



ACTES DE LA CONFÉRENCE
OCTOBRE 2021 - LA ROCHELLE

DRÔLES D'OBJETS

UN NOUVEL ART DE FAIRE

CONFÉRENCE INTERDISCIPLINAIRE QUI INTERROGE LES INTERACTIONS ENTRE LES HUMAINS ET LES OBJETS ROBOTISÉS AVEC POUR AMBITION DE CROISER LES REGARDS DE L'ANTHROPOLOGIE, DE L'INFORMATIQUE, DES NEUROSCIENCES, DES ARTS, DE LA PHILOSOPHIE, DE LA PSYCHOLOGIE ET DE LA SOCIOLINGUISTIQUE



COMITÉ SCIENTIFIQUE F. ALEXANDRE S. ANZALONE V. AUCOUTURIER S. BIANCHINI P. GAUSSIER E. GRANGIER E. GRIMAUD X. HINAUT G. MOSTAFAOUI G. NASSAU M. OCHS P.-Y. OUDEYER E. PACHERIE F. PAIS C. PELACHAUD C. PLANTIN L. SASSATELLI S. TISSERON F. TORDO J. TOULZE N. VAS-DEYRES E. ZIBETTI COMITÉ ORGANISATEUR ANDRÉ J. BECKER C. BENGUIGUI Y. BONIFACE A. BOUMAZA A. DUTECH V. GIARDINO S. GROS DE BELLER D. JARAK F. LEVILLAIN A. PITTÉ M. REBUSCHI A. REVEL N. ROUGIER F. VERHAEGEN D. VIDAL AVEC LE SOUTIEN DE AHP-PREST ATILF CNRS INRIA INTERPSY LORIA UNIVERSITÉ DE LORRAINE UNIVERSITÉ DE LA ROCHELLE PHOTOGRAPHIE PAR NottsExMiner DOLBY SURROUND COPIRIGHT (C) 2019 PSYPHINE CC-BY 4.0 INTERNATIONAL GENÈREVA AUDIENCES

Sommaire

Présentation	i
1 Table 1 - Conception - Coordination N. Rougier	1
1.1 Yeregui.M	
<i>États d'alerte : création d'êtres artificiels</i>	<i>3</i>
1.2 Mostafaoui.G	
<i>Interaction naturelle et intuitive : pourquoi un objet interactif</i>	
<i>doit revêtir un caractère "non-intentionnel" ?</i>	<i>13</i>
1.3 Reynal.S	
<i>Pour qu'on ne se débarrasse pas des hommes : entre art et</i>	
<i>sciences, l'ingénieur face à l'ambivalence du sujet</i>	<i>27</i>
2 Table 2 - Interprétations - Coordination V. Giardino	37
2.1 Rebuschi.M	
<i>Drôles d'objets ou drôles d'interactions ?</i>	<i>39</i>
2.2 Nassau.G	
<i>Le robot face à nous : interlocuteur ou objet de discussion ? Ana-</i>	
<i>lyse interactionnelle d'une rencontre Homme-machine</i>	<i>51</i>
2.3 Allienne-Diss.L	
<i>Penser le robot comme forme de vie</i>	<i>63</i>
2.4 Belkaid.M	
<i>Le projet InStance : l'intentionnalité dans les interactions humain-</i>	
<i>robot sous le prisme des neurosciences cognitives et computa-</i>	
<i>tionnelles</i>	<i>65</i>
3 Table 3 - Soins Robots - Coordination J. Becker	67
3.1 Duris.O & Labossière.C	
<i>Penser ensemble la conception d'un robot pour une meilleure</i>	
<i>prise en charge thérapeutique des enfants TSA</i>	<i>69</i>
3.2 Michiels.G	
<i>Observation de deux robots humanoïdes en milieu hospitalier...</i>	
<i>Et si c'était à refaire ?</i>	<i>83</i>
3.3 Dumoulin.Q	
<i>Un IME en Fab Lab : rencontres et inventions subjectives . . .</i>	<i>95</i>

3.4	Merlet.J-P	
	<i>Conception, expérimentations et analyse d'objets robotiques</i>	107
4	Table 4 - Téléprésence, système interactif et réalité virtuelle - Coordination V. André	109
4.1	Grassin.J-F	
	<i>Attention aux robots ! Comment des artefacts de téléprésence modifient les processus attentionnels pendant un séminaire doctoral.</i>	111
4.2	Combe.C et al.	
	<i>Robot es-tu là ? Robots de téléprésence en séminaire hybride</i>	125
4.3	Develotte.C et al.	
	<i>Des robots de téléprésence dans un séminaire doctoral : comment étudier les interactions à l'intérieur du groupe ?</i>	127
5	Ateliers Démonstrations Installations	129
5.1	Boniface.Y & Rougier.N	
	<i>Une lampe interactive ? Automatisation d'un comportement autonome interactif</i>	131
5.2	Desjardin.A & Rizza.G	
	<i>L'utilisation de la matière active dans les pratiques de recherche-création : utilisation d'un vocabulaire artistique pour l'impression 4D de polymères magnéto-actifs déployés dans des dispositifs expérimentaux et d'observation.</i>	143
5.3	Voillot.M & Eliot.C	
	<i>Learning matters, des matières à apprendre pour la petite enfance</i>	155
5.4	Hinaut.X	
	<i>La Course 12-4-90</i>	165
5.5	Blanchard.A & Pitti.A	
	<i>Pinobo : une tête et un bras robotique bio-inspirés et low-cost</i>	179
5.6	Ocnarescu.I et al.	
	<i>Focus sur l'expérience : incarner des dilemmes philosophiques pour la robotique sociale</i>	181
6	Posters	185
6.1	Chollet.M	
	<i>De l'utilisation de la fouille de motifs séquentiels et temporels pour analyser les réactions d'utilisateurs lors d'interactions avec des objets innovants</i>	187
6.2	Deuff.D et al.	
	<i>Un robot dans les foyers - Deux jours avec Pepper</i>	189
6.3	Deuff.D et al.	
	<i>Yokobo - Bienvenu dans notre maison</i>	193

6.4	Deuff.D <i>et al.</i>	
	<i>Concevoir un objet à comportements pour les foyers de jeunes</i>	
	<i>retraités</i>	197
6.5	Romay <i>et al.</i>	
	<i>Interaction guidée par machine learning pour la composition</i>	
	<i>musicale gestuelle d'objets sonores non-conventionnels</i>	201

Drôles d'Objets

Un nouvel art de faire

<https://drolesdobjets20.sciencesconf.org/>

Robots, artefacts autonomes, objets connectés : comment concevoir et appréhender ces drôles d'objets qui renouvellent nos interactions avec les autres comme avec le monde ?

Nous sommes de plus en plus souvent invités à entrer en relation avec des robots ou des machines, que ce soit à des fins pratiques (thérapeutiques, professionnelles, scientifiques) ou ludiques. Ce type de relation semble dépasser rapidement le simple usage fonctionnel, la réaction automatique et l'action mécanique, pour s'ouvrir à quelques interactions lors desquelles nous tentons d'interpréter le comportement de ces objets. Pourquoi et comment sommes-nous tentés d'interagir avec ces objets insolites qui s'animent, bougent et évoluent ? L'étude de ces objets intéresse des champs très divers des sciences, des arts et du design. Quelles méthodes adopter toutefois pour expérimenter, observer et analyser ces interactions ?

Robotique, IA, art et design, anthropologie, psychologie, philosophie, sciences du langage... chaque domaine développe ses propres notions, outils, souvent dans des contextes pluridisciplinaires. Quelles réponses la philosophie peut-elle apporter au roboticien ? En quoi la psychologie peut se nourrir du travail de l'anthropologue ? Les artistes peuvent-ils contribuer à la sociolinguistique des interactions ?

L'objectif de cette conférence est de croiser les regards des disciplines et pratiques scientifiques sur ces nouveaux objets et les interactions qu'ils suscitent.

L'interdisciplinarité sera dans ce contexte pratiquée, expérimentée et discutée à partir de formes concrètes qu'elle prend et des tentatives (fructueuses ou non) qu'elle déploie. Ainsi, les discussions seront organisées sous forme de tables-rondes autour de trois grandes questions sur la thématique de l'interaction avec des objets animés :

Conception de l'objet : à quoi doit ressembler un objet animé ? Comment conçoit-on un objet animé interactif ? Quels sont les paramètres, les caractéristiques et les propriétés de ces objets (forme, design, fonctionnalité) sur lesquels on peut jouer pour qu'un objet animé devienne un "partenaire" à nos yeux ? Quels sont les outils, les savoirs, les technologies que l'on peut mobiliser ? Dans quelle mesure le protocole expérimental influence-t-il et contraint-il la conception ?

Expérimentation et observation : comment concevoir une expérience ? Comment bien comprendre ce qui se joue lors d'une interaction avec un objet animé ? Que peut-on mesurer, que peut-on évaluer, que peut-on observer ? Les approches qualitatives et quantitatives peuvent-elles se répondre, se nourrir, s'opposer ? Dans quelle mesure la temporalité de la confrontation influence-t-elle le résultat de l'expérimentation ? Dans quelle mesure l'observation en milieu naturel permet-elle de dépasser les limitations des expérimentations en laboratoire ?

Analyse : que retirons-nous de ces expériences ? Comment interpréter les données issues d'expérimentations avec des objets animés ? Quelle confiance accorder au témoignage des sujets ? L'interprétation est-elle indépendante de toute évaluation éthique de l'interaction ? Quels sont les modèles et les théories mobilisables ?

Les contributions à **Drôles d'Objets 2020-2022** présentes dans ce recueil se retrouvent dans deux collections : une collection **HAL**¹ avec l'intégrale et une collection **Zenodo**² avec uniquement les articles.

Ce recueil est sous licence **(CC-BY 4.0)**³,
le téléchargement, l'impression et la diffusion sont libres.

1. <https://hal.univ-lorraine.fr/DROLES-D-OBJETS/>

2. <https://zenodo.org/communities/droles-objets/>

3. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

Drôles d'objets – Un nouvel art de faire

Comité scientifique

Frédéric Alexandre

(Neurosciences, Inria Bordeaux)

Virginie André

(Sociolinguistique, Université de Lorraine)

Salvatore Anzalone

(Robotique sociale, Université Paris 8)

Valérie Aucouturier

(Philosophie, Université Saint-Louis, Bruxelles)

Joffrey Becker

(Anthropologie, EHESS)

Samuel Bianchini

(Arts, ensad)

Yann Boniface

(Intelligence Artificielle, Université de Lorraine)

Amine Boumaza

(Intelligence Artificielle, Université de Lorraine)

Alain Dutech

(Intelligence Artificielle, Université de Lorraine)

Philippe Gaussier

(Robotique, Université de Cergy-Pontoise)

Valeria Giardino

(Philosophie, CNRS)

Emmanuel Grimaud

(Anthropologie, Université Paris Nanterre)

Emmanuelle Grangier

(Chorégraphie, Cie P.A.S)

Xavier Hinaut

(Neurosciences, Inria Bordeaux)

Diego Jarak

(Philosophie, Université La Rochelle)

Florent Levillain

(Psychologie Cognitive, UTC Compiègne)

Ghiles Mostafaoui

(Robotique, Université Cergy-pontoise)

Guillaume Nassau

(Sciences du Langage, Université de Lorraine)

Magalie Ochs

(Informatique, Aix-Marseille Université)

Pierre-Yves Oudeyer

(Robotique, Inria Bordeaux)

Élisabeth Pacherie

(Philosophie, Institut Jean-Nicod, Paris)

Filipe Pais

(Arts, ensad)

Catherine Pelachaud

(Informatique, Sorbonne Université)

Alexandre Pitti

(Robotique, Université de Cergy-Pontoise)

Christian Plantin

(Sciences du Langage, Université Lyon 2)

Manuel Rebuschi

(Philosophie, Université de Lorraine)

Arnaud Revel

(Robotique, Université La Rochelle)

Nicolas Rougier

(Neurosciences, Inria Bordeaux)

Lucile Sassatelli

(Informatique, Université Nice Sophia Antipolis)

Serge Tisseron

(Psychologie, Université Paris VII Denis Diderot)

Frédéric Tordo

(Psychologie, Université Paris-Diderot)

Julien Toulze

(Beaux-Art Numériques, UQUAM Montréal)

Natacha Vas-Deyres

(Littérature Moderne, Université Bordeaux)

Frédéric Verhaegen

(Psychologie, Université de Lorraine)

Denis Vidal

(Anthropologie, EHESS)

Elisabetta Zibetti

(Psychologie Cognitive, Université Paris 8)

Drôles d'objets – Un nouvel art de faire

Comité d'organisation

Virginie André

(ATILF / Université de Lorraine)

Diego Jarak

(La Rochelle Université)

Joffrey Becker

(Laboratoire d'Anthropologie Sociale)

Florent Levillain

(ensad)

Catherine Benguigui

(La Rochelle Université)

Alexandre Pitti

(Université de Cergy-Pontoise)

Yann Boniface

(Loria / Université de Lorraine)

Manuel Rebuschi

(Université de Lorraine)

Amine Boumaza

(Loria / Université de Lorraine)

Arnaud Revel

(La Rochelle Université)

Alain Dutech

(Loria / Inria Nancy)

Nicolas Rougier

(Inria Bordeaux)

Valeria Giardino

(Université de Lorraine)

Frédéric Verhaegen

(InterPsy / Université de Lorraine)

Solenne Gros de Beller

(La Rochelle Université)

Denis Vidal

(EHESS)

Table 1 - Conception - Coordination N.
Rougier

États d'alerte : création d'êtres artificiels

Mariela Yeregui

Universidad Nacional de Tres de Febrero – Buenos Aires

Résumé. Je ferai référence à mon projet d'installation robotique *États d'alerte* à travers lequel je soulève la question de savoir comment aborder la construction des subjectivités individuelles à partir d'une dynamique qui défie les modes d'approche les plus habituels *États d'alerte* de la robotique. Ce projet propose un cadre à partir duquel certains principes qui sous-tendent la création robotique peuvent être réexaminés. D'une part, les paradigmes robotiques sont ancrés dans l'univers de la modernité et sont donc fortement liés aux concepts de progrès, de fonctionnalité technologique et aux paradigmes technocratiques - autant d'éléments qui pourraient être analysés et mis en crise dans un contexte latino-américain où la modernité est une illusion ou, du moins, un concept problématique.

Mots clés. Comportements, robotique, intersubjectivité, *ch'ixi*

Introduction

Des termes tels que "métis" ou "hybride" proposent des différences catégorielles en ce qui concerne les dimensions historiques, théoriques, philosophiques et symboliques, dans un contexte où de tels concepts apparaissent de manière récurrente, comme c'est le cas en Amérique latine. De plus, ces termes sont le déclencheur, dans ce cas, d'une expérience d'articulation et d'exploration à travers des technologies et des langages, dans le domaine de la robotique, qui transmettent un capital sémantique fortement ancré dans l'espace central du paradigme technoscientifique. Il s'agit alors de déconstruire le cadre idéologique et l'architecture qui sous-tend une certaine notion de "métis" à travers des pratiques artistiques qui s'articulent dans le contexte latino-américain, en prenant comme plateforme mon œuvre, *États d'Alerte*. Il s'agit également de réfléchir (à partir de la pensée active qui traverse l'action spéculative inhérente aux pratiques de la pensée artistique) sur la manière de concevoir des créatures artificielles à partir de ce que Walter Mignolo appelle la "pensée de la frontière" : une condition d'existence qui découle des projets de "désoccidentalisation" et de "décolonisation".

1. Quelques notes contextuelles

Le domaine de l'art robotique en Argentine a connu un développement soutenu ces dernières années grâce, en grande partie, à l'institutionnalisation de ces pratiques dans le milieu académique, parmi lesquelles l'Universidad Nacional de Tres de Febrero, où le présent projet est ancré.

Le travail artistique dans le domaine de la robotique locale - et mes propres expériences passées - est principalement orienté vers la recherche et l'expérimentation basées sur le

concept de "communautés robotiques". Par conséquent, de nombreux projets produits ont principalement mis l'accent sur les comportements émergents au cœur d'une dynamique collective.

En revanche, ce projet renverse la tendance passée afin de réexaminer et de proposer de nouvelles formes d'approche, dans le but de créer des individualités et de concevoir des entités autonomes subjectives, définissant une certaine "personnalité" de l'individu. Cette subjectivité a certainement des conséquences dans son contexte, mais ce n'est pas seulement le contexte qui détermine son comportement. C'est son comportement subjectif qui produit des changements et des activations dans le scénario où se déroule l'action. Je veux soulever la question de savoir comment concevoir, d'un point de vue décolonial, la construction de créatures individuelles en termes de subjectivité, en problématisant les stratégies habituelles autour de la construction de robots. Ce projet propose un point de départ pour déconstruire certains principes qui sous-tendent la création robotique, en mettant en crise les paradigmes robotiques qui sont ancrés dans l'univers de la modernité et, par conséquent, fortement liés au concept de progrès, de technologie et de fonctionnalité. En bref, des paradigmes technocratiques susceptibles d'être analysés et remis en question dans un contexte latino-américain où la modernité est un concept illusoire, ou du moins problématique.

