creativity ». *Philosophy Compass* 5.12 (2010), p. 1034-1046.

[103] Gemeinboeck, Petra, Saunders, Rob. « Towards socializing non-anthropomorphic robots by harnessing dancers' kinesthetic awareness ». Dans : *International Workshop on Cultural Robotics*. Springer. 2016, p. 85-97.

[104] Godard, Hubert. « Le geste manquant ». *Revue Internationalle de Psychanalyse* 5 (1994), p. 63-75.

[105] Gray, Martin Paul. « Cave art and the evolution of the human mind » (2010).

[106] Gunn, Wendy. « Learning as understanding in practice : Exploring interrelations between perception, creativity and skill ». *Sensuous Knowledge : Creating a Tradition, Solstrand, Norway* (2004), p. 26-28.

[107] Haikonen, Pentti OA. « On artificial intelligence and consciousness ». *Journal of Artificial Intelligence and Consciousness* 7.01 (2020), p. 73-82.

[108] Haraway, Donna. « "A Cyborg Manifesto"(1985) ». *Cultural theory : An anthology* (2010), p. 454.

[0] Herzog, Werner. « Conquest of the Useless ». Dans : Ecco. 2009.

[109] Hoffman, Guy. « Embodied cognition for autonomous interactive robots ». *Topics in cognitive science* 4.4 (2012), p. 759-772.

[110] Hoffman, Guy. « On stage : robots as performers ». Dans : *Workshop on Human-Robot Interaction : Perspectives and Contributions to Robotics from the Human Sciences*. T. 1. 2011, p. 21.

[111] Hoffman, Guy. « The Social Uncanniness of Robotic Companions. » Dans : *Robophilosophy*. 2020, p. 535-539.

[112] Hoffmann, Matej. « Body models in humans, animals, and robots : mechanisms and plasticity ». *Body Schema and Body Image : New Directions* (2021), p. 152.

[113] Hsueh, Stacy, Alaoui, Sarah Fdili, Mackay, Wendy E. « Understanding kinaesthetic creativity in dance ». Dans : *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2019, p. 1-12.

[114] Hwang, Jihong, Park, Taezoon, Hwang, Wonil. « The effects of overall robot shape on the emotions invoked in users and the perceived personalities of robot ». *Applied ergonomics* 44.3 (2013), p. 459-471.

[115] Jay, Laurence. « Pratiques somatiques et écologie corporelle ». *Sociétés* 3 (2014), p. 103-115.

[116] Jochum, Elizabeth Ann, Putnam, Lance. « Computation as medium : agency and motion in interactive art ». *Akademisk Kvarter* 16 (2017), p. 9-21.

[117] Jochum, Elizabeth, Derks, Jeroen. « Tonight We Improvise ! Real-time tracking for human-robot improvisational dance ». Dans : *International Conference on Movement and Computing*. 2019, p. 1-11.

[0] Jochum, Elizabeth, Goldberg, Ken. « Cultivating the uncanny : The Telegarden and other oddities ». *Robots and Art : Exploring an Unlikely Symbiosis* (2016), p. 149-175.

[118] Jochum, Elizabeth et al. « Becoming Cyborg : Interdisciplinary approaches for exoskeleton research ». Dans : *Proceedings of EVA Copenhagen 2018 : Politics of the machines-Art and after (Electronic Workshops in Computing)*. BCS Learning et Development Ltd. 2018, p. 1-9.

[119] Johnson, Mark, Rohrer, Tim. « We are live creatures : Embodiment, American pragmatism, and the cognitive organism ». *Body, language, and mind* 1 (2007), p. 17-54.

[120] Kam, Julia WY et al. « Distinct electrophysiological signatures of task-unrelated and dynamic thoughts ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118.4 (2021), e2011796118.

[121] Kaplan, Frédéric. « Who is afraid of the humanoid ? Investigating cultural differences in the acceptance of robots ». *International journal of humanoid robotics* 1.03 (2004), p. 465-480.

[0] Kheddar, Abderrahmane et al. « Humanoid robots in aircraft manufacturing : The airbus use cases ». *Robotics & Automation Magazine* 26.4 (2019), p. 30-45.

[122] Kirsh, David. « Thinking with the body » (2010).

[123] Kozel, Susan. « Closer : performance, technologies, phenomenology » (2008).

[124] Lambert, Xavier. « Action, énaction : l'émergence de l'oeuvre d'art ». *Action, énaction* (2017), p. 1-264.