Sous l'influence de la pensée décoloniale, le concept central du projet est la question de l'Autre. Le discours de la modernité est construit sur la base de l'identité personnelle. Par conséquent, l'Autre - le non-moderne, sous le mirage de l'évolution moderne, ou plutôt le barbare "civilisable" - n'est pas présent dans le projet moderne que comme une condition de possibilité. L'Autre (le non-occidental) est produit à partir de l'identité occidentale afin de consolider un discours et un projet qui se propage à tous les ordres de la société et dont le point de départ est précisément un mécanisme de colonialité (colonialité du pouvoir, du savoir et de l'être).

La modernité périphérique qui en résulte est en fait, d'une part, une simulation et, d'autre part, un besoin épistémique de production d'un sujet de connaissance. C'est cette discursivité hégémonique de la modernité qui imprègne et soutient une construction du monde de manière globale. Et cette articulation pénètre le régime latino-américain de production de la vérité, assumant le besoin de neutraliser la barbarie et d'imiter l'Autre civilisé. La nécessité de la création d'un Autre est cruciale dans ce projet. En effet, un Autre qui émerge et manifeste son altérité monstrueuse, assumant du même coup sa nature ambiguë : l'Autre technologique, l'Autre tellurique.

2. États d'alerte

Inspirée par les êtres mythologiques archétypiques de la tradition argentine, je propose une manière d'aborder les créatures artificielles qui incarnent cette notion d'altérité menaçante. Fonctionnel et matériellement opposé à l'efficacité et aux principes du "bon design", cet

Autre devient ainsi l'inverse du robot moderne.

États d'alerte est une expérience de recherche artistique qui articule le développement d'une installation robotique réactive, composée de trois objets qui modélisent des créatures zoomorphes imaginaires, dotées de comportements défensifs envers les spectateurs.

Le projet vise à se concentrer sur la prémisse selon laquelle l'Autre est une menace imminente : l'Autre comme la peur que toute propriété privée cesse d'être une propriété privée. De ce point de vue, l'Autre devient une menace immédiate et, pour cette raison, le territoire doit être préservé de toute intrusion potentielle, en raison de cette sauvegarde obsessionnelle qui ferme toute possibilité d'interaction et de dialogue.

Trois structures robotiques (sculptures) déploient une impulsion d'auto-préservation par rapport à ce qu'elles perçoivent comme un risque potentiel. Chacune d'entre elles a à la fois un comportement d'auto-préservation et un comportement d'agression et de virulence envers les spectateurs. L'ensemble relève cette limite subtile où la défense devient agression et violence envers l'Autre.

D'un point de vue conceptuel, l'espace devient une sorte de scène où aucun dialogue n'est possible. Les créatures artificielles déclenchent des comportements moteurs pour attaquer les spectateurs ou simplement empêcher tout contact.

En ce sens, ce projet propose la création de morphologies robotiques dont l'intégration dans le milieu peut impliquer des défis artistiques, techniques, mécaniques et robotiques en termes du comportement des agents et de leur matérialité.

Ces créatures artificielles sont :

(1) *La mouffette*. Inspiré du comportement de cet animal, cet objet sculptural réagit très violemment lorsqu'il perçoit une menace : il libère un jet dense de poudre de charbon de bois par un système de soufflage interne. Son corps est entièrement fait de cuir animal (chèvre), à poils longs et hérissés - un type de matérialité peu habituel dans le domaine de l'art robotique. Il présente un aspect visuel et une dimension haptique qui renvoie à la notion d'inquiétude (figures 1 et 2).



Figure 1. La mouffette. Objet robotique (détail) de l'installation États d'alerte. © Mariela Yeregui.



Figure 2. La mouffette. Objet robotique (détail) de l'installation États d'alerte. © Mariela Yeregui.

(2) *Anémone*. Il s'agit d'un être imaginaire dont la principale caractéristique est le mouvement particulier de son corps lorsqu'un spectateur s'approche. Son corps en latex se contracte et se dilate chaque fois qu'il détecte la présence de quelqu'un. Le corps est sculpté en latex avec des cheveux humains intégrés dans sa structure épithéliale et possède des moteurs internes qui font bouger sa peau (figure 3).



Figure 3. *Anémone*. Objet robotique (détail) de l'installation *États d'alerte*. © Mariela Yeregui

(3) *Hérisson*. Inspiré de l'animal en question, le robot réagit à la présence des spectateurs en levant ses épines d'acier. Son corps est fait de cuir de vache, avec une forme non figurative et, en même temps, avec de fortes réminiscences zoologiques. Grâce à son mécanisme interne, les épines apparaissent de manière asynchrone lorsqu'il détecte la proximité d'une personne (Figure 4).



Figure 4. *Hérisson*. Objet robotique (détail) de l'installation États d'alerte. © Mariela Yeregui.

Les trois objets ont des formes irrégulières (environ 60 x 40 x 40 cm), et sont faits de matériaux organiques, avec un aspect zoomorphique manifeste.



Figure 5. États d'alerte, installation (vue générale) © Mariela Yeregui

3. Le projet dans le cadre de mon travail de recherche-crédation

Mes pratiques artistiques en tant qu'artiste électronique et éducatrice sont fortement liées à mes pratiques académiques. Ce projet ne suppose pas seulement la conception et la création d'un ensemble d'objets, mais vise également à construire un cadre de réflexion autour de la question du métissage technologique dans le contexte latino-américain. Au-delà de la notion de domestication inhérente à la catégorie de "métis", et au-delà du mélange indifférencié impliqué par la catégorie d'"hybride", le concept de *ch'ixi* – tel que développé par la philosophe bolivienne Silvia Rivera Cusicanqui – pourrait être un outil puissant pour démonter la logique de la relation entre l'art et la technologie dans les contextes périphériques. *Ch'ixi* est un concept qui :

" [...] a diverses connotations : c'est une couleur résultant de la juxtaposition, par petits points ou taches, de deux couleurs opposées ou contrastées : noir et blanc, rouge et vert, etc. C'est ce gris moucheté résultant de l'imperceptible mélange du noir et du blanc, qui se confondent pour la perception sans jamais se mélanger complètement. La notion de *ch'ixi*, comme beaucoup d'autres, obéit à l'idée aymara

de quelque chose qui est et n'est pas en même temps, c'est-à-dire à la logique du tiers inclus. Un gris ch'ixi est blanc et pas blanc à la fois, il est blanc et il est aussi noir, son contraire..." (Rivera Cusicanqui, 2010 : 71)¹

La philosophe bolivienne utilise la métaphore du *ch'ixi* pour faire référence à la coexistence dialectique des cultures européennes et indigènes en Amérique latine. Ce projet associe des technologies occidentales à des matérialités organiques afin d'afficher une tension visible fondée sur leur nature (robotique / imaginaire traditionnel ; matériaux synthétiques / matériaux naturels). *Ch'ixi* est une contre-réaction à la notion de métissage domestiqué et harmonieux, qui a pour but d'ouvrir la possibilité d'un point de vue plus critique sur les usages des technologies. Il est également nécessaire d'indiquer que les mythes traditionnels locaux sont ainsi une source d'inspiration pour la construction de créatures artificielles autonomes qui installent le concept de l'Autre-Monstre dans un contexte dynamique de communication. Il ne s'agit en aucun cas de produire des créatures mimétiques, mais plutôt des entités inspirées de la tradition populaire, qui récupèrent leur dimension contextuelle à partir de leur aspect constructif et qui dialoguent avec l'imaginaire collectif à travers leur ré-signification.

En général, les constructions robotiques dans le domaine artistique sont fortement associées à une nature constructive de synthèse artificielle (plastiques, certains métaux, papier, verre, etc.). Dans ce cas, il s'agit d'explorer une nature autochtone (cuir, bois, éléments végétaux, etc.), en renversant les attentes de ce que l'on peut attendre dans le domaine de l'art robotique. Ce choix n'est pas capricieux, mais répond à la nécessité de s'interroger sur les aspects suivants :

- Paradigmes robotiques basés sur l'efficacité.
- Les attentes visuelles des robots à haute performance.
- La nature fonctionnelle des robots.

Dans un virage décolonial, l'Autre surnaturel et mythique, fortement ancré dans l'imaginaire collectif et dans la tradition orale argentine, propose d'installer l'Autre comme soi-même. De cette façon, tout au long de ce projet, le monstrueux est incorporé dans la vie quotidienne et une interprétation critique est proposée face à un scénario normalisé et condescendant, concernant la notion de progrès et l'adoption de paradigmes technologiques.

Ces êtres primitifs ont été créés par des processus d'hybridation entre des systèmes organiques artificiels et naturels. De cette manière, le projet *États d'alerte* aborde des problèmes spécifiques dans un environnement ouvert à partir duquel des stratégies de recherche créatives sont appliquées dans le contexte artistique/robotique, remettant en question les notions de métissage et d'hybridation telles qu'elles résonnent dans le contexte latino-américain. En effet, il fait écho au potentiel d'une tension *ch'ixi* dans le domaine de l'art robotique.

1 Traduction de l'auteur.

Bibliographie

- Barrios, José Luis (2011). "Acciones paralelas. Modernidad y alegoría de las vías imposibles: SEFT-1". Puig, Iván et Padilla Domene, Andrés (ed.). *SEFT-1*. México: CONACULTA-INBA/Laboratorio Arte Alameda, pp. 214-219.
- Foucault, Michel (1991). "El juego de Michel Foucault". Foucault, Michel. *Saber y verdad*. Madrid: Ediciones La Piqueta, pp. 127-162.
- Guattari, Felix y Rolnik, Suely (1996). *Micropolítica: cartografías do desejo*. Petrópolis: Vozes.
- Kozak, Claudia (2014). "Introducción: De tensiones, confrontaciones y correspondencias". Kozak, Claudia. (ed.), *Poéticas/políticas tecnológicas en Argentina (1910-2010)*. Paraná, Argentina: La Hendija, pp. 5-16.
- Kusch, Rodolfo (2000). *Obras Completas*, vol. 2. Santa Fe: Fundación Ross.
- Mignolo, Walter (2003). *Historias locales/ diseños globales. Colonialidad, conocimientos subalternos y pensamiento fronterizo*. Madrid: Edición AKAL.
- Rivera Cusicanqui, Silvia (2010). *Ch'ixinakax utxiwa Una reflexión sobre prácticas y discursos descolonizadores*. Buenos Aires: Tinta Limón.

Interaction naturelle et intuitive : pourquoi un objet interactif doit revêtir un caractère "non-intentionnel" ?

Ghilès Mostafaoui¹, Lise Aubin^{1,2}, Eva Ansermin¹, R. C. Schmidt³, Ludovic Marin²

¹Laboratoire ETIS ENSEA, Cergy-Paris Université, CNRS (UMR 8051)

²EuroMov Digital Health in Motion, Université Montpellier, IMT Mines Ales

³Department of Psychology, College of the Holy Cross, Worcester, USA

Introduction

L'acceptabilité et l'efficacité des Interactions Humain-Robot (IHR) ou des Interfaces Humain-Machine (IHM) au sens large, sont deux questions centrales. Les difficultés que peuvent avoir les systèmes informatiques complexes à s'adapter au monde humain et à interagir avec lui d'une manière qui émule le travail collaboratif humain-humain posent la question de la compréhension et de la maîtrise de l'évolution d'IHM ou d'IHR intuitives, agréables et efficaces. Travailler sur les caractéristiques techniques de l'IHM (la conception de leur apparence, les traits de comportement superficiels etc.) peut contribuer à certaines solutions partielles pour des interactions ponctuelles ou à court terme. Malgré des progrès notables, les IHM restent à ce jour peu intuitives. La question de l'« intuitivité » des IHM est donc une problématique difficile. L'impact de la charge cognitive induite par une IHM peut provoquer d'importants déficits d'efficacité, voire l'arrêt de l'interaction. Dans le cadre, par exemple, des IHR, cette question peut être abordée au travers de divers aspects, on peut citer de manière non-exhaustive : la communication verbale, les communications non-verbales (expressions faciales, postures, gestes co-verbaux etc.), la morphologie, la sécurité ou encore l'éthique.

Néanmoins, la « dynamique des interactions » est souvent négligée, elle est pourtant d'une importance capitale. En effet, l'une des raisons principales limitant l'intuitivité des IHM est leur manque d'adaptabilité aux rythmes naturels d'interaction de l'humain, qui oblige ce dernier à corriger son comportement de manière « intentionnelle » en fonction de la machine (robot, avatar ou environnement virtuel). La conception d'IHM avec des dynamiques d'interaction perçues comme plus « naturelles » ou plus « intuitives » pose légitimement la question de la caractérisation des dynamiques d'interaction chez l'humain. En effet, plutôt que de se baser sur des solutions complexes existantes, il serait judicieux d'exploiter les propriétés de stabilité et d'adaptabilité naturelles des dynamiques d'interaction chez l'humain pour améliorer l'intuitivité des IHM et repenser les approches actuelles utilisées pour les concevoir.

Le comportement d'un individu, intentionnel ou non, est modifié par les interactions avec les autres. Ces modifications vont de l'imitation à la synchronisation spontanée, elles ont été observées dans des groupes dont la taille varie, de dyades à des milliers de personnes [1]. Le comportement d'un individu dit « social » est influencé par celui des autres qui l'entourent. On parlera alors de coordination interpersonnelle. Ce phénomène est le résultat d'une adaptation réciproque du comportement des partenaires [2]. La

coordination interpersonnelle joue un rôle important dans la communication non-verbale. Elle peut être liée, à titre d'exemple, au facteur d'intimité entre les personnes [3].

On peut définir deux types de coordination : le matching comportemental (imitation) et la synchronisation interpersonnelle (mouvement synchrone dans le temps) [4]. La coordination interpersonnelle implique la faculté à être « entraîné » (mouvement) par des stimuli extérieurs provenant ou non d'autres personnes. Ce phénomène, pouvant être intentionnel ou non-intentionnel, est très présent chez l'humain lors de ses interactions sociales. Les premières études du phénomène d'entraînement datent des années 1980. *Wylie* fut un des premiers à penser que ce phénomène jouait un rôle essentiel dans les communications interpersonnelles. *Bernieri* voit dans ce phénomène une nouvelle méthode pour étudier les coordinations interpersonnelles [4]. En 1995, *McNeill* explique que ce phénomène peut faciliter des situations complexes et interdépendantes de coordination : sport, jeux, communication verbale, expressions émotionnelles, musique, danse etc. [5, 6]. De nombreuses études montrent que ce phénomène d'entraînement permettrait d'indiquer une perception mutuelle au cours d'une expérience sociale et qu'il constitue un des mécanismes à l'origine d'une imitation physique et émotionnelle [7, 8]. Certains auteurs [9] parlent d'entraînement social lorsque des individus se co-entraînent c'est-à-dire lorsque les sorties rythmiques générées par les uns deviennent les entrées rythmiques des autres. Ce phénomène aussi appelé entraînement interpersonnel a été observé chez de nombreuses espèces [10]. On parlera alors d'entraînement mutuel ou bidirectionnel.

Afin de prendre en compte ses effets d'entraînements mutuels dans la conception des IHM il est possible d'adopter une approche radicalement simplificatrice, qui consiste à prendre avantages des récentes découvertes sur les interactions sociales de bas niveau et les dynamiques de contrôle moteur chez l'humain. En effet, dans le cadre d'interactions intuitives entre les humains, les adaptations « non-intentionnelles » des dynamiques de mouvement jouent un rôle primordial de facilitation de la communication. Cette communication naturelle n'est néanmoins possible que dans le cadre d'une adaptation bidirectionnelle entre les deux agents qui consciemment ou inconsciemment ajustent leurs rythmes d'interaction en fonction de l'autre. Un exemple parlant est celui de deux personnes marchant côte à côte et n'ayant pas les mêmes tailles ni les mêmes fréquences naturelles de marche et qui pourtant se mettent à synchroniser leurs pas. Cette adaptation inconsciente ou automatique laisserait ainsi la possibilité de focaliser notre attention sur une discussion, une direction ou un autre événement tout en synchronisant notre locomotion sur celle de notre interlocuteur.

Néanmoins, si les coordinations interpersonnelles non-intentionnelles sont très présentes dans les interactions humain-humain, elles sont très peu étudiées dans le cadre des interactions humain-machine. Nos travaux ont donc pour objectif d'analyser ces phénomènes d'entraînement rythmiques non-intentionnels dans le cadre d'IHM ou d'IHR où la question de l'existence même de ces phénomènes peut se poser. Avant d'aborder cette question spécifique des adaptations rythmiques non-intentionnelles en IHR, nous allons, en premier lieu, introduire les coordinations interpersonnelles chez l'humain.

1. Coordinations interpersonnelles intentionnelles et non-intentionnelles chez l'humain

Bien que les humains interagissent généralement par le biais du langage, il est maintenant reconnu qu'ils coordonnent également leur corps lors des interactions sociales [11]. Par exemple, des individus peuvent être synchronisés avec leur interlocuteur lors d'une discussion [12]. A partir du moment où il y a un contact perceptif entre les deux partenaires lors d'une interaction, la coordination interpersonnelle est le plus souvent présente dans notre vie quotidienne. Il est même difficile d'éviter la coordination interpersonnelle en présence de quelqu'un qui bouge devant nous [13]. On peut distinguer deux types de coordinations : « les coordinations intentionnelles » et les « coordinations non-intentionnelles ». La notion d'intentionnalité est une notion complexe dont le sens est notamment dépendant du champ disciplinaire dans laquelle elle est utilisée. *Norman* [14], en 1986, a défini l'intention comme une décision d'agir pour atteindre un but. *Malle et Knobe* [15] ont proposé en 1997 un modèle du concept d'intentionnalité désignant le caractère fondamentalement orienté de la conscience vis-à-vis d'un objet, quel qu'il soit. Dans le cadre des coordinations motrices, on parle de « coordinations intentionnelles » lorsque l'action résulte d'un processus de décision. Autrement dit, lorsque les individus sont conscients des stimuli rythmiques qui les entourent et qu'ils cherchent volontairement à se synchroniser.

A l'inverse, la coordination non-intentionnelle est spontanée, involontaire. Elle n'en reste pas moins très courante dans notre vie quotidienne : lors d'une interaction sociale, les rythmes de nos mouvements ont tendance à être spontanément entraînés par la cadence des mouvements de nos partenaires. *Schmidt et O'Brien* (1997) ont été les premiers à formaliser ce phénomène dans une expérience dans laquelle deux participants assis l'un à côté de l'autre ont reçu l'ordre de balancer un pendule portatif à leur propre fréquence en regardant ou non (condition de contrôle) le pendule de l'autre participant [16]. Les résultats ont montré que les participants se sont synchronisés les uns avec les autres lorsqu'ils regardaient le pendule de l'autre, même s'ils n'en avaient pas l'intention : ils se sont coordonnés spontanément sans s'en rendre compte. Dans une expérience plus récente, *Issartel et al.* (2007) ont explicitement demandé aux participants de « ne pas » se synchroniser avec un autre participant assis devant eux tout en improvisant des mouvements de l'avant-bras. Les résultats ont démontré que même si les participants déclaraient que l'autre personne ne les avait pas influencés, ils ne pouvaient éviter de se synchroniser avec leur partenaire [17]. Les coordinations interpersonnelles intentionnelles et non intentionnelles partagent certaines propriétés communes. Premièrement, il n'y a pas de coordination interpersonnelle sans échange d'informations entre les deux agents [18]. Cet échange perceptif peut se produire à travers des informations visuelles [19], auditives [20] ou tactiles [21]. La deuxième propriété commune est que les performances de coordination sont plus fortes dans un couplage bidirectionnel que dans un couplage unidirectionnel. Le couplage bidirectionnel se produit lorsque les deux participants sont influencés l'un par l'autre. Quand l'un agit, l'autre réagit en fonction de l'action du premier et ainsi de suite [22]. En revanche, un

couplage unidirectionnel implique l'adaptation d'un seul des participants. Enfin, les deux types de coordinations partagent les mêmes modes de synchronisation : en phase et en anti-phase.

Bien que la coordination interpersonnelle intentionnelle et non intentionnelle partagent des propriétés communes, il existe des différences significatives entre ces deux modes. Le plus important et le plus évident est que la coordination non intentionnelle est moins stable que l'intentionnelle. La coordination intentionnelle est favorisée par la volonté des deux participants à agir ensemble. Dans ce cas, ils peuvent se coordonner presque parfaitement ensemble, c'est ce qu'on appelle la coordination absolue [23], au même tempo avec une relation de phase stable. À l'inverse, dans une interaction sociale où la coordination corporelle n'est pas le but recherché, on observe un entraînement et donc une coordination mais sans relation de phase stable car les mouvements sont souvent à des rythmes différents [24]. Cette forme plus faible de coordination est appelée coordination relative [23]. Ce que l'on voit, par exemple, dans l'étude de *Schmidt et O'Brien (1997)*, est un entraînement métastable autour des attracteurs de phase relative stables de 0° et 180° spécifiques aux modes en phase et en anti-phase, respectivement. Notez cependant que, si les deux participants ont des fréquences de mouvements très différentes (par exemple l'un à haute fréquence et l'autre à basse fréquence), il est possible de ne pas observer de synchronisation car la différence de fréquence est trop importante pour que le couplage sensori-moteur puisse contrebalancer un tel écart [24]. La condition idéale pour observer une coordination non-intentionnelle est lorsque les deux sujets bougent à plus ou moins 10% de leur fréquence préférée [18]. Pour des différences de fréquence supérieures, la coordination prend plus de temps à émerger ou peut même ne jamais se produire.

2. Les coordinations interpersonnelles en IHR

Les études précédemment rapportées décrivent la coordination entre humains. On peut alors se demander ce qui se passe si une personne interagit avec des agents artificiels tels que des robots. Les humains sont-ils capables de se synchroniser de la même manière avec des robots ? Cette dyade humain-agent artificiel suit-elle les mêmes règles que la coordination interpersonnelle humain-humain ? Un entraînement rythmique non intentionnel peut-il se produire lors de l'interaction avec un robot ? Nous proposons d'aborder ces questions dans ce qui suit.

La coordination interpersonnelle et la synchronie ont été analysées sous différents points de vue en robotique. D'abord dans le cadre de jeux d'imitation où les dynamiques sensorimotrices interpersonnelles ont été utilisées pour étudier différents aspects de l'interaction sociale : couplage moteur et tour de rôle des agents [25], détection d'imitation par la construction de cartes interpersonnelles [26], apprentissage en utilisant la synchronie comme récompense interne [27] ou comme signal de renforcement pour apprendre de nouvelles associations sensorimotrices [28]. Ensuite, l'engagement et l'attention lors d'une interaction humain-robot (IHR) ont également été améliorés en utilisant des signaux sensoriels multimodaux synchronisés [29–31]. Enfin, concernant les

robots d'assistance pour les soins cliniques, plusieurs auteurs soutiennent que la synchronie et la réciprocité sont des mécanismes clés qui affectent à la fois le comportement (mouvements) et le niveau social [32]. Néanmoins, malgré ce caractère important des coordinations interpersonnelles, souligné par les nombreuses et différentes études ci-dessus, son efficacité et sa caractérisation dans le cas des IHR (par rapport aux interactions sociales humaines) font toujours débat. Des affirmations totalement opposées existent. *Kilner et al. (2003)* suggèrent que les robots ne déclenchent aucune interférence motrice (suggérant que l'interférence est un type de coordination interpersonnelle) lorsqu'ils interagissent avec un humain [33]. Les auteurs ont utilisé dans ce cas un bras de robot non humanoïde. *Oztop et al. (2005)* ont reproduit le même genre d'expérience avec, cette fois, un robot humanoïde. Ils ont alors montré que les humains étaient autant influencés par le robot que par un humain [34]. De même, *Shen et al. (2011)* ont étudié l'inférence motrice et la coordination motrice dans les interactions humain-humoïde pour différents types de stimuli visuels (robot, pendule et point mobile). Les auteurs ont conclu que les participants avaient tendance à se synchroniser avec des agents ayant une apparence plus « humaine » [35]. D'autres soutiennent que la ressemblance motrice et la résonance motrice sont plus importantes que l'apparence physique. *Marin et al. (2009)* ont souligné que la résonance motrice entre les robots (humanoïdes) et les humains pourrait optimiser la compétence sociale des IHR [22]. D'autres résultats indiquent que les perceptions de la ressemblance peuvent être manipulées par de simples changements, tels que la variation du répertoire de mouvements, la coordination ou la synchronie du robot [36]. *Lehmann et al. (2015)* ont utilisé un robot non anthropomorphe avec une gamme limitée de mouvements expressifs. Ils ont démontré que les mouvements synchronisés étaient perçus positivement et étaient interprétés par les participants comme un engagement et créaient une disposition positive envers le robot [37]. Bien qu'il existe une myriade d'articles sur la coordination humain-robot, la plupart de ces études traitent de la coordination intentionnelle. Afin de construire des robots qui peuvent interagir naturellement avec les humains, nous soutenons qu'il est nécessaire de mieux étudier la coordination en IHR en la comparant aux caractéristiques de la coordination sociale humaine. La coordination non intentionnelle humaine avec un robot doit donc être prise en compte.

3. Etudes des phénomènes des coordinations interpersonnelles non-intentionnelles en IHR

Nous émettons l'hypothèse que, comme pour l'interaction humain-humain, la coordination humaine non intentionnelle est présente et importante dans les IHR. Ces phénomènes n'ont cependant jamais été réellement étudiés dans le cadre des IHR. Nous avons alors mené plusieurs études, dont celle résumée ci-dessous, qui visent à confirmer notre hypothèse. En plus de l'état de l'art ci-dessus, le sujet de cette étude que nous présentons ici a été motivé par des travaux et des résultats fondateurs récents. En premier lieu, plusieurs articles ont montré que les humains se synchronisent intentionnellement et non intentionnellement avec un signal sensoriel non social tel qu'un objet perçu se déplaçant sur un écran [19]. Néanmoins, les auteurs de ces travaux n'ont pas utilisé de robots ou d'agents artificiels, ils n'ont pas non plus utilisé de signal sensoriel adaptatif

pour permettre une interaction bidirectionnelle. Cependant, ces travaux ont clairement démontré la présence du phénomène (entraînement rythmique non-intentionnel) lorsque le signal sensoriel n'est pas produit par l'humain, ce qui souligne le fait que le même résultat devait être obtenu lorsqu'une personne fait face à un robot (agent artificiel). C'est précisément ce que nous cherchons à observer et à démontrer.

L'objectif de la présente étude est donc d'analyser la coordination interpersonnelle humaine lors d'une interaction avec un robot. Nous abordons spécifiquement les questions suivantes : i) Pouvons-nous confirmer, dans le cadre d'une IHR, l'observation de l'entraînement et de la synchronisation rythmiques non intentionnelle humaine ? ii) si oui, quel comportement du robot (robot adaptatif vs non adaptatif) favorise le mieux un tel phénomène ? Et enfin, iii) Comment comparer l'IHR avec les interactions humain-humain en termes de stabilité de la coordination interpersonnelle concernant deux aspects différents : 1) entraînement rythmique unidirectionnel (robot à fréquence fixe) versus bidirectionnel (robot à fréquence adaptative) et 2) comportement de l'humain intentionnel versus non intentionnel ?

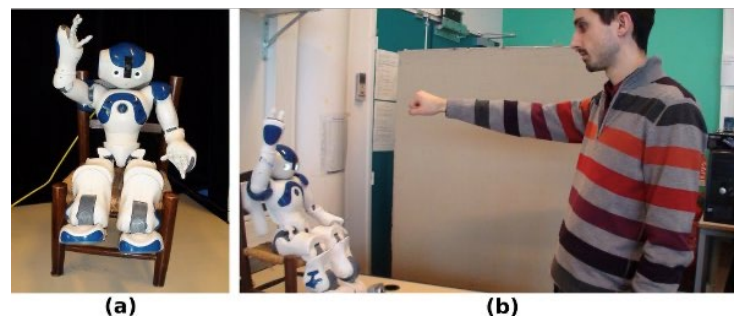


Figure 1. Setup Experimental. (a) le Robot NAO (b) Le robot en interaction avec une sujet humain

3.1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était similaire à celui décrit Figure 1. Une caméra externe a été utilisée pour la vision du Robot. Le robot était contrôlé par un ordinateur portable exécutant un modèle de contrôle neuronal permettant au robot d'effectuer la tâche et, selon les conditions, de synchroniser son comportement avec les dynamiques de mouvement du partenaire humain (apparents dans le champ visuel du robot). Deux goniomètres filaires ont été utilisés pour mesurer les signaux de mouvement (déplacements angulaires de l'épaule), l'un sur l'épaule de NAO et l'autre sur les épaules des participants.

3.2 Participants

15 jeunes adultes (8 hommes, 7 femmes) de l'Université de Montpellier ont participé à l'expérimentation. Leur âge était compris entre 18 et 25 et leur taille était comprise entre 1,56 m et 1,9 m. Quatorze des participants étaient droitiers et un était gaucher. Tous les sujets étaient en bonne santé sans altérations physiques, psychologiques ou neurophysiologiques signalés.

3.3 Procédure

Le robot NAO peut avoir ici deux modes de comportement différents : déplacer son bras verticalement avec une fréquence prédéfinie et fixe ou, grâce au modèle neuronal de contrôle oscillatoire décrit par *Hasnain et al. (2012)* [38], avec une fréquence adaptative lui permettant de se synchroniser avec des sujets humains. La tâche des participants était de bouger leur bras verticalement devant le robot NAO (voir Figure 1-b) dans cinq conditions différentes :

- Dans la condition 1 les sujets avaient les yeux bandés et des écouteurs afin qu'ils ne puissent ni voir ni entendre le robot. Le robot était capable de se synchroniser avec les participants.
- Dans la condition 2 le robot avait une fréquence fixe et les participants pouvaient voir et entendre le robot, ils devaient bouger à leur fréquence préférentielle.
- Dans la condition 3 le robot avait une fréquence adaptative (comme dans la condition 1) et les participants pouvaient voir et entendre le robot, ils devaient bouger à leur fréquence préférentielle.

Les conditions 4 et 5 sont respectivement similaires aux conditions 2 et 3 mais on a demandé explicitement aux sujets de se synchroniser sur le robot. Les conditions 2 et 3 étaient des conditions non intentionnelles et les conditions 4 et 5 étaient des conditions intentionnelles. Les conditions 1, 2 et 4 sont unidirectionnelles (seul un agent peut s'adapter à l'autre) et les conditions 3 et 5 sont bidirectionnelles. Pour toutes les conditions, aucune connaissance a priori n'a été donnée au sujet sur la façon dont le robot allait se déplacer ou réagir lors de l'interaction. Afin d'éviter un impact sur les conditions non intentionnelles, les conditions intentionnelles ont toujours été réalisées après la condition 1 et les deux conditions non intentionnelles.

3.4 Résultats

Les résultats de cette étude, détaillés dans [39] sont résumés ci-dessous. Sans surprise, dans les conditions intentionnelles (4 et 5) l'analyse des périodes moyennes des mouvements a montré une correspondance de tempo presque parfaite qui confirme les capacités humaines à coordonner et à se synchroniser intentionnellement [40]. Les écarts types des périodes ont révélé de faibles variations de tempo dans des conditions intentionnelles. Dans la condition 1, les périodes moyennes des humains et du robot

étaient proches, montrant que le robot était capable de s'adapter au rythme défini par les participants (qui avaient les yeux bandés).

Concernant les conditions non intentionnelles (2 et 3), les résultats sur les périodes et leurs écarts types étaient informatifs sur les concepts d'entraînement rythmique non intentionnel unidirectionnel et bidirectionnel. Par rapport à la condition 1, la condition 2 présentait une période moyenne significativement inférieure sans représenter plus de variabilité. Ces résultats ont démontré que, si le participant trouvait une certaine stabilité en essayant de garder son rythme en présence de perturbation rythmique (mouvement du robot à tempo fixe), il ne pouvait pas éviter l'entraînement rythmique et était accéléré par le Tempo du robot. La condition 3 a montré de manière intéressante que le tempo mutuel humain et robot était un compromis entre le rythme préféré des participants (conditions 1) et le rythme initial fixe du robot. Cette condition a démontré un entraînement rythmique bidirectionnel clair, les humains étaient accélérés par le robot et inversement, le robot était ralenti par les participants. En résumé, le résultat important à souligner ici concernant le tempo est évidemment le fait que, dans les deux conditions unidirectionnelles et bidirectionnelles (conditions 2 et 3), un entraînement rythmique non intentionnel humain a été observé lors de l'interaction, confirmant ainsi notre hypothèse. Le degré de synchronisation et de coordination a été évalué par la variance circulaire et la distribution relative de l'angle de phase (entre les signaux de mouvement du robot et ceux des sujets). Les résultats ont classé les conditions de synchronisation moyenne de la plus faible à la plus élevée comme suit : condition 2 (unidirectionnelle, non intentionnelle), condition 1 (unidirectionnelle avec des sujets aux yeux bandés), condition 3 (bidirectionnelle, non intentionnelle), condition 4 (unidirectionnelle, intentionnel) et enfin condition 5 (bidirectionnelle, intentionnel). Il est important de noter le faible niveau de synchronisation en condition 2 (robot à fréquence fixe). Bien que nous ne puissions pas garantir que les participants n'essayaient pas de se coordonner avec le robot (plutôt que de simplement garder leur rythme), nous pensons qu'ils n'étaient pas intentionnellement synchronisés (en raison du faible niveau de synchronisation). Nous pouvons par conséquent soutenir que l'entraînement rythmique discuté ci-dessus dans les conditions 2 et 3 était bien non-intentionnel. La variance circulaire a montré que la synchronisation était légèrement meilleure dans la condition 3 par rapport à la condition 1 où le robot présentait le même comportement. La distribution de phase relative a révélé d'autre part une stabilité significativement plus élevée du schéma de synchronisation des mouvements dans la condition 3 par rapport à la condition 1. Elle démontre la contribution de l'entraînement bidirectionnel à la coordination interpersonnelle humain/robot. Le même phénomène peut être observé dans des conditions intentionnelles avec une meilleure performance en termes de stabilité de synchronisation dans la condition 5 (bidirectionnelle) par rapport à la condition 4 (unidirectionnelle). La différence est cependant ici moins importante par rapport aux conditions non intentionnelles en raison de la grande capacité des sujets humains à se synchroniser intentionnellement de manière très stable. Le principal résultat à noter ici est que, comme pour la coordination interpersonnelle humain-humain, une meilleure synchronisation est obtenue en cas d'entraînement mutuel et bidirectionnel pour des conditions à la fois non intentionnelles et intentionnelles. En outre et sans surprise, comme dans la coordination

interpersonnelle humain-humain, la coordination intentionnelle humaine est beaucoup plus stable que la coordination non intentionnelle dans les IHR.