[125] Latour, Bruno. « How to talk about the body ? The normative dimension of science studies ». *Body and society* 10.2-3 (2004), p. 205-229.

[126] Liu, Sichao, Wang, Lihui, Gao, Robert X. « Cognitive neuroscience and robotics : Advancements and future research directions ». *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 85 (2024), p. 102610.

[127] Mellet, Emmanuel et al. « Neuroimaging supports the representational nature of the earliest human engravings ». *Royal Society Open Science* 6.7 (2019), p. 190086.

[128] Menary, Richard. « Introduction to the special issue on 4E cognition ». *Phenomenology and the Cognitive Sciences* 9 (2010), p. 459-463.

[129] Mithen, Steven J. « The prehistory of the mind : A search for the origins of art, religion and science » (1998).

[130] Mullis, Eric. « Dance, interactive Technology, and the device Paradigm ». *Dance Research Journal* 45.3 (2013), p. 111-123.

[0] NAKAOKA, Shin'ichiro et al. « Toward the use of humanoid robots as assemblies of content technologies-realization of a biped humanoid robot allowing content creators to produce various expressions ». *Synthesiology English edition* 4.2 (2011), p. 87-98.

[131] Nakaoka, Shin'ichiro, Kajita, Shuuji, Yokoi, Kazuhito. « Intuitive and flexible user interface for creating whole body motions of biped humanoid robots ». Dans : *Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE. 2010, p. 1675-1682.

[0] Nakaoka, Shin'ichiro et al. « Learning from observation paradigm : Leg task models for enabling a biped humanoid robot to imitate human dances ». *The International Journal of Robotics Research* 26.8 (2007), p. 829-844.

[132] Ndior, Valère. « Éthique et conscience des robots ». *Pouvoirs* 3 (2019), p. 59-69.

[133] Ng, Gee Wah, Leung, Wang Chi. « Strong artificial intelligence and consciousness ». *Journal of Artificial Intelligence and Consciousness* 7.01 (2020), p. 63-72.

[134] Nomura, Tatsuya et al. « Social acceptance of humanoid robots in Japan : A survey for development of the frankenstein syndorome questionnaire ». Dans : *International Conference on Humanoid Robots*. IEEE. 2012, p. 242-247.

[135] Noormohammadi-Asl, Ali et al. « Adapting to Human Preferences to Lead or Follow in Human-Robot Collaboration : A System Evaluation ». *arXiv preprint arXiv :2307.11192* (2023).

[0] Paolillo, Antonio et al. « Autonomous car driving by a humanoid robot ». *Journal of Field Robotics* 35.2 (2018), p. 169-186.

[136] Paquin, Louis-Claude. « Méthodologie de la recherche-création ». *Repéré à http ://lcpaquin. com/methoRC* (2014).

[0] Paquin, Louis-Claude, Béland, Marjolaine. « Dialogue autour de la recherche-création ». *Media* 11.3 (2015).

[137] Penny, Simon. « Emergence, agency, and interaction—notes from the field ». *Artificial Life* 21.3 (2015), p. 271-284.

[138] Penny, Simon. « Improvisation and Interaction, Canons and Rules, Emergence and Play ». *The Oxford Handbook of Critical Improvisation Studies* 2 (2016), p. 401-23.

[139] Penny, Simon. « Sensorimotor debilities in digital cultures ». *AI and SOCIETY* 37.1 (2022), p. 355-366.

[0] Plessiet, Cédric, Jégo, Jean-François. « MITMI Man-In-The-Middle Interaction : The human back in the loop. » *International Journal of Virtual Reality* (2019).

[0] Pluta, Izabella et al. « Du laboratoire robotique à la scène : approches intermédiales. Exemple de la collaboration entre Oriza Hirata et Hiroshi Ishiguro ». *Publifarum* 29 (2018).

[140] Pollermann, Branka Zei. « Unified Model of Cognition, Emotion and Action » (2006).

[0] Ramos, Oscar E et al. « Dancing humanoid robots : Systematic use of osid to compute dynamically consistent movements following a motion capture pattern ». *Robotics & Automation Magazine* 22.4 (2015), p. 16-26.

[141] Reggia, James A. « The rise of machine consciousness : Studying consciousness with computational models ». *Neural Networks* 44 (2013), p. 112-131.