Conclusion

L'étude résumée ci-dessus a démontré que les caractéristiques de la coordination interpersonnelle humain-humain peuvent clairement être reproduites et confirmées dans le cas des IHR. Plus précisément, les résultats obtenus ont montré que, comme pour la coordination interpersonnelle humain-humain, lors de l'interaction avec un robot :

- un effet d'entraînement non intentionnel humain est présent
- l'entraînement bidirectionnel apporte plus de stabilité et une meilleure synchronisation pour la coordination tant non intentionnelle qu'intentionnelle
- la coordination intentionnelle est plus forte et plus stable que la coordination non intentionnelle.

Cependant, d'autres questions peuvent être discutées sur la base de nos résultats. Bien que nous ayons démontré l'existence d'un entraînement rythmique non intentionnel humain dans une IHR, cette étude ne détaille pas la manière dont ce phénomène se produit. Par conséquent, nous ne pouvons pas, à ce stade, comparer avec précision nos résultats en IHR avec l'ensemble des aspects caractéristiques de la coordination interpersonnelle humain-humain. En effet, de nombreuses questions peuvent émerger apportant de nombreuses perspectives intéressantes à ce travail. Une plus grande attention doit être accordée aux fréquences préférées des participants humains dans les expériences futures. En effet, comme mentionné plus haut, la littérature a décrit que la meilleure plage pour observer une coordination non intentionnelle est lorsque les deux participants se déplacent à $\pm 10\%$ de leur fréquence préférée [18]. Dans les travaux futurs, nous tâcherons par conséquent de mieux évaluer les fréquences préférées des participants et à contrôler le robot de manière à ce qu'il ne puisse se coordonner que pour une petite plage de temps autour de ces fréquences préférentielles. De cette façon, nous serions plus en mesure de simuler la coordination non intentionnelle du robot et de mieux analyser, par exemple, l'entraînement bidirectionnel dans des conditions où les deux agents (humain et robot) agissent de manière similaire (comportement non intentionnel). De même, comme dans la coordination interpersonnelle humain-humain, nous pourrions mieux analyser les effets des amplitudes des signaux d'entraînement. *Varlet et al. (2012)* ont montré que l'amplitude du stimulus influence l'entraînement non intentionnel [41]. Dans nos expériences, les humains sont entraînés visuellement par le mouvement du bras du robot, ce qui signifie que la taille du robot ou la distance entre le robot et les participants peuvent jouer un rôle sur la force d'entraînement rythmique à travers des variations d'amplitude du flot optique (extrait des séquences d'images) qui dépendent fortement de la distance entre les agents.

À l'avenir, nous pourrions étudier si l'apparence physique (aspect mécanique) du robot peut affecter l'entraînement rythmique dans les IHR. Certaines études ont suggéré que les robots humanoïdes sont plus susceptibles d'avoir une influence motrice sur le

comportement humain [34]. Notre étude ne peut pas répondre à cette question car nous n'avons utilisé qu'un seul type de robot humanoïde. Cependant, nous émettons l'hypothèse que l'apparence physique du robot pourrait ne pas avoir d'impact significatif surtout dans le cas d'un entraînement non intentionnel étant donné que les humains peuvent être entraînés rythmiquement par un simple point mobile [19]. Au contraire, nous soutenons que le comportement moteur et cinématique du robot est extrêmement important. Plus précisément, une coordination interpersonnelle stable a besoin d'un équilibre persistant entre les signaux moteurs et les signaux des senseurs échangés par les agents en interaction. Par conséquent, le modèle computationnel utilisé pour le contrôle sensori-moteur du robot doit être choisi soigneusement.

La présence d'un tel phénomène dans l'interaction humain-robot, comme cela est prouvé ici, doit interroger la manière de modéliser les IHR ou les IHM au sens plus large, notamment dans les cas où les agents artificiels dits « sociaux » sont censés interagir en temps réel avec des partenaires humains. En effet, malgré sa présence et son importance dans les interactions humaines, l'entraînement rythmique non intentionnel n'est presque jamais pris en compte dans les IHR. La plupart des architectures existantes sont basées sur des politiques de contrôle optimales. Très peu incluent des réflexes sensorimoteurs de bas niveau et persistants comme l'entraînement rythmique non intentionnel du contrôleur moteur (par des signaux sensoriels). Nous pensons qu'ajouter aux solutions existantes, de manière prudente, des réflexes sensorimoteurs de bas niveau simulant un entraînement rythmique non intentionnel peut améliorer l'intuitivité de l'IHR.

Bibliographie

- [1] Olivier Oullier, Gonzalo C De Guzman, Kelly J Jantzen, Julien Lagarde et Ja Scott Kelso. "Social coordination dynamics: Measuring human bonding". In: *Social neuroscience* 3.2 (2008), p. 178–192
- [2] Riitta Hari et Miiamaaria V Kujala. "Brain basis of human social interaction: from concepts to brain imaging". In: *Physiological reviews* 89.2 (2009), p. 453–479
- [3] Michael J HOVE et Jane L Risen. "It's all in the timing: Interpersonal synchrony increases affiliation". In: *Social Cognition* 27.6 (2009), p. 949–960
- [4] Frank J Bernieri et Robert Rosenthal. "11. Interpersonal coordination: Behavior matching and interactional synchrony". In: *Fundamentals of nonverbal behavior* 401 (1991)
- [5] William H McNeill. *Keeping together in time*. Harvard University Press, 1997
- [6] Edward W Large. "On synchronizing movements to music". In: *Human Movement Science* 19.4 (2000), p. 527–566
- [7] Daniel C Richardson, Rick Dale et Natasha Z Kirkham. "The art of conversation is coordination common ground and the coupling of eye movements during dialogue". In: *Psychological science* 18.5 (2007), p. 407–413
- [8] Vittorio Gallese, Christian Keysers et Giacomo Rizzolati. "A unifying view of the basis of social cognition". In: *Trends in cognitive sciences* 8.9 (2004), p. 396–403

- [9] Jessica Phillipps-Silver, C Athena Aktipis et Gregory A Bryant. "The ecology of entrainment: Foundations of coordinated rhythmic movement". In: *Music Perception : An Interdisciplinary Journal* 28.1 (2010), p. 3-14
- [10] Martin Clayton, Rebecca Sager et Udo Will. "In time with the music: the concept of entrainment and its significance for ethnomusicology." In: *European meetings in ethnomusicology*. T. 11. Romanian Society for Ethnomusicology. 2005, p. 1-82
- [11] Bernieri, F. J. Coordinated movement and rapport in teacher-student interactions. *Journal Nonverbal Behavior*. 1988; 12(2), 120-138
- [12] Schmidt, R. C., Morr, S., Fitzpatrick, P. A., Richardson, M. J. (2012). Measuring the dynamics of interactional synchrony. *Journal of Nonverbal Behavior*. 2012; 36, 263-279.
- [13] Issartel, J., Marin, L., Cadopi, M. Unintended interpersonal co-ordination. *Neuroscience Letters*. 2007; 411(3), 174-179
- [14] Norman, D. : Cognitive engineering. In: D.A.N..S.W. Draper (ed.) *User Centered System Design : New Perspectives on Human-Computer Interaction*, pp. 31 – 61. CRC Press (1986)
- [15] Malle, B.F., Knobe, J. : The folk concept of intentionality. *Journal of Experimental Social Psychology* 33(2), 101-121 (1997). DOI doi.org/10.1006/jesp.1996.1314
- [16] Schmidt, R. C., O'Brien, B. Evaluating the dynamics of unintended interpersonal coordination. *Ecological Psychology*. 1997; 9(3), 189-206.
- [17] Issartel, J., Marin, L., Cadopi, M. : Unintended interpersonal co-ordination : "can we march to the beat of our own drum?". *Neuroscience Letters* 411(3), 174 – 179 (2007). DOI 10.1016/j.neulet.2006.09.086
- [18] Richardson, M. J., Marsh, K. L., Schmidt, R. C. Effects of visual and verbal interaction on unintentional interpersonal coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2005; 31, 62-79
- [19] Schmidt, R. C., Richardson, M. J., Arsenault, C., Galantucci, B. Visual tracking and entrainment to an environmental rhythm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2007; 33(4), 860.
- [20] Shockley, K., Baker, A., Richardson, M. R., Fowler, C. A. Articulatory constraints on interpersonal postural coordination. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*. 2007; 33. 201-8.
- [21] Lenay, C. "It's so touching" : Emotional value in distal contact. *International Journal of Design*. 2010; 4, 15-26.
- [22] Marin, L., Issartel, J., Chaminade, T. Interpersonal motor coordination: From human-human to human-robot interactions. *Interaction Studies*. 2009; 10(3), 479-504.
- [23] von Holst, E. Relative coordination as a phenomenon and as a method of analysis of central nervous functions. *The selected papers of Erich von Holst. The behavioural physiology of animals and man*. 1973; 1, 33-135.
- [24] Schmidt, R. C., Richardson, M. J. Dynamics of interpersonal coordination. In A. Fuchs & V. Jirsa (Eds.), *Coordination: Neural, Behavioral and Social Dynamics*. 2008; pp. 281-308
- [25] Ikegami, T., Iizuka, H. Joint attention and Dynamics repertoire in Coupled Dynamical Recognizers. *AISB 03: Symposium on Imitation in Animals and Artifacts*. 2003; 125-130.

- [26] Hafner, V. V., Kaplan, F. Interpersonal Maps: How to map affordances for interaction behaviors. Proceedings of international conference on Towards affordance-based robot control. 2008; 1-15
- [27] Andry, P., Blanchard, A., Gaussier, P. Using the Rhythm of Nonverbal Human-Robot Interaction as a Signal for Learning functions. IEEE Transaction on Autonomous Mental Development. 2011; 3(4), 30-42
- [28] Prepin, K., Gaussier, P. How an agent can detect and use synchrony parameter of its own interaction with a human? Development of Multimodal Interfaces: Active Listening and Synchrony. 2010; 50-65
- [29] Crick, C., Munz, M., Scassellati, B. Synchronization in social tasks: Robotic drumming. 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. 2006; 97-102
- [30] Rolf, M., Hanheide, M., Rohlfing, K.J. Attention via Synchrony: Making Use of Multimodal Cues in Social Learning. IEEE Transactions on Autonomous Mental Development. 2009; 1(1), 55-67
- [31] Sadouhi, N., Pereira, A., Jain, R., Leite, L., Lehman, J. F. Creating Prosodic Synchrony for a Robot Co-Player in a Speech-Controlled Game for Children. 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. 2017; 91-99.
- [32] Lorenz, T., Weiss, A., Hirche, S. Synchrony and Reciprocity: Key Mechanisms for Social Companion Robots in Therapy and Care. Int J of Soc Robotics. 2016; 8, 125-143
- [33] Kilner, J. M., Paulignan, Y., Blakemore, S. J. An interference effect of observed biological movement on action. Current Biology. 2003; 13(6), 522-525.
- [34] Oztop, E., Franklin, D., Chaminade, T., Gordon, C. Human-humanoid interaction: is a humanoid robot perceived as a human? International Journal of Humanoid Robotics. 2005; 2(4), 537-559.
- [35] Shen, Q., Kose-Bagci, H., Saunders, J., Dautenhahn, K. The impact of participants' beliefs on motor interference and motor coordination in human-humanoid interactions. IEEE Transactions on Autonomous Mental Development. 2011; 3, 6-16.
- [36] Avrunin, E., Ashley Douglas, J. H., Scassellati, B. Effects related to synchrony and repertoire in perceptions of robot dance. In Proceedings of the 6th international conference on Human-robot interaction (HRI). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. 2011; 93-100.
- [37] Lehmann, H., Saez-Pons, J., Syrdal, D.S., Dautenhahn, K. In Good Company? Perception of Movement Synchrony of a Non-Anthropomorphic Robot. PLoS ONE. 2015; 10(5) : e0127747
- [38] Hasnain, S.P., Mostafaoui, G., Gaussier, P. A synchrony-based perspective for partner selection and attentional mechanism in human-robot interaction. Paladyn Journal of Behavioral Robotics. 2012; 3(3), 156-171
- [39] Ghiles Mostafaoui, R. C. Schmidt, Syed Khursheed Hasnain, Robin Salesse, Ludovic Marin, Human Unintentional and Intentional interpersonal coordination in interaction with a Humanoid Robot, Plos One 2021 (à paraître)
- [40] Schmidt, R. C., Carello, C., Turvey, M. T. Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 1990; 16(2), 227.

- [41] Varlet, M., Coey, C. A., Schmidt, R. C., Richardson, M. J. Influence of stimulus amplitude on unintended visuomotor entrainment. *Human Movement Science*. 2012; 31(3), 541-552.

Pour qu'on ne se débarrasse pas des hommes : entre art et sciences, l'ingénieur face à l'ambivalence du sujet

Sylvain Reynal

ETIS (UMR8051) & Institut Actes Panthéon-Sorbonne, ENSEA

Résumé. Notre relation aux *machines automatiques* se soutient d'une tension originelle entre, d'une part, des promesses de liberté héritées du projet libéral initial et, d'autre part, une *protocolisation* généralisée des formes d'existence, une normalisation technique visant à contrôler les actions des hommes par la standardisation. Outre que ce rapport particulier à l'automate exige une adaptation permanente de la part du sujet et peut être source d'une immense souffrance, c'est également l'autonomie du sujet dans son rapport à l'objet intelligent qui est ici en jeu ; et en filigrane, une organisation de la Cité susceptible d'empêcher l'avènement d'un *totalitarisme des automates* face à la fragile singularité de chaque existence. Il s'avère ainsi que l'individu renonce à sa liberté, sa singularité et sa responsabilité au profit d'automatismes qui décident à sa place. Ce sont eux qui désormais semblent pouvoir endosser la cause symbolique factorisant l'ensemble des angoisses du sujet, et c'est ici que se joue probablement l'ambivalence du sujet dans son rapport aux objets intelligents. Si la responsabilité de l'ingénieur n'est ici pas anodine, l'artiste aussi, en particulier dans l'interaction art et sciences, peut s'emparer de cette tension originelle pour faire place à l'ambivalence du sujet, redonnant sa place à l'excitation du vivant et à l'étrangeté.

Mots-clés. Automates, Libéralisme, Normes, Négativité.

1. L'humain au centre

« Remettre l'humain au centre dans un monde post-Covid »¹, « l'humain restera au centre de la technologie »², « ramener l'humain au centre du processus de production »³ : ces récentes manchettes de magazines consacrés à la technologie paraissent témoigner d'un sentiment d'expulsion de l'homme du système technicien, sentiment semble-t-il largement partagé si l'on en juge par la fréquence à laquelle se rencontre cette expression dans les media. Si tant est qu'on prenne ces expressions au pied de la lettre, que ces manchettes nous implorent-elles, au juste, de replacer *au centre* et ce faisant, que ces titres — conçus avant tout pour accrocher le lecteur — nous racontent-ils de ce que *nous* ressentons face aux machines ? Doit-on comprendre ici que les machines automatiques, qui constituent l'essentiel du système technicien actuel, fonctionnent en parfaite autonomie sans intervention humaine, et qu'on aimerait au contraire — faisant en quelque sorte écho aux trois vexations freudiennes (Freud, 1933, 67) — qu'elles eussent besoin d'une intervention humaine afin que *l'homme compte encore un peu quand même* ? Ou au contraire, nous glissant peut-être un peu plus entre les lignes, doit-on y entendre une véritable souffrance face à l'implacable de l'automate et de la procédure qui s'impose

¹ <https://www.journaldunet.com/management/vie-personnelle/1492397-la-necessite-de-remettre-l-humain-au-centre-dans-un-monde-post-covid/>

² <https://www.nouvelobs.com/2049/20191031.OBS20572/l-humain-restera-au-centre-de-la-technologie-qui-accompagnera-le-travail-de-demain.html>

³ <https://energence.eu/lindustrie-5-0-ou-lhumain-dabord/>

à ceux qui interagissent avec lui, une souffrance qu'amplifierait la solitude, le signe qu'on n'écoute plus les humains ou qu'on se préoccupe moins d'écouter les humains que de programmer les machines ? Quelle que soit la perspective choisie, ce qui se dessine dans ces quelques questionnements et qui constitue ce sur quoi nous souhaitons élaborer ici, a d'abord à voir avec le processus de subjectivation auquel est soumis le « sujet devant la machine » ; un sujet tout d'abord sensible, tiraillé entre des désirs contradictoires, tantôt ancré, tantôt déraciné, plus rarement rationnel qu'enchaînant les actes manqués, quand bien même il prétendrait l'exact contraire ; un sujet en tension, fondé par l'**ambivalence**, en somme.

2. De la dialectique entre SHS et ingénierie

Ce faisant, ces questionnements nous invitent, en modifiant cette fois radicalement l'angle de la caméra, à interroger le regard que l'ingénieur lui-même, lorsqu'il conçoit des dispositifs automatisés, porte sur l'**ambivalence** de ce même sujet, que ces dispositifs soient au demeurant incarnés ou pas. Dit autrement, comment l'ingénieur intègre-t-il dans sa conception, plus ou moins consciemment, tout ce qui n'est pas verbalisé par le sujet, tout ce qui est verbalisé mais ne constitue qu'un discours de surface du « qui ne sait pas toujours très bien ce qu'il désire » ? Comment intègre-t-il les actes manqués (Freud, 2001), les revirements, les dénégations ? Sur le terrain de la subjectivité en tant qu'objet d'étude proprement dit, les sciences humaines et sociales (SHS) possèdent sans nul doute, par *construction*, un peu d'avance et nous faisons ici l'hypothèse que seule une approche pluridisciplinaire de notre relation aux objets connectés, aux objets intelligents, aux robots et aux algorithmes qui les animent peut réconcilier les deux perspectives que nous évoquions, en interrogeant d'abord la **place du sensible** dans la **dialectique** entre SHS et (techno)sciences. A cet égard, les interactions *art et sciences*, c'est-à-dire en particulier la production d'œuvres d'art dont le *medium* est constitué du substrat technologique contemporain, constituent un terrain d'expérimentation privilégié (sur lequel nous reviendrons), en tant qu'elles décalent les dispositifs technologiques dans l'espace du sensible, ou plus précisément ce que dans un précédent travail je qualifiais d'*espace du trouble* (Reynal 2021).

Cette dialectique entre SHS et ingénierie s'inscrit dans une histoire complexe, convoquant notamment, pour ce qui nous concerne ici, l'héritage du **projet libéral** initié au dix-huitième siècle et la **révolution symbolique** opérée par la psychanalyse. Elle subsume en quelque sorte un faisceau de questionnements contemporains extrêmement disparates et que rien ne semble lier *en apparence*, tour à tour sociologiques, économiques ou relevant de la philosophie morale, et qui ont pour objet, précisément, le sujet post-moderne. Elle est une toile complexe de causalités accueillant dans un même temps la partition trouble que jouent ambivalence et transparence (et son corolaire, la calculabilité du monde) dans les sociétés contemporaines, la figure de l'étrangeté et les multiples incarnations de l'altérité, la tension continue entre uniformisation et morcellement dont se soutiennent le projet libéral et son régime de normes, l'économie pulsionnelle dont ce projet se nourrit, enfin. En particulier, la place âprement disputée de l'ambivalence du sujet dans la

société prise dans son ensemble (et qui fait écho au cas particulier de l'ingénieur concepteur de dispositif automatisés), est d'abord la place accordée au conflit intérieur, à la polysémie des symboles et à l'incertitude quant aux intentions de l'Autre, à l'impossibilité de discerner une causalité à l'œuvre chez l'Autre et à l'angoisse qui accompagne inévitablement cette impossibilité ; lors que dans le même temps, la transparence et son corolaire, *tout-voir*, *tout-comprendre*, offrent un confort psychique incomparable aux existences. De fait, questionner la subjectivité de celui qui interagit avec le dispositif technique requiert d'examiner le faisceau complexe d'aliénations et de phobies dans lequel ce sujet est englué.

3. Automates et projet libéral

Notre relation aux *machines automatiques* se soutient en effet d'une tension originelle entre d'une part, des promesses de liberté et d'émancipation héritées des Lumières et du projet libéral initial et, d'autre part, une *protocolisation* généralisée des formes d'existence, une normalisation technique visant à contrôler les actions des hommes par la standardisation, le geste machinal, le mode d'emploi formalisé à l'extrême et dont l'histoire plonge ses racines dans un dix-neuvième siècle hygiéniste avant l'heure. La *facilitation* de la vie sur terre dont se réclament bon nombre d'avancées techniques est en quelque sorte la réponse de la science aux nouvelles sources de légitimité du pouvoir qui naissent après les grandes révolutions de la fin du dix-huitième siècle : celle, d'abord, d'assurer le bonheur des citoyens, pour des pouvoirs ne pouvant plus se réclamer d'une légitimité de source sacrée. Mais les progrès scientifiques et techniques considérables qui traversent le dix-neuvième siècle accompagnent la naissance vers la fin du siècle d'un véritable quadrillage normatif. Celui-ci penche d'abord vers le versant hygiéniste, faisant intrusion dans le corps physique avec la médicalisation (Gori, 2015) des existences puis la biopolitique ; puis, tout au long du vingtième siècle cette normalisation technique s'étend en trouvant parfois des soutiens inattendus dans un capitalisme industriel qui voit dans ces normes un moyen extrêmement efficaces de faire régner l'ordre et la morale sur les chaînes de montage. D'une certaine manière, si l'histoire du progrès technique est indissociable d'une histoire des normes qu'elle a par ailleurs amplement suscitée, cette dernière est elle-même enchâssée dans une histoire du libéralisme (économique cette fois) qui fait de la normalisation un préalable à la standardisation et aux gains de productivité (et partant, aux profits) auxquels la standardisation permet, précisément, d'accéder. *L'idéologie de l'évaluation* (Gori, Del Volgo, 2009) qui constitue l'aboutissement contemporain de ce processus de quadrillage normatif où toute activité humaine doit pouvoir s'insérer dans des catégories quantifiables (y compris jusque dans le soin et l'éducation, activités éminemment difficiles sinon impossible à quantifier) coïncide à point nommé avec l'émergence d'une prophylaxie généralisée, lointain écho de l'hygiénisme né à la fin du dix-neuvième siècle. Alors, comme le soulignait déjà Jean Baudrillard dans *La Transparence du Mal*, « il n'est pas absurde de supposer que l'extermination de l'homme commence par l'extermination de ses germes. Car tel qu'il est, avec ses humeurs, ses passions, ses rires, son sexe, ses sécrétions, l'homme n'est lui-même

qu'un sale petit germe, un virus irrationnel qui trouble l'univers de la transparence. » (Baudrillard, 1990, 68). Ce qui semble donc s'être insidieusement installé tout au long des deux siècles précédents est une entreprise systématique de domination exercée par la raison instrumentale sur les « passions », comme une malédiction des temps modernes que Freud lui-même semblait au demeurant avoir identifié dans sa tentative de prendre en compte dans son corpus théorique, et sans jamais renoncer à l'idéal des Lumières, la part maudite de l'humanité.

4. L'errance du sujet post-moderne

Si nous détenons ici un premier élément de compréhension de l'ambivalence du sujet en tant qu'il oscillerait, de façon caricaturale, entre raison et « passions », le propre du projet libéral — dans sa composante politique comme dans son versant économique — est précisément d'avoir offert, dès le début de la modernité, des conditions d'émergence d'une économie pulsionnelle — c'est-à-dire entre autres choses d'une économie de la désinhibition — qui ont semble-t-il exacerbé les conflits intérieurs du sujet. Mon propos n'est pas d'exhumer ici une histoire détaillée du libéralisme⁴, mais simplement de montrer comment l'émergence d'une telle économie pulsionnelle a entraîné dans son sillage la naissance du mythe d'un individu auto-fondé, rétif à la soustraction de jouissance nécessaire à la vie dans la Cité, c'est-à-dire *in fine* d'un *consommateur* éprouvant de grandes difficultés à résister à l'attrait séduisant d'une innovation technologique qui lui permettrait de ne pas être frustré ou triste.

Historiquement, le libéralisme tel qu'il est théorisé au dix-huitième siècle, en particulier par les *lumières* anglaises, pose en effet la prééminence du *self-love* sur l'amour *Dei* (Dufour 2009, 52) comme moteur de la prospérité des nations. Le projet libéral fait sienne l'hypothèse d'un sujet intégralement pétri de raison, doté d'un « moi » très fort, agissant exclusivement dans son propre intérêt égoïste et non plus sous le coup d'une générosité justifiée par une sujétion aux règles divines. Pour ses concepteurs et défenseurs, il s'agit d'un projet politique *disruptif*, qui fait de l'individu libéral un homme résolument nouveau et émancipé ; les deux siècles qui suivront consacreront effectivement l'avènement d'un individu libéral « post-moderne » se *fantasmant* auto-fondé (Lebrun, 2015, 188), c'est-à-dire ne devant rien à ses ancêtres ou prédécesseurs, sans dette, sans manque, sans creux ou vide fondateur, en quelque sorte un individu parvenant au monde en étant déjà *complet*. Ce fantasme de *complétude* qui traverse en filigrane l'intégralité de la doxa (néo)libérale contemporaine, et dont un des marqueurs les plus saillants est la disparition de la *place d'exception* qui procède du *creux*, est un élément déterminant dans la compréhension du rapport du sujet post-moderne aux instruments et dispositifs techniques, car de ce fantasme procède une des ambivalences fondatrices du programme de *facilitation de la vie* porté par le progrès technique : celle d'une tension irrésoluble entre, d'une part, une incapacité à accepter la soustraction de jouissance, la frustration, le

⁴ On pourra par exemple consulter avec profit la référence (Dufour 2009) qui couvre la période s'étendant du dix-huitième siècle à nos jours.

manque que provoquerait le renoncement à un dispositif technique portant en lui des promesses de vie douce et confortable, de vie plus *facile* en somme ; et d'autre part, le dévoilement que l'aliénation à ce dispositif pour les raisons que nous venons d'énoncer, oblitère tout programme d'autonomisation du sujet que promet, précisément, ce même progrès technique. Dit autrement, un individu autonome est un individu conscient de ses conflits intérieurs, au premier rang desquels celui dont se soutient le périlleux cheminement vers la liberté en tant que celle-ci incarne un délicat équilibre entre un renoncement à et une jouissance *de* l'objet. Or en vantant par exemple les capacités d'un dispositif automatisé de se fondre dans le désir du consommateur, ce fantasme de complétude installe le sujet post-moderne dans une tout autre position : celle d'un sujet au désir errant, à la pulsion livrée à elle-même, sujet possiblement dépressif, englué dans l'ennui. C'est d'ailleurs bien là une des forces de la révolution symbolique portée par la psychanalyse à l'aube du vingtième siècle, que d'avoir su identifier le rôle fondamental de la *polysémie* dans le discours du sujet. Je me contente donc ici, en quelque sorte, de montrer comment cette polysémie a également envahi le champ de la relation du sujet aux dispositifs techniques, dont les dispositifs automatisés.

Le mythe d'un individu libéral auto-fondé aura donc progressivement installé l'idée qu'aucune part de vide ou de négativité n'est plus tolérable, que la frustration appartient « au monde d'avant » en quelque sorte. Depuis deux siècles et demi, c'est ce même mythe qui aura également nourri en profondeur l'avènement d'une civilisation américaine dont la figure emblématique de la réussite est unanimement désormais celle du *jeune* entrepreneur. Il existe évidemment un ballet d'impensés dans ce mythe-là, mais pour ce qui nous concerne ici, la prééminence de la *performance* que le projet libéral a fini d'installer est d'abord la route la plus sûre pour instituer un second mythe, celui d'une *calculabilité* intégrale du monde. Rien ne doit plus alors échapper au calcul, à l'évaluation quantifiée, à la connaissance numérique et à l'optimisation calculatoire — dont le Machine Learning constitue d'ailleurs l'une des incarnations contemporaines —, aux palmarès annuels ou au classement de Shanghai.

5. Vers un totalitarisme des automates ?

Tout mécanisme d'émancipation du sujet renvoie irrémédiablement celui-ci à son noyau *hypocondriaque*, ce substrat inconnu et mystérieux qui le constitue, provoquant le surgissement immédiat de l'angoisse originelle qu'entretient son incapacité à *saisir* ce corps qu'il habite. De cette relation d'*inquiétante étrangeté* que nous entretenons avec notre corps (Adam, 2011), et que connaissent d'ailleurs bien les cybernéticiens, procède ce besoin de causalité immanent à l'homme qui renvoie à l'hypocondrie originelle. Ce que l'on ne comprend pas est terrifiant et à ce titre, la liberté, en tant qu'elle laisse le sujet dépourvu face à l'angoisse de la limite (ou plutôt de l'absence de limite et ce que celle-ci porte en elle de pulsion de mort), est la première des terreurs. Alors, face à cette terreur d'être libre, le quadrillage normatif à l'œuvre dans nos sociétés contemporaines constitue un cadre éminemment rassurant pour le sujet, offrant un terreau prodigieusement favorable à la mise en place de *sociétés de la peur*, où l'obsession (techno)sécuritaire le

dispute à une phobie généralisée. Dit autrement, cette obsession sécuritaire permet à moindre frais d'oblitérer l'angoisse du sujet en lui fournissant, via l'objet de sa phobie, une causalité. Et de fait, le besoin de sécurité « préexiste à toute subjectivité. Il provient, en somme, de son intimité avec la *peur*, la *frayeur* d'être au monde, d'être au monde avant même que le monde soit revêtu de quelque signification que ce soit, avant même que le monde soit là pour quelqu'un » (Gori 2015, 309). A ce besoin répond invariablement aujourd'hui la nécessité d'être en mesure de tout prédire, ainsi des logiciels de police prédictive capable d'identifier des *hot points* de la délinquance, ou bien à la place accordée récemment aux modélisations épidémiologiques. L'apprentissage machine offre ici une capacité unique à construire des modèles prédictifs à partir de toutes sortes de données, et à son adresse, Jean Baudrillard indiquait encore, comme une tentative ultime d'exorciser le mythe de la calculabilité du monde : « Le succès fantastique de l'intelligence artificielle ne vient-il pas du fait qu'elle nous délivre de l'intelligence réelle, du fait qu'en hypertrophiant le processus opérationnel de la pensée elle nous délivre de l'ambiguïté de la pensée, et de l'énigme insoluble de son rapport avec le monde ? » (Baudrillard 1990, 65). Ce *totalitarisme des automates* qui semble pouvoir s'installer durablement dans nos sociétés, fait ainsi étrangement écho aux autres totalitarismes qui ont traversé le vingtième siècle, par leur volonté commune d'installer une raison instrumentale au centre du gouvernement des hommes. User de *l'intelligibilité absolue du monde* comme doxa de gouvernement offre de fait l'immense avantage de rassurer tous ceux que rebute ou terrifie l'arbitraire du jugement rendu par un humain, et qui voient ainsi à travers la (supposée) neutralité de la technique le seul moyen d'atteindre à l'objectivité dans le gouvernement des hommes. Or ce qui se cache ici, c'est précisément, en filigrane, l'angoisse à laquelle renvoie le noyau hypocondriaque, noyau où *tout se passe* mais rien ne semble se *passer comme prévu*.

Il s'avère ainsi que l'individu renonce à sa liberté, sa singularité et sa responsabilité au profit d'automatismes qui décident à sa place : il s'en remet à eux et s'y soumet, dépossédé de sa créativité subjective et sociale. Il y a quelques siècles il y aurait renoncé principalement au profit d'un Dieu garantissant les vérités ultimes et factorisant, au passage, l'ensemble de ses angoisses en une seule cause, symbolique. Cette *cause symbolique*, ce sont désormais les algorithmes qui semblent pouvoir l'endosser, et c'est bien ici que se joue probablement l'ambivalence de l'individu dans son rapport aux objets intelligents : en affirmant en dernier recours, à bout d'argument, que « c'est la machine qui le dit », « c'est la machine qui l'a décidé », voire même que « c'est la faute de la machine et pas la mienne », il ne peut feindre de sentir qu'il se soumet aux décisions d'un algorithme avec bien plus d'abnégation qu'il ne se soumettrait aux décisions d'un de ses semblables.

6. Une mythologie de la transparence

Cette exigence d'objectivité que nous observons quotidiennement dans nos sociétés occidentales, et à laquelle seule l'équation, au fond, semble pouvoir répondre, s'accompagne d'une exigence tout aussi élevée de *transparence* : transparence de la vie

publique, mais aussi transparence du propos artistique face à une polysémie des symboles éventuellement suspecte. Si je laisse le doute planer, si je me garde d'être trop explicite, n'est-ce pas alors que j'ai quelque chose à cacher ? S'il existe une quête de vérité dans cette exigence de transparence, il s'y trouve aussi une haine du singulier, un refus de cette place d'exception que nous évoquions plus haut, tant « celui qui laisse croire est toujours supérieur à celui qui croit, et qui fait croire » (Baudrillard 1990, 175). En écho, l'apprentissage machine paraît offrir *par construction* toutes les garanties d'une reproductibilité de la norme, annihilant au passage toute velléité d'hétérogénéité et évacuant dans un même élan l'ambiguïté de la séduction tant la frontière qui sépare celle-ci de la manipulation est bien ténue.

Rien n'est sans doute moins fragile que l'argument d'objectivité de la machine : si l'automate semble détenir une *vérité* parce qu'il se fonde sur des estimateurs quantitatifs, il incarne avec la même force la subjectivité de l'ingénieur ou de l'informaticien, incarnation que le marché transforme à bon compte en une boîte noire parée de toutes les vertus et qui propage ainsi à grand échelle le mythe d'une neutralité de la technique ; à plus forte raison lorsque la trace de l'ingénieur-concepteur s'égare au fil des très nombreux maillons de la chaîne qui le relie au consommateur final. La technique pourrait sembler sobre et dans le parfait contrôle d'elle-même, mais décidément, elle n'est pas neutre. Cette prétendue neutralité et le fantasme d'un gouvernement des hommes qui passe exclusivement par la technique constitue d'ailleurs un des ingrédients fondateurs du projet transhumaniste et l'omniprésent *apprentissage machine* illustre bien combien la subjectivité se glisse plus que jamais dans tous les interstices où une décision doit être prise, un choix être opéré par l'ingénieur lui-même, qu'il s'agisse de sélectionner un *dataset*, de concevoir une interface homme-machine, ou de choisir un modèle. Empêcher des délinquants de récidiver grâce à l'entremise d'un bracelet électronique, reconnaître automatiquement des visages de terroristes et prévenir un attentat, prendre des décisions rapides à la place des pilotes dans le cockpit d'un avion en perdition, ou ... gouverner la Cité comme le proposait, lors des élections présidentielles de 2016, l'artiste américain Aaron Siegel en soumettant la candidature de Watson, l'Intelligence Artificielle d'IBM : ces différents problèmes sont considérés comme étant le plus *efficacement* et *objectivement* résolus par un algorithme d'IA, ainsi qu'en témoigne par exemple l'argumentaire en faveur de *Watson 2016* qui affirme sans sourciller : « It is our belief that Watson's unique capabilities to assess information and make informed and transparent decisions define it as an ideal candidate for the job responsibilities required by the president. » Or il s'avère que cette subjectivité constitue un mécanisme unique d'influence, sinon de pouvoir, mécanisme jamais véritablement explicité dans la sphère publique.