[142] Rhee, Jennifer. « Beyond the Uncanny Valley : Masahiro Mori and Philip K. Dick's Do Androids Dream of Electric Sheep ? » *Configurations* 21.3 (2013), p. 301-329.

[143] Rousseau-Lesage, Simon. « Le mouvement énactif et le problème difficile de la conscience » (2019).

[144] Royo, Victoria Pérez. « Invisibility and Oscillation : The Processes of Looking in Eszter Salamon's Nvsbl ». *TDR/The Drama Review* 60.3 (2016), p. 148-159.

[145] Sawyer, Keith. « The cognitive neuroscience of creativity : A critical review ». *Creativity research journal* 23.2 (2011), p. 137-154.

[146] Schwartz, Peggy. « Action research : Dance improvisation as dance technique ». *Journal of Physical Education, Recreation and Dance* 71.5 (2000), p. 42-46.

[147] Siedel, Torsten, Hild, Manfred, Weidner, Mario. « Concept and design of the modular actuator system for the humanoid robot MYON ». Dans : *International Conference on Intelligent Robotics and Applications*. Springer. 2011, p. 388-396.

[148] Sohier, Rémy. « Degré d'autonomie et degré de matérialité d'après l'œuvre d'Edmond Couchot : d'une matrice des humains artificiels à une recherche-création expérimentant la co-avatarisation ». *Hybrid. Revue des arts et médiations humaines* 9 (2022).

[149] Spatola, Nicolas. « L'interaction Homme-Robot, de l'anthropomorphisme à l'humanisation ». *L'Année psychologique* 4 (2019), p. 515-563.

[150] Srinivasan, Narayanan. « Cognitive neuroscience of creativity : EEG based approaches ». *Methods* 42.1 (2007), p. 109-116.

[151] Stojnić, Aneta. « Digital anthropomorphism : Performers avatars and chatbots ». *Performance Research* 20.2 (2015), p. 70-77.

[152] Stubbs, Kristen, Hinds, Pamela J., Wettergreen, David. « Autonomy and Common Ground in Human-Robot Interaction : A Field Study ». *IEEE Intelligent Systems* 22.2 (2007), p. 42-50.

[153] Taniguchi, Tadahiro et al. « World Models and Predictive Coding for Cognitive and Developmental Robotics : Frontiers and Challenges ». *arXiv preprint arXiv :2301.05832* (2023).

[154] Timmerman, Rosanne H et al. « Individuals expend more effort to compete against robots than humans after observing competitive human-robot interactions ». Dans : *International Conference on Social Robotics*. Springer. Singapore, 2021, p. 685-696.

[155] Tisseron, Serge. « De l'animal numérique au robot de compagnie : quel avenir pour l'intersubjectivité ? » *Revue française de psychanalyse* 75.1 (2011), p. 149-159.

[156] Truman, Sarah E, Springgay, Stephanie. « The primacy of movement in research-creation : New materialist approaches to art research and pedagogy ». *Art's Teachings, Teaching's Art : Philosophical, Critical and Educational Musings* (2015), p. 151-162.

[157] Vanhaudenhuyse, A et al. « Détecter les signes de conscience chez le patient en état de conscience minimale ». *Réanimation* 16.6 (2007), p. 527-532.

[158] Vidal, Denis. « Anthropomorphism or sub-anthropomorphism ? An anthropological approach to gods and robots ». *Journal of the Royal Anthropological Institute* 13.4 (2007), p. 917-933.

[159] Villard, Marie-Aline, Lapeyre, Matthieu. « À propos d'une expérience de mouvement partagé avec un robot humanoïde : l'entre-deux comme maintien du vivant ». Dans : *IRIS*. 37. 2016, p. 193-205.

[160] Weinberg, Gil, Driscoll, Scott. « The interactive robotic percussionist : new developments in form, mechanics, perception and interaction design ». Dans : *ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*. 2007, p. 97-104.

[0] Yves, Citton. « Gestes d'humanités ». *Anthropologie sauvage de nos expériences esthétiques* (2012).

[161] Zaven, Paré. « Effets de présence, relations hommes-androïdes ». *sur Cultures Kairos* (2014).

[162] Zhegong, Shangguan et al. « What Do I Look Like ? A Conditional GAN Based Robot Facial Self-Awareness Approach ». Dans : *International Conference on Social Robotics*. Springer. 2022, p. 312-324.