7. Entre art et sciences : négociation et négativité

Parce qu'il se confronte d'abord à l'implacable de la procédure, le rapport à l'automate peut être source d'une immense souffrance, exigeant de la part du sujet une adaptation permanente au *protocole* de l'automate, exigence qui renvoie d'ailleurs à la doxa néo-

libérale (Stiegler 2019). Car négocier avec le protocole de l'automate est inenvisageable. Or ce n'est pas *communiquer*, mais bel et bien *négocier* qui constitue l'essence de la relation : négocier, c'est consentir à prendre en compte la subjectivité de l'autre, c'est saisir ce qui est indicible, et surtout, incalculable ; ce qui ne peut être mis en nombres, en évaluations quantitatives. Négocier, c'est établir, probablement, un compromis, donc aller *contre son plaisir*, accepter une soustraction de jouissance pour la jouissance de l'autre. A contrario, ce qui est mis en avant par le marché n'est pas négocier, mais *communiquer* (et les outils qui l'accompagnent participent de cette mise en avant). Mais *communiquer* n'engage pas le sujet, c'est une opération qui ne lui demande pas de renoncer à quelque chose au bénéfice d'un Autre. L'engagement du sujet dans la relation à la machine, c'est-à-dire la quantité irréductible de soustraction de jouissance à laquelle il doit consentir pour interagir avec la machine, est à la mesure du décalage entre *prescription* et *réalité* (Dejours, 1998, 73-74) : « Aucune entreprise, aucune institution, aucun service ne peut éviter la difficulté majeure de décalage entre organisation du travail *prescrite* et organisation du travail réelle, quel que le soit le degré de raffinement des prescriptions et des procédures de travail. Il est impossible, en situation réelle, de tout prévoir à l'avance. Le supposé travail *d'exécution* n'est ni plus ni moins qu'une chimère. » Ce qui se joue ici tient donc à l'asymétrie de l'adaptation entre sujet et automate, tant « un atelier, une usine, un service, ne fonctionnent que si, à la prescription, les travailleurs ajoutent des bricolages, des « bidouillages », des « ficelles », des « trucs » ; que s'ils anticipent, sans qu'on le leur ait explicitement demandé, des incidents de toutes sortes. [...] Encore convient-il de préciser que l'exercice de cette intelligence dans le travail n'est souvent possible qu'à la marge des procédures, c'est-à-dire en commettant [...] des infractions au règlement. »

Il est à cet égard remarquable de constater que le type de lien social vers lequel nous nous dirigeons par l'entremise des objets numériques, est précisément un lien intégralement médié par le dispositif numérique ou l'algorithme (qu'on songe aux désirs de surveillance généralisée dans un monde en pandémie), donc par un protocole *implacable*. Or l'ambivalence du sujet se dessine ici au grand jour, toute velléité de s'opposer à la généralisation de tels dispositifs au nom par exemple de l'intrusion dans la vie privée se heurtant à des critiques portant sur la nécessité, comme je l'ai mentionné plus haut, d'en finir *dans le même temps* avec l'arbitraire dans les décisions prises par les humains, attendu que le dispositif numérique garantit une objectivité comme seul le calcul peut en offrir. Cette neutralité est confortée par le caractère prédictible, reproductible, de la décision prise eût égard à la possibilité d'investiguer le code source de l'algorithme : pour autant, dans le débat ayant entouré par exemple les biais suspectés de l'algorithme utilisé pour l'affectation des lycéens dans le cadre de *Parcoursup*, il est remarquable que le débat n'ait qu'à de rares occasions porté sur le *bienfondé* d'utiliser un algorithme, donc un protocole machinique, dans une mission relevant *in fine* de l'organisation de la Cité, l'essentiel du temps de débat ayant été consacré à critiquer tel ou tel aspect de l'algorithme utilisé. On voit donc bien ici combien l'argumentaire promouvant tout à la fois la *facilitation de la vie* et une prétendue *objectivité de la raison instrumentale* demeure extrêmement puissant, pavant le chemin à la tentation de systématiser l'usage de la

technique comme solutions aux métiers dits « impossibles » que sont le soin, l'éducation et le gouvernement des hommes.

Bien loin d'agir dans son propre intérêt égoïste, le sujet libéral agit donc souvent contre son intérêt en alignant les *actes manqués*. Il "bugue" lui aussi, en quelque sorte, à l'instar des *glitches* peuplant le film Matrix. Quel serait donc l'acte manqué de l'algorithme ? « Donner l'illusion de la frivolité au travers de la succession incohérente de chiffres ? Séduire dans l'illusion du bug ? » (Reynal 2021, 108). Si le rapport du sujet à l'œuvre d'art n'est ni l'explication, encore moins la compréhension, ni non plus l'élucidation, mais bel est bien la *Zaubertrauer*, c'est-à-dire le *deuil enchanté* (Castoriadis, 2007, 133), alors l'artiste est bien celui qui dispose encore de la faculté d'incarner la *négativité*, le *vide*, le *creux* dans la forme que l'art donne au Chaos. De la tension entre promesse d'émancipation et protocolisation des formes d'existences sur laquelle nous avons élaboré au cours de cette étude, l'artiste, en particulier dans l'interaction art et sciences, peut s'emparer. Il est par définition celui qui peut faire place à l'ambivalence du sujet, à la fragile singularité de son existence, à sa fascination pour l'automate, à l'indispensable production de négativité qui procède de l'introduction d'algorithmes décisionnels dans la Cité. Il est aussi celui qui peut redonner sa place à l'excitation du vivant, à *l'Eros* et à l'étrangeté, à la primauté du verbe sur l'équation, dans un monde où les individus sont plus mal « équipés » que jamais face aux expériences douloureuses ou excitantes de la vie en société.

Bibliographie

- Adam J. (2011). « De l'inquiétante étrangeté chez Freud et chez Lacan », *Champ Lacanien*, 10, 204.
- Baudrillard, J. (1990). *La transparence du mal : Essai sur les phénomènes extrêmes*. Paris : Galilée.
- Castoriadis, C. (2007). *Fenêtre sur le chaos*. Paris : Seuil.
- Dejours, C. (1998). *Souffrance en France : la banalisation de l'injustice sociale*, Paris : Seuil.
- Dufour, D.-R. (2009). *La Cité perverse*. Paris : Denoël.
- Freud, S. (1971). *Essais de psychanalyse appliquée (1933)*. Paris : Idées/Gallimard.
- Freud, S. (2001). *Psychopathologie de la vie quotidienne (1901)*. Paris : Payot.
- Gori, R. (2015). *L'individu ingouvernable*. Paris : Les Liens Qui Libèrent.
- Gori, O., & Del Volgo, M.-J. (2009). « L'idéologie de l'évaluation : un nouveau dispositif de servitude volontaire ? ». *Nouvelle revue de psychosociologie*, 8(2), 11-26.
- Lebrun, J.-P. (2015). *La perversion ordinaire : vivre ensemble sans autrui*. Paris : Flammarion.
- Reynal, S. (2021). « Entre processus stochastiques et métriques d'évaluation : l'IA-créatrice à l'épreuve de l'étrangeté », *Philosophy Kitchen. Rivista di filosofia contemporanea*, #14, 101-115.
- Stiegler, B. (2019). « Il faut s'adapter » *Sur un nouvel impératif politique*. Paris : NRF essais/Gallimard.

Table 2 - Interprétations - Coordination
V. Giardino

Drôles d'objets ou drôles d'interactions ?

Manuel Rebuschi

AHP-PreST - Université de Lorraine.

Résumé. Que se passe-t-il lorsque nous interagissons avec des robots dits sociaux ? Il semble que nous soyons enclins à y projeter de l'intelligence, des intentions voire des émotions, dans une attitude similaire à celle d'un enfant vis-à-vis de son doudou. À partir de travaux d'anthropologues sur l'animisme et les fétiches, on s'écartera d'une interprétation initiale qui transpose directement l'attitude animiste aux interactions humain-robot. L'article mobilise le cadre théorique de Walton sur la fiction et le *faire-semblant* et celui de Wollheim sur la perception des représentations picturales, pour analyser ces interactions en termes de *voir-double* et d'*agir-double*. Que nous soyons généralement contraints à projeter un alter ego dans de tels objets paraît *in fine* devoir être conçu comme quelque chose qui en fait véritablement de « drôles d'objets ».

Mots-clefs. Interaction homme-robot · Ontologie · Fiction · Croyances · Faire-semblant · Voir-double

La croyance qui n'a pas les moyens d'agir peut-elle être sincère ? Quand une chose est séparée de nos prises par des abîmes, nous ne savons pas nous-mêmes si nous y croyons ou non.

Paul Veyne, *Les Grecs ont-ils cru à leurs mythes ?*

Introduction

Si les robots dits « sociaux » et autres objets interactifs sont de « drôles d'objets », ce n'est à première vue pas tant par ce qu'ils sont que par les interactions qu'ils permettent voire suscitent. Le présent travail s'appuie sur les résultats d'expériences interdisciplinaires portant sur les interactions humain-robot (Becker et al., 2019 ; André, Boniface, 2021). Il part du constat que les personnes interagissant avec des robots sociaux, ni anthropomorphes ni construits pour réagir spécifiquement à l'expression des émotions, ont tendance à projeter sur les robots beaucoup plus que ce qu'elles seraient *a priori* rationnellement enclines à leur accorder : agentivité, intentionnalité, intelligence voire émotions.

D'un point de vue ontologique, les robots ne font pas mystère : ce ne sont pas véritablement des *objets animés* au sens où l'entendait Aristote puisqu'à la différence des êtres vivants, le principe de leur mouvement ne provient pas de leur nature mais résulte de causes qui leur sont externes. L'animation d'un robot est ainsi tout au plus une *simulation* de vie, artificielle et factice, et fondamentalement le robot est un objet inanimé, c'est-à-dire non vivant.

Les *objets intentionnels*, ces objets à *propos* desquels nous pensons, ne sont rien d'autre que des objets *ordinaires* appréhendés en tant que l'on pense à eux (Crane, 2013) : le chien dont on se souvient est un chien, un nombre que l'on conçoit est un nombre, une

licorne qu'on imagine est une licorne... Le fait de penser à un objet ne modifie pas sa nature ni son statut (d'existant ou non), même si nous pouvons le penser différent de ce qu'il est. Nous pouvons ainsi concevoir qu'un chien est une personne au même titre qu'un humain, cela n'en fera pas pour autant un humain. Et à première vue, nous pouvons penser d'un robot qu'il est un objet animé, sans que cela modifie pour autant sa nature.

Pourtant certains objets semblent bel et bien pouvoir être en partie *constitués* par la manière dont nous les appréhendons : les doudous, les objets que nous révérons, ceux que nous chargeons de souvenirs, de valeur esthétique ou symbolique... S'ils sont ainsi constitués, c'est cependant par leurs propriétés relationnelles plutôt que leurs propriétés intrinsèques. On pourrait se dire que nos contributions sont secondaires si elles n'affectent pas leurs propriétés intrinsèques, mais cela dépend du type d'objet auquel on a affaire. Pour un objet physique quelconque, c'est certainement le cas. Pour un objet social comme un doudou, cela n'est pas si clair : si la peluche (ou le morceau de tissu crasseux, ou tout autre support faisant office de doudou) est essentiellement déterminée par ses propriétés intrinsèques, cela n'est pas le cas du doudou, donc y compris de la même peluche *en tant que* doudou. Un doudou n'est un doudou qu'en tant qu'il est appréhendé (pensé, pratiqué...) comme tel par un enfant et son entourage.

La question est alors : les robots sont-ils les analogues des peluches ou plutôt ceux des doudous ? Autrement dit, sont-ils uniquement déterminés par leurs propriétés intrinsèques ou sont-ils également déterminés par des propriétés sociales relationnelles ?

1. Croire ou faire semblant de croire

C'est là où les « drôles d'interactions » interviennent qui pourront nous conduire à réviser notre point de vue. Le doudou a un statut particulier parce que l'enfant peut *croire* que la peluche est animée. C'est certes l'enfant qui fait bouger la peluche, mais cela ne l'empêche pas de croire que le doudou est vivant. On trouve des cas similaires, sous l'angle de la croyance, du côté des ontologies animistes, ce qui n'est pas surprenant puisque, comme l'écrit Philippe Charlier : « Les doudous sont des fétiches comme les autres. » (Charlier, 2021, p. 85) Que sont les fétiches ? « (...) [Il] s'agit d'objets inertes qu'une pratique magico-religieuse permet d'animer de façon surnaturelle afin d'en obtenir des bienfaits au bénéfice d'un particulier ou d'une communauté », les doudous étant alors qualifiés de « fétiches domestiques » (*Ibid.*).

Dans *Le Dieu-objet*, Marc Augé expose le rôle particulier joué par les objets-fétiches chez les Fons du Dahomey, au Sud de l'actuel Bénin. Les objets ne symbolisent pas à proprement parler, mais ils *sont* des *vodū*, c'est-à-dire des dieux : l'objet-fétiche est ainsi traité « comme présence réelle d'un être actuel irréductible à son paraître » (Augé, 1988, pp.37-38). Parmi de nombreux exemples, Augé présente le siège royal (*bia*), transmis par voie matrilineaire, enveloppe matérielle de l'esprit des défunts :

Comme celle des dieux, la force de chaque siège est variable et fonction de celui qui le détient. Comme celle des dieux, elle peut être transférée d'un objet à un autre : les sièges de bois se détériorant rapidement, ces opérations de transfert sont nécessaires à intervalles réguliers ; on brûle alors le siège ancien, après lui avoir sacrifié un mouton, et on badigeonne le nouveau siège avec une pâte composée de cendres de l'ancien, du sang du mouton et des boissons offertes en offrande ; il ne reste plus alors qu'à invoquer les ancêtres qui sont dorénavant présents dans le nouveau siège. (Augé, 1988, pp.71-72)

On a ici affaire à une ontologie divergente d'avec celle d'Aristote puisque l'objet, bien que physiquement immobile, est considéré comme *animé*, i.e. habité par un ou plusieurs êtres vivants et ainsi doté d'une intériorité. L'objet prend évidemment cet autre statut en tant qu'il est l'objet de croyances particulières : c'est parce que l'on croit que les ancêtres y sont présents que le siège est animé.

On pourrait s'interroger sur l'authenticité de la croyance des Fons dans cette supposée présence des ancêtres dans le siège royal¹. La question est importante, mais pas dirimante pour ce qui nous intéresse, car il existe par ailleurs de nombreuses interactions avec des objets où la croyance *n'est pas en jeu*, où le doute est suspendu : les interactions fictionnelles. Au théâtre on joue des rôles, et de même que dans les jeux enfantins on fait *comme si*. Le philosophe de la fiction Kendall Walton (1990) a théorisé ces jeux : les accessoires deviennent des supports (*props*) à des jeux de *faire-semblant* en prescrivant à imaginer qu'ils incarnent autre chose qu'eux-mêmes – tel bâton devient un fusil, telle poupée un bébé.

Pour Walton, un mécanisme de faire-semblant est au cœur des œuvres de fiction, romans ou nouvelles, mais aussi des images (tableaux, films...) : tous sont autant de *props*, i.e. de prescripteurs à imaginer des mondes fictionnels, à faire *comme si* nous croyions que ces mondes étaient réels. En lisant un roman ou en regardant un film d'espionnage, nous ne prenons pas ce que nous lisons ou voyons pour argent comptant : nous ne le croyons pas, mais nous ne le repoussons pas non plus comme non véridique. Nous jouons le jeu, nous faisons *comme si* ce qui nous est offert de lire ou regarder était véridique, et nous articulons une dualité entre deux types de mondes : le monde réel et les mondes fictionnels.

Dans ce qui suit, je voudrais montrer que le robot, parce que nous ne croyons pas sincèrement qu'il soit animé, autrement dit vivant et doté d'une intériorité, doit être appréhendé en assumant une forme de dualité et de faire-semblant. Je m'écarterai de la position défendue par Denis Vidal qui, tout en prenant en compte l'absence de crédulité et le faire-semblant des sujets humains interagissant avec un robot, considère que leur manière d'agir « est plus proche de la sorte de comportement auquel on peut s'attendre

¹ Cela peut être le cas si, à la manière de Gérard Lenclud, on défend le principe de charité (ou de « parité » pour reprendre son appellation) qui consiste à maximiser la convergence des croyances de celles et ceux que l'on interprète avec les nôtres (Lenclud, 2002).

dans le cadre d'une ontologie "animiste" que dans celui d'une ontologie "naturaliste"² » (Vidal, 2016, p. 265). Il me semble que face à un robot comme dans d'autres contextes, le faire-semblant nous écarte précisément d'une attitude animiste.