[0] Ziemke, Tom. « On the role of emotion in biological and robotic autonomy ». *BioSystems* 91.2 (2008), p. 401-408.

[0] Ziemke, Tom. « The body of knowledge : On the role of the living body in grounding embodied cognition ». *Biosystems* 148 (2016), p. 4-11.

[0] Ziemke, Tom. « The embodied self : Theories, hunches and robot models ». *Journal of Consciousness Studies* 14.7 (2007), p. 167-179.

Thèses et mémoires

[163] Baddoura-Gaugler, Rita Baddoura. « L'homme et le robot humanoïde : Transmission, Résistance et Subjectivation ». Thèse de doct. Université Paul Valéry-Montpellier III, 2013.

Table des figures

1 Captation de la performance Blind Robot de Louis Philippe Demers. Source photo : AI & SOCIETY journal, no.2, 2021. 33

I.1.1 Selon M. Feldenkreis, “la conscience est la perception, conjuguée à la compréhension de son fonctionnement ou de ce qui se passe en nous pendant que nous sommes en état de perception.” Source : le livre Penser les somatiques avec Feldenkreis, page 153. 47
I.1.2 Deborah Hay, *Solo*. Source : archives vidéo de la Fondation Daniel Langlois pour l’art, la science et la technologie. 57

I.3.1 Heart Robot, un projet de XXX. Source photo : 94
I.3.2 Captation de la performance au LAAS. Source photo : 98
I.3.3 Robot K-456. Source photo : 103
I.3.4 Captation du spectacle d’Aurélien Bory. Source photo : 107
I.3.5 Captation du spectacle de Huang. Source photo : 108
I.3.6 Captation du spectacle Nobody is an island. Source photo : 112
I.3.7 Captation du spectacle School of Moon. Source photo : profile instagram de la compagnie Shonen. 114
I.3.8 Captation du spectacle Scary Beauty. Source photo : 115
1 Implementation des principes de la robotique cognitive comportamentale dans les inétarctions artistiques avec les robots. 127

II.1.1 Schema d’interaction pour le systeme multi-agents 137
II.1.2 dessin avec de la poudre de pigments en ocre pour réaliser des mains en négatif, il y a plus de 30000 ans 139
II.1.3 Mise en place d’une démonstration de capture de main avec la librairie open source LibFreenect 140
II.1.4 Corrélation du niveau d’éveil avec la conscience de soi et de l’environnement. 142
II.1.5 Illustration de la relation entre les composantes C0-C2 de la conscience, selon les observations théoriques de S. Dehaene 144
II.1.6 détail de la performance- poser son pied par terre modifie la valeur de la tension du velostat 148
II.1.7 détail de la performance- un signal envoyé via une connexion Wifi modifie l’accessoire servo-moteur selon les valeurs récupérés du capteur Velostat 148
II.1.8 capteur électromyographique de surface 149
II.1.9 Enveloppe du signal capté, les valeurs en rouge sont les valeurs avant l’application du filtre. 150
II.1.10 implementation des filtres qui processent de manière synthethique le son 152
II.1.11 Exemple de capteur ultrason de 5V utilisé pour des projets Arduino . 153

II.1.12 Exemple de calcul de la distance entre un émetteur et un récepteur à ultrasons. Source de l'image : CUI Devices 154
II.1.13 Capteur TOF10120, dont la distance couverte est entre 5cm et 180cm. 154
II.1.14 La dérniere phase du prototype, avant la résidence pratique 155
II.1.15 Exploration sensorielle ludique : etre en mouvement avec les yeux fermés. 159
II.1.16 Moment d'improvisation collective à la Gare du Nord : exploration sensorielle d'un portable. 161
II.1.17 Mouvements automatiques pendant les exercices d'improvisation corporelle 163
II.1.18 Brainstorming pour mieux définir le concept de lâcher prise. 165
II.1.19 Code couleur pour le fontionnement du bras robotique Panda. Source : FRANKA EMIKA ROBOT'S INSTRUCTION HANDBOOK 169
II.1.20 Utilisation du bras robotique Panda lors d'un contact physique. Source : FRANKA EMIKA ROBOT'S INSTRUCTION HANDBOOK 170
II.1.21 Fonctionnement du mode apprentisage pour le bras robotique Panda. Source : FRANKA EMIKA ROBOT'S INSTRUCTION HANDBOOK 170
II.1.22 Schema qui illustre le fonctionnement de l'admittance. Source : le livre[0] 172
II.1.23 Source : le livre [12] 174
II.1.24 Le changement de la posture influence sur le CoM. Source : https ://www.quora.com/What-part-is-the-center-of-gravity-in-our-body 175
II.1.25 Relation ZMP-CoM.Source : le livre [8] 175
II.1.26 Explication ZMP. Source : le livre [8] 176
II.1.27 Illustration des mouvements pour se redresser de la chute. Source : le livre[8] 177
II.1.28 Scénario du robot sur la chaise : erreurs de programmation. 178
II.1.29 Scénario du robot sur la chaise : premieres ébauches. 178
II.1.30 Extrait du spectacle Rosas danst Rosas. Source photo : www.rosas.be 179
II.1.31 Recherche sur les postures du robot. 180
II.1.32 Mise en place d'une démo avec le systéme MoCap Xsens dans l'interface mcrtc. 181
II.1.33 Still de la simulation avec le costume XSens dans RviZ. 182
II.1.34 Exemple de postures lors de la simulation avec le costume XSens. . . 182
II.1.35 Scénario du robot sur la chaise : énchainement aléatoire de postures. 182
II.1.36 Extraits de la captation vidéo de la performance "Le mythe de l'Immorta". 183