2. Voir-double

Walton ne cantonne pas son approche à la fiction *stricto sensu*, il la défend comme stratégie de compréhension de la représentation en général – autrement dit, il propose de saisir la représentation comme si elle relevait de la fiction. Considérons la représentation picturale : quand je regarde un tableau représentant un paysage, je fais *comme si* je voyais un paysage avec sa profondeur, l'horizon, ses reflets... alors que je ne fais que regarder une toile bidimensionnelle et bariolée accrochée sur un mur. Mais ce qui vaut du tableau vaut également de la photographie : en observant un portrait présidentiel officiel décroché d'un mur, je fais *comme si* je voyais le président Macron en face de moi, ce qui n'est évidemment pas le cas... même si je le vois quand même un peu.

À ce sujet il est utile d'examiner les approches classiques de la perception des images³. Ernst Gombrich (1960) défend une conception du *voir-comme* : en regardant un tableau, soit on le voit comme une toile, soit on le voit comme si son contenu était devant nous. Comme avec un cube de Necker, on alterne entre deux manières de voir, l'une véridique (il n'y a après tout qu'une toile en face de nous), l'autre illusoire (le contenu n'est pas devant nous, voire il n'existe nulle part). Richard Wollheim (1980) oppose à cette approche une conception suivant laquelle on voit *simultanément* le tableau et son contenu : il y a superposition entre le fait de *voir* et de *voir-dans* (*seeing-in*) la représentation. Regarder un tableau, c'est alors *voir-double*, et le propos s'étend naturellement à la photographie, aux films, aux écrans.

Ce qui importe dans la fiction comme dans la perception des images, c'est leur décalage d'avec l'illusion (Pasquinelli, 2012) : nous ne croyons pas le contenu du roman que nous lisons, pas plus que nous sommes illusionnés par le contenu d'une image. Le *voir-double* suppose ainsi un savoir : nous faisons *comme si* et nous *savons* qu'il s'agit d'une fiction ou d'une image. Parfois nous manquons de savoir et nous tombons dans l'illusion – tel récit fictionnel ou tel trompe-l'œil particulièrement réussis que nous prenons comme véridiques – mais ce ne sont que des exceptions.

Le *voir-double* s'étend, au-delà des images, des écrans et de la vision médiatisée, à toutes les situations où un cadre interprétatif particulier vient se superposer au cadre usuel

² Il s'agit de deux des quatre ontologies – au sens de l'anthropologie – décrites par Philippe Descola. L'ontologie « naturaliste » (qui domine en Occident) distingue les humains des autres êtres par leur intériorité et les relie à eux par leur matière, tandis que selon l'ontologie animiste, « bien des animaux, des plantes et des objets sont réputés avoir une intériorité semblable à celle des humains, mais ils se distinguent tous les uns des autres par la forme de leurs corps » (Descola, 2010).

³ Dans un autre travail (Rebuschi, 2022), je m'appuie sur ces approches pour analyser le virtuel, ce qui me conduit à des développements proches de ceux présentés ici.

spontanément mobilisé par le sujet. Ainsi face à un acteur qui joue un rôle, la spectatrice *voit-double* au sens où elle est consciente du cadre fictionnel, et où de ce fait elle ne prend pas pour argent comptant ce qui se déroule devant elle. Ce cadre peut être matérialisé par le lieu, une scène, la présence de caméras, d'autres spectateurs. Mais il peut ne pas être matérialisé du tout, comme dans un jeu d'improvisation où une personne fait *comme si* elle était tel ou tel personnage, existant ou non : tout autant que pour un jeu d'acteur conventionnel, la spectatrice doit faire *comme si* elle voyait agir ce personnage en regardant jouer cette personne, il lui faut « voir » les deux.

Faisons l'hypothèse suivante :

Lorsqu'il observe un robot dans le cadre d'une interaction, un sujet mobilise un cadre fictionnel et *voit-double* au sens où (1) il voit véridiquement un objet motorisé, et (2) il voit fictionnellement, ou fait semblant de voir véridiquement, l'être (fictionnel) qui anime cet objet.

La dualité de la vision d'un acteur jouant un rôle n'est pas à l'œuvre quand nous voyons ordinairement une personne dont nous présumons qu'elle agit pour son propre compte : nous retombons alors sur un *voir* simple. Il semble que cette dualité n'est pas non plus à l'œuvre avec le fétiche : avec le « Dieu-objet », le dieu *est dans* l'objet qui lui sert d'enveloppe, il n'est pas représenté ou symbolisé par lui. C'est le dieu qui anime l'objet, tandis qu'on ne peut pas dire, sauf peut-être dans un sens métaphorique, que le personnage anime l'acteur. Selon mon hypothèse, le robot n'est ainsi pas exactement l'analogue du fétiche ou du dieu-objet décrit par Augé.

3. *Agir-double*

Revenons à la conception de Walton. Les supports (*props*) des jeux de faire-semblant sont des prescripteurs à imaginer. Il est important de noter que les prescriptions peuvent être plus ou moins contraignantes : un fusil en plastique autorisera moins d'usages qu'un bâton, qui peut faire office de fusil mais aussi de lance ou de crosse ; un film autorisera moins d'interprétations qu'un livre ; une pièce de théâtre autorisera également moins d'interprétations qu'un jeu d'improvisation. L'univers fictionnel est ainsi plus ou moins contraint, et il laissera des marges de manœuvre très variables au joueur, lecteur ou spectateur, selon la nature du support.

Mais les jeux de faire-semblant varient également en ce qu'ils nous font faire : les fictions interactives que sont les jeux vidéo nous font non seulement faire semblant de *voir* des objets fictifs au travers des écrans, mais elles nous font aussi faire semblant d'*agir* avec ces objets. En appuyant sur un joystick, on peut tuer (fictionnellement) un monstre. Au *voir-double* des représentation picturales le jeu vidéo ajoute ainsi un *agir-double* (Rebuschi, 2022). Le jeu vidéo combine l'immersion dans un univers fictionnel qui contraint très fortement l'imagination, avec l'interaction qui y engage le sujet bien plus que le simple spectateur d'un jeu d'acteurs. Cet *agir-double* n'est cependant pas propre au jeu vidéo, et on le retrouve au théâtre ou dans le simple jeu de rôles quand on agit (réelle-

ment) pour simuler une action fictive. L'engagement du sujet (joueur ou acteur) est alors naturellement limité par le caractère fictionnel assumé du cadre dans lequel il joue.

L'interaction avec les robots est elle aussi extrêmement contraignante et engageante. Elle est contraignante parce que le robot surgit dans le monde réel où nous sommes *de facto* immergés. Elle engage parce qu'elle nous incite à faire *comme si* on avait affaire à des êtres animés pour des motifs cognitifs et non seulement ludiques (Rebuschi, Renaud, 2019). Parce qu'ils participent d'interactions sociales, les robots manifestent ainsi une présence sociale (Dumouchel, Damiano, 2016), et peuvent susciter l'empathie parfois au-delà de ce que nous voudrions (Tisseron, 2015). Cette interaction nous place dans des situations troubles, où la frontière entre fiction et sérieux, entre faire-semblant et authenticité finit par s'estomper.

Deux types de contraintes semblent pouvoir agir de la part des *props* : à la contrainte sur l'univers fictionnel donc sur l'imagination, qui est interne au jeu, vient s'ajouter une possible contrainte externe, qui peut forcer le sujet à jouer le jeu. Un roman est en ce sens assez peu contraignant, son lecteur pouvant à tout moment en lire le texte sans jouer le jeu de la fiction, par exemple pour en relever les coquilles. Il en va autrement de l'image virtuelle projetée dans un visiocasque, au contenu de laquelle il est difficile d'échapper : une scène virtuellement (donc fictionnellement) vertigineuse sera généralement perçue comme telle, indépendamment de la bonne volonté de son spectateur. Une bande-son peut être également fortement contraignante en ce sens – la bande-son d'un film d'horreur peut ainsi être totalement insupportable pour certains auditeurs, même s'ils savent qu'il ne s'agit que de simulation.

Parce qu'elle se situe dans le monde réel, il semble que l'interaction avec un robot est contraignante dans ces deux sens : en agissant sur notre environnement et en nous sollicitant, le robot nous force à entrer dans le jeu, et parce que l'univers du jeu n'est autre que le monde réel, les prescriptions à imaginer ce que le robot *voit, croit, vise...* sont très fortement contraintes parce qu'il fait. En entrant en interaction avec un robot, nous sommes ainsi poussés à projeter en lui un alter ego fictionnel⁴. Mais il faut maintenant affiner cette analyse, le cadre du faire-semblant et de la fiction n'étant pas le seul à opposer à celui des croyances et du monde réel.

4. Voir-double et agir-double au-delà de la fiction

Le *voir-double* et l'(inter)*agir-double* avec un robot impliquent-ils nécessairement un cadre *fictionnel*? Avant de revenir plus spécifiquement au cas du robot, je voudrais m'attarder sur l'idée d'un continuum entre croyance sincère et faire-semblant, ou du

⁴ Emmanuel Grimaud et Joffrey Becker explorent ce qu'ils appellent les différents « modes d'embrayage » des objets à comportement, en s'appuyant sur de nombreux exemples d'objets produits par des artistes. Par leur caractère inhabituel, ces objets créent du soupçon et nous poussent à des attributions le plus souvent instables, de portées variables. Selon ces auteurs, ce sont « des boîtes noires, voire des pièges à penser » (Grimaud, Becker, à paraître).

moins sur le caractère trouble de la frontière qui les sépare. Paul Veyne l'évoque à propos de la mythologie grecque : au fil des siècles les attitudes ont varié, changé, et des croyances contradictoires ont été entretenues, y compris chez les mêmes individus :

Chez les doctes, la crédulité critique, pour ainsi parler, alternait avec un scepticisme global et elle coudoyait la crédulité irréfléchie des moins doctes ; ces trois attitudes se toléraient et la crédulité populaire n'était pas culturellement dévalorisée. Cette coexistence pacifique de croyances contradictoires a eu un effet sociologiquement curieux : chaque individu intériorisait la contradiction et pensait du mythe des choses inconciliables, aux yeux d'un logicien, du moins ; l'individu, lui, ne souffrait pas de ses contradictions, bien au contraire : elles servaient chacune des buts différents. (Veyne, 1983, p. 65)

S'il insiste plus loin sur l'universalité des « croyances contradictoires », Veyne en ramène finalement l'origine à l'existence de programmes de vérité⁵ divergents : « [I]l n'y a pas de vérités contradictoires en un même cerveau, mais seulement des programmes différents, qui enserrent chacun des vérités et des intérêts différents, même si ces vérités portent le même nom. » (*Ibid.*, p.96)

Cette divergence entre programmes est fondée, pour ce qui nous intéresse, dans la séparation et la distance entre deux mondes, celui des hommes et celui des dieux. Le monde des dieux n'est pas directement accessible, mais le mythe, transmis par la tradition orale avant d'être fixé et réinterprété par les poètes, permet d'y accéder. Il y a ainsi une forme de croyance et de vérité spécifiques aux mythes, que Veyne rapproche des légendes du Moyen Âge au sujet des martyrs chrétiens :

Ces mondes de légende étaient crus vrais, en ce sens qu'on n'en doutait pas, mais on n'y croyait pas comme on croit aux réalités qui nous entourent. (...) Il en était de même des mythes grecs ; ils se passaient « avant », durant les générations héroïques, où les dieux se mêlaient encore aux humains. Le temps et l'espace de la mythologie étaient secrètement hétérogènes aux nôtres ; un Grec plaçait les dieux « au ciel », mais il aurait été stupéfait de les apercevoir dans le ciel. (Veyne, 1983, p. 28-29)

Cette séparation des espaces, qui conduit à deux régimes de vérité et de croyances selon Veyne, tranche avec l'animisme et l'ontologie du fétiche (ou du doudou) qui suggèrent une vérité et une croyance univoques. Si observer un fétiche implique un *voir* simple, regarder la statue d'une déesse grecque mobilise un *voir-double* : on voit actuellement la statue et on fait *comme si* on voyait la déesse. La distance entre les deux mondes entraîne cependant qu'on ne peut pas croire *voir* sérieusement la déesse : on en voit une représentation. Et du fait de cette distance, on peut encore moins agir sur son monde.

⁵ Je reprends ici l'usage que Veyne fait des programmes de vérité, sans pour autant partager sa conception générale relativiste.

Considérons un tout autre contexte avec l'« Esquisse d'une théorie générale de la magie du pouvoir » (Lahire, 2015, pp. 105-161), où Bernard Lahire défend l'idée d'un dédoublement des êtres et des objets comme résultant des rapports de domination :

Tout dominant est en quelque sorte un *être double, géminé* : il est un être commun, ordinaire et mortel doublé d'un être possédant une puissance tout à fait exceptionnelle, celle qui lui est accordée par le groupe. (...) Ce *dédoublement du dominant* s'accompagne d'un *dédoublement de tous les objets ou lieux sacrés*, c'est-à-dire des objets ou des lieux consacrés par ceux qui sont placés du côté du sacré. (*Ibid.*, p. 114 et 117)

Le cadre du dédoublement est ici celui du sacré, qui se sépare et vient se superposer au monde ordinaire, profane. Le *voir* et l'*agir-double* paraissent tout naturellement applicables à ce type d'êtres et d'objets : voir un chef d'Etat n'est pas simplement voir « un être commun, ordinaire et mortel », c'est voir « sa personne doublée des effets de la fonction et de la position » (*Ibid.*, p. 115) ; décrocher son portrait n'est pas simplement décrocher un cadre, c'est commettre une forme de sacrilège⁶. Quand nous *voyons-double*, nous ne faisons pas *comme si* nous voyions un personnage fictionnel : nous regardons l'acteur et nous voyons sa fonction, qui n'a rien de fictionnel.

Ce *voir-double* permettant de lier profane et sacré peut être également associé à des croyances, du moins à un certain type de croyances, où à la différence de ce qui a été noté pour la mythologie grecque les deux mondes cessent d'être distants. C'est en apparence ce qui est mobilisé dans le théâtre nô, où les masques possèdent un caractère sacré :

Le masque est (...) si important dans le théâtre nô que l'acteur doit se l'approprier par le truchement d'un cérémonial. Assis quelques instants devant son miroir, l'acteur le saluera avant qu'un assistant ne l'aide à le fixer sur son visage. Ainsi, un acteur de nô ne considère pas qu'il met un masque, mais qu'il se met physiquement et spirituellement à l'intérieur de ce masque. (Pardo, 2011, p. 34 ; partiellement cité par Charlier, 2021, p. 131)

Or la dualité du masque, du personnage qu'il incarne d'une part, et de l'acteur qui porte le masque et qui joue ou est possédé par ce personnage d'autre part, cette dualité doit rester apparente sur scène :

Le masque n'est pas seul : il camoufle – incomplètement, c'est important – le visage de l'acteur, si bien que la peau de celui-ci, parfois un peu de sa barbe ou de ses cheveux sont encore visibles. L'acteur est recouvert par son personnage, il est "monté" ou "chevauché" (comme on dirait dans le vaudou ou le candomblé), il ne

⁶ Regarder le portrait du président pourrait impliquer, au choix, deux manières de *voir-double* (on voit-dans le portrait, alternativement, l'homme et sa fonction), ou un *voir-triple* qui mobiliserait deux cadres fictionnels au sens de Walton, l'un profane et l'autre sacré. Cette discussion nous éloignerait cependant du thème du présent article.

disparaît pas totalement, et cette superposition est essentielle. (Charlier, 2021, p. 134)

De façon générale, le *voir-double* et l'*agir-double* peuvent ainsi fonctionner avec des cadres interprétatifs ou normatifs non fictionnels. On qualifiera de manière générique ce *voir* et cet *agir* dédoublés d'*intentionnels* : au *voir* ordinaire de Macron vient s'ajouter le *voir* intentionnel de sa fonction présidentielle, de même qu'au *voir* ordinaire du masque et de l'acteur qui le porte vient se superposer le *voir* intentionnel du personnage qu'il incarne ; mais cela vaut également de l'observation de jeux clairement fictionnels, le *voir* fictionnel demeurant une modalité possible du *voir* intentionnel.

Qu'en est-il de l'interaction homme-robot ? L'interaction réelle, dans le monde réel, entre un sujet humain et un robot, ne ressemble que superficiellement à l'interaction entre deux actrices jouant chacune son rôle. Si la citation placée en exergue de cet article, extraite de Veyne (1983, p. 39), indique que la croyance « sincère » peut être suspendue en l'absence d'interaction, elle suggère en creux que cette croyance aurait été maintenue s'il avait été possible d'agir sur le monde des dieux. Dans l'interaction avec un robot, plutôt que la fiction et le faire-semblant, la double contrainte conduit à envisager que c'est une forme de croyance « sincère » qui est mobilisée.

Le caractère sérieux, non-fictionnel de l'interaction apparaît de façon transparente sur le plan sociolinguistique. Comme le montre très explicitement l'analyse de Guillaume Nassau (2021), des sujets humains interagissant avec une lampe robotisée peuvent être naturellement enclins à lui conférer le statut d'un interactant conversationnel, même si cette posture n'est pas systématique : ils « lui reconnaissent des capacités lui permettant de prendre part à l'interaction (agentivité, émotions, cognition), en d'autres termes, ils "croient" à sa capacité d'interagir » (*ibid.*), attitude que l'auteur distingue du jeu de « "faire semblant" humoristique » dans lequel s'engagent des sujets n'ayant pas fixé de statut déterminé au robot. Comme le note Nassau, les interactions homme-robot donnent à voir un véritable continuum de positions, allant de l'octroi du statut d'interactant (« croyance »⁷) au refus de ce statut (refus de jouer le jeu), en passant par les positions indéterminées (fiction).

Conclusion

Il est maintenant possible de reformuler notre hypothèse en nous émancipant du cadre fictionnel à l'origine de notre analyse du dédoublement du regard, et de la compléter en y intégrant le dédoublement de l'action :

Lorsqu'il observe un robot dans le cadre d'une interaction, le sujet mobilise un cadre interprétatif et *voit-double* au sens où (1) il voit véridiquement un objet motorisé, et (2) il voit intentionnellement l'être (inexistant) qui anime cet objet.

⁷ C'est Nassau qui écrit « croyance » entre guillemets, et il est vrai qu'on sera généralement réticent à considérer qu'on a affaire à une croyance authentique, comme pour un doudou ou un fétiche, dans l'interaction avec un robot, même si l'interaction oblige à une forme de sincérité.

Lorsqu'il interagit avec un robot, le sujet *agit-double* au sens où (1) il interagit physiquement avec l'objet motorisé, et (2) il interagit intentionnellement avec l'être (inexistant) qui l'anime.

Pour conclure, revenons à la comparaison dressée au début de cet article : les robots sont analogues à des doudous (ou à des fétiches) plutôt qu'à des peluches (ou à des morceaux de bois), en tant qu'ils dépendent essentiellement de nos projections intentionnelles. Si le robot était réductible à un artefact motorisé, il ne serait rien de plus que l'analogue d'un grille-pain ; mais nos interactions avec les robots sont d'authentiques interactions et à ce titre elles mobilisent bien plus que notre utilisation quotidienne des grille-pains.

Deux traits séparent cependant très nettement les robots des doudous et des fétiches : (1) ce n'est pas tout à fait librement que nous les constituons comme objets interactifs mais parce que leur comportement, leur caractère « animé » et leur apparence d'autonomie, nous y contraignent (même si nous pouvons toujours refuser de jouer le jeu) ; (2) nous ne les considérons pas comme des êtres véridiquement animés mais nous leur appliquons un *voir-double*, qui ne mobilise pas exactement le faire-semblant de la fiction, mais qui suppose une conscience du fait que nous jouons un jeu.

S'il faut rapprocher le robot d'un doudou, c'est peut-être de celui d'un enfant quand nous interagissons avec lui et son doudou. En jouant le jeu, nous ne partageons pas l'attitude animiste de l'enfant ni n'entrons dans une interaction fictionnelle : nous faisons semblant et voyons-double, et simultanément nous prenons l'affaire au sérieux. Si l'enfant a perdu son doudou, nous pouvons ainsi passer des heures à le chercher, téléphoner à des voisins, diffuser un avis de recherche... ce que nous ne ferions pas dans un jeu fictionnel.

In fine les robots sont bien de « drôles d'objets » : ce sont des êtres animés, non pas de manière intrinsèque mais en tant que produits des interactions particulières qu'ils nous imposent, et du fait des propriétés que ces interactions nous incitent à projeter en eux⁸.

Références

- André, V. & Boniface, Y. (2021). Des balbutiements à DECIDE : les tribulations de la lampe Psyphine. Dans Collectif Psyphine (dirs). *Que prêtons-nous aux machines ? Approches interdisciplinaires des interactions homme-robot* (pp.191-213). PUN – Éditions Universitaire de Lorraine.
- Augé, M. (1988). *Le Dieu-objet*. Paris, Flammarion.
- Becker, J., André, V., Dutech, A. (2019). Qualcom : une expérience sur la qualification des comportements d'une lampe robotique. *Techniques & Culture, Varia* [en ligne]. <http://journals.openedition.org/tc/10771>

⁸ Ce travail a bénéficié d'échanges fructueux avec Elisabeth Leméteuil et avec plusieurs collègues que je tiens à remercier ici, notamment Joffrey Becker, Valeria Giardino, Guillaume Nassau et Denis Vidal, ainsi que les autres participants à la conférence « Drôle d'objets » en octobre 2021 à La Rochelle.

- Charlier, P. (2021). *Comment faire l'amour avec un fantôme ? Anthropologie de l'invisible*. Paris, Les Éditions du Cerf.
- Crane, T. (2013). *The Objects of Thought*. Oxford, Oxford University Press.
- Descola, P. (2010). La Fabrique des images. *La lettre du Collège de France* [En ligne], 28 | avril 2010, <https://doi.org/10.4000/lettre-cdf.1034>
- Dumouchel P., Damiano L. (2016). *Vivre avec les robots. Essai sur l'empathie artificielle*. Paris, Éditions du Seuil.
- Gombrich, E. (1960). *Art and Illusion. A study in the Psychology of Pictorial Representation*. Phaidon, 1960. Trad. fr. par Durand G. (1987). *L'Art et l'illusion*. Paris, Gallimard.
- Grimaud, E., Becker, J. (à paraître). Kinetics of doubt. Anthropological implications of behavioral objects. Dans S. Bianchini & E. Quinze (dirs.), *Behavioral Objects*, In press. (hal-03096848)
- Lahire, B. (2015). *Ceci n'est pas qu'un tableau. Essai sur l'art, la domination, la magie et le sacré*. Paris, La Découverte.
- Lenclud, G. (2002). Pourquoi il faut traiter autrui à l'égal de soi-même. Interprétation et charité en anthropologie. *Philosophia Scientiæ*, 6(2), 61-90. http://www.numdam.org/item/PHSC_2002_6_2_61_0/
- Nassau, G. (2021). Le robot face à nous : interlocuteur ou objet de discussion ? Analyse interactionnelle d'une rencontre Homme-machine. Conférence *Drôle d'objets. Un nouvel art de faire*, La Rochelle, 27-29 octobre 2021.
- Pardo, E. (2011). Le théâtre nô : entre sublimation et perversion. *Cliniques méditerranéennes*, 84, 33-45.
- Pasquinelli, E. (2012). *L'illusion de réalité*. Paris, Vrin.
- Rebuschi, M. (2022). Pour un (pseudo)dualisme du virtuel, *Klêsis*. (à paraître)
- Rebuschi, M., Renaud, M. (2019). Interaction n'est pas fiction ? Le cas de la rencontre homme-robot. *Klêsis* 44, 1-26. <https://www.revue-klesis.org/pdf/klesis-44-varia-Rebuschi-Renaud-Interaction-n-est-pas-fiction-cas-rencontre-homme-robot.pdf>
- Tisseron, S. (2015). *Le jour où mon robot m'aimera. Vers l'empathie artificielle*. Paris, Albin Michel.
- Veyne, P. (1983). *Les Grecs ont-ils cru à leurs mythes ? Essai sur l'imagination constituante*. Paris, Éditions du Seuil.
- Vidal, D. (2016). *Aux frontières de l'humain. Dieux, figures de cire, robots et autres artefacts*. Paris, Alma Editeur.
- Walton, K. L. (1990). *Mimesis as Make-Believe. On the Foundations of the Representational Arts*. Harvard University Press.
- Wollheim, R. (1980). *Art and its Objects* (Second edition). Cambridge University Press.

Le robot face à nous : interlocuteur ou objet de discussion ? Analyse interactionnelle d'une rencontre Homme-machine

Guillaume Nassau

ATILF - Université de Lorraine et CNRS

Résumé. Cette étude, réalisée dans le cadre du groupe de recherche Psyphine, a pour objectif l'analyse de la construction du statut interactionnel du robot dans une rencontre entre deux participants humains et un robot. Partant d'une définition double de ce qu'est un interactant (il est d'une part capable d'interagir, et d'autre part, il le fait), nous avons cherché à observer les processus par lesquels les participants semblaient soit renvoyer le robot à sa 'machinitude', soit considérer ce dernier comme un partenaire interactionnel. Pour cela, nous avons exploité différents outils de l'analyse de contenu et de l'analyse interactionnelle. Nos données permettent tout d'abord de constater que le statut du robot se construit de manière irrégulière, souvent par à-coups. Par ailleurs, l'incertitude des participants est très présente, et se manifeste à la fois par des difficultés à entrer dans l'interaction, mais aussi par l'ensemble des stratégies que les participants mettent en place afin de résoudre ces difficultés.

Mots-clés. Rencontre Homme-machine – Agentivité – Statut interactionnel du robot – Intentions – Émotions – Anthropomorphisme

Introduction

Cette étude s'inscrit dans les travaux du groupe de recherche Psyphine. Ce groupe pluridisciplinaire s'intéresse aux interactions Homme-machine avec l'objectif de décrire les rapports qui s'y établissent, les mécanismes d'interprétation du comportement des robots, ou encore l'attribution de capacités diverses aux machines (cognition, émotions, agentivité, etc). Afin de progresser dans sa compréhension de ces interactions, le groupe s'est doté en 2016 de son propre dispositif robotique prenant la forme d'une lampe robotisée¹ capable de mouvements. L'arrivée de cette lampe a permis la réalisation d'un ensemble d'expériences : Kapl'IA en 2016, Color'IA et QualCom en 2017² et, plus récemment, les expérimentations DECIDE focalisées sur la prise de décision concernant le fonctionnement de la machine par les participants.

1. Quel statut pour le robot ?

Pour cette étude, nous avons cherché à poursuivre la réflexion sur la prise de décision en nous focalisant sur ses manifestations dans les interactions. Les recherches sur les interactions Homme-machine ont démontré la tendance de l'Homme à s'adresser à un robot comme il s'adresserait à un humain ou à un animal (Singer, 2009) et à « attribuer à

¹ Pour une description précise de la lampe robotisée, voir Becker, André et Dutech (2019).

² Pour un historique, voir André et Boniface (2021).

l'ensemble de son environnement des intentions, des émotions » (Tisseron, 2015, p.95). Nos premières observations des expérimentations sont tout à fait cohérentes avec ces recherches : face à la lampe, les participants aux expérimentations s'adressent directement à elle, la trouvent « triste » ou « énervée », ou lui attribuent la capacité de « faire ce qu'elle veut ». Si ces indices tendent à désigner le robot comme un partenaire interactionnel, il nous semble qu'ils ne suffisent pas pour caractériser pleinement le statut de la lampe aux yeux des participants. En effet, d'autres comportements ou discours de ces derniers constituent des indices contraires : les participants peuvent par exemple ignorer les mouvements de la lampe tout en maintenant une interaction à son sujet, parler de la lampe en utilisant du vocabulaire qui la rapproche d'un objet, ou encore attribuer l'intention à un facteur externe au robot. On retrouve ici le « continuum allant de l'indifférence (réelle ou simulée) à la tentative d'interaction verbale » que décrivent André et Boniface (2021, p.201). Nous avons ainsi pour objectif d'identifier ce qui dans ces rencontres contribue à définir la lampe comme un partenaire ou, au contraire, ce qui semble exclure la lampe de l'interaction. Comme le soulignent Becker *et al.* (2019, p.14), l'« étrangeté » de ces interactions « ne consiste pas [...] en une seule acceptation ou un seul rejet de la qualité d'« interactant » de l'objet mobile ». Nous espérons ainsi préciser la manière dont se construit le statut du robot dans ces interactions, soit-elle tortueuse et hésitante.

2. Données et méthodologie d'analyse des interactions

Les données que nous avons analysées sont issues de l'une des expérimentations DECIDE organisée dans un lieu public. Lors de rencontres³ se déroulant à chaque fois entre deux personnes volontaires et la lampe robotisée, il a été demandé aux deux participants de tenter de déterminer si le robot était (1) programmé, (2) contrôlé à distance par une personne, ou (3) doté d'intelligence artificielle. Sept rencontres se sont ainsi déroulées avec 14 participants au total. Le film de ces rencontres qui durent 5 à 10 minutes constitue nos premières données de recherche. S'y ajoute ensuite une autoconfrontation également filmée. Au cours de cette dernière, les deux personnes sont invitées à visionner leur rencontre avec le robot, à y réagir, et à expliciter les raisons de leur conduite. Les sept autoconfrontations nous ont ainsi permis de rendre nos analyses plus solides en évitant des interprétations erronées (André, 2020).

Après avoir transcrit l'ensemble des rencontres, nous avons cherché à identifier des indices qui nous permettaient de reconstruire le statut d'interactant ou de non-interactant de la lampe pour les participants. Nous avons adopté une acception large pour ces deux termes : un interactant est considéré comme participant à l'interaction, ce qui engage 1) que ses interlocuteurs lui reconnaissent des capacités lui permettant de prendre part à l'interaction (agentivité, émotions, cognition), en d'autres termes, qu'ils « croient » à sa capacité d'interagir, et 2) qu'ils interagissent avec lui, c'est-à-dire qu'ils s'adressent à lui et considèrent également que l'interactant peut s'adresser à eux. A

³ Le terme « rencontre » a été choisi car il implique la présence du robot et des participants sans pour autant induire le statut d'interactant chez le robot.

l'inverse, le non-interactant est considéré comme dépourvu de ces capacités, et il n'est pas inclus dans l'interaction. C'est la nature des interactions Homme-machine qui contraint à cet élargissement de la définition d'interactant aux capacités nécessaires à l'interaction et non seulement à la réalisation celle-ci. En effet, dans le cadre d'interactions entre humains, la question des capacités interactionnelles n'est pas posée, elles sont dans la grande majorité des cas considérées comme présentes. Concernant les interactions Homme-machine, et de surcroît lorsqu'il s'agit d'un premier face à face avec le robot dont le fonctionnement est inconnu (c'est ici le cas), la question des capacités interactionnelles se pose.

En conséquence de ces définitions, nous avons cherché à observer à la fois ce que les locuteurs disaient penser de la lampe, et leur comportement face à celle-ci dans l'interaction. Nous avons donc réalisé d'une part une analyse de contenu qui nous a permis de relever des séquences thématiques portant sur la lampe (ses capacités, ses limites), sur l'interaction, ou encore sur l'expérience. D'autre part, nous avons identifié des séquences interactionnelles qui nous ont permis d'observer comment les participants intégraient le robot à l'interaction ou, au contraire, l'en excluaient par différentes pratiques langagières. L'ensemble des séquences ont permis d'identifier les modalités de ce que Rebuschi appelle le voir-double, et l'agir-double, et qu'il décrit ainsi (2021, p.9-10) :

Lorsqu'il observe un robot dans le cadre d'une interaction, le sujet mobilise un cadre interprétatif et voit-double au sens où (1) il voit véridiquement un objet motorisé, et (2) il voit intentionnellement l'être (inexistant) qui anime cet objet. Lorsqu'il interagit avec un robot, le sujet agit-double au sens où (1) il interagit physiquement avec l'objet motorisé, et (2) il interagit intentionnellement avec l'être (inexistant) qui l'anime.

En plus du travail d'analyse concernant ces deux pôles, nous avons cherché à identifier ce qui, dans ces rencontres, traduisait de l'incertitude chez les participants. En effet, si le continuum entre interactant et non-interactant est l'objet de notre recherche, l'ensemble des hésitations, des manifestations de difficultés, et des tentatives de résolution de ces difficultés nous ont semblé constituer une information importante faisant également partie du processus de construction du statut du robot.

3. Résultats des analyses

Nos observations ont permis de mettre en évidence de nombreuses séquences qui participent à la construction du statut de la lampe par les participants à l'expérimentation. Dans le tableau suivant, nous présentons les résultats de nos analyses que nous synthétisons grâce à une catégorisation des activités et pratiques langagières :

Éléments du cadre interactionnel	Séquences participant à la définition du statut de la lampe		
	Non-interactant	Indéterminé	Interactant
Activités langagières	- Attribution de 'machinitude'⁴ - Refus d'interaction	- Critique/ questionnement de la situation de communication - Négociation du cadre interactif - Recours à un genre de discours connu - Tentative de prise d'appui sur l'interlocuteur - Explication de l'échec interactionnel - « Faire semblant » humoristique	- Anthropomorphisme - Affirmation de proximité psychologique
Pratiques langagières	- Constructions impersonnelles - Discours sur le robot à la troisième personne - Maintien de l'interaction en cas de mouvement du robot	- Manifestations ou expression de gêne (silences prolongés, rires, expression de doute ou d'étrangeté)	- Adresse directe puis attente de réponse - Mouvement interprété comme une réponse - Interruption de l'interaction en cas de mouvement du robot

Tableau 1 : Activités et pratiques langagières participant à la construction du statut du robot

Pour expliquer ces différentes catégories, nous commencerons par aborder les statuts d'interactant et de non-interactant qui fonctionnent la plupart du temps par opposition, puis nous évoquerons l'ensemble des séquences où de l'incertitude sur le statut de la lampe se manifeste. Nous détaillerons ainsi les différents éléments du tableau ci-dessus. Dans les activités langagières qui tendent à définir le robot comme non-interactant, l'attribution de 'machinitude' est opérée de diverses manières, les participants peuvent : souligner une absence de capacités émotionnelles (*bon déjà point de vue émotionnel ça vaut rien pas d'émotion*⁵), externaliser l'intention liée aux mouvements