II.2.1 Mouvements du robot industriel Panda Franka. 189
II.2.2 Mise à jour du schèma illustrant les principes d'E. Couchot. 191
II.2.3 Comparatif de mouvements performeuse- robot HRP4. 193
II.2.4 Intéraction performeuse- E.V.E. lors d'une résidence CECCI-H2M. . 195
II.2.5 Intéraction perfomeuse robot HRP-4 virtuel lors d'une résidence CECCI-H2M. 196
II.2.6 Séqeunce d'appréntisage des mouvements avec les éleves du lycée Mercy. 196
II.2.7 Captations vidéo de nos expérimentations au labratoire. 199
II.2.8 Répartition des réponses quant au comportement lors de l'improvistion. 206
II.2.9 Still lors de la sortie de résidence lors de notre experimentation dans le studio de M. Monnier. 207

II.3.1 Setting de la présentation publique *Here is where I differ with Herzog. Robots et conscience artificielle* le 31 mars 2023 au studio LaNef à Montpellier. 210
II.3.2 Poster du film *Fizzcaraldo*. Source : https ://www.themoviedb.org/movie/9343-fitzcarraldo. 211
II.3.3 Extrait du livre *Je suis une école* de B. Charmatz. Source : http ://www.jslb.fr213
II.3.4 Lucinda Childs et Robert Rauschenberg avec des tortues dans Spring Training de Rauschenberg (1965) au ONCE Again Festival, parking de la rue Maynard, Université du Michigan, 1965. Source : https ://www.rauschenbergfoundat
II.3.5 Moments d'échauffement en shaking lors de la présentation publique *Here is where I differ with Herzog. Robots et conscience artificielle* le 31 mars 2023. 218

Liste des tableaux

Annexe A

Interview de toto sur la vie des gens dans son entreprise

TATA : Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed eget erat tortor. Mauris iaculis congue nibh ac sollicitudin. Aliquam aliquam velit eu aliquet tincidunt. Vestibulum lacus ipsum, feugiat at feugiat id, auctor quis nisl. Maecenas ultricies sagittis convallis. Curabitur at velit ut odio condimentum fringilla.

TOTO : Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed eget erat tortor. Mauris iaculis congue nibh ac sollicitudin. Aliquam aliquam velit eu aliquet tincidunt. Vestibulum lacus ipsum, feugiat at feugiat id, auctor quis nisl. Maecenas ultricies sagittis convallis. Curabitur at velit ut odio condimentum fringilla.

TATA : Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed eget erat tortor. Mauris iaculis congue nibh ac sollicitudin. Aliquam aliquam velit eu aliquet tincidunt. Vestibulum lacus ipsum, feugiat at feugiat id, auctor quis nisl. Maecenas ultricies sagittis convallis. Curabitur at velit ut odio condimentum fringilla.

TOTO : Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed eget erat tortor. Mauris iaculis congue nibh ac sollicitudin. Aliquam aliquam velit eu aliquet tincidunt. Vestibulum lacus ipsum, feugiat at feugiat id, auctor quis nisl. Maecenas ultricies sagittis convallis. Curabitur at velit ut odio condimentum fringilla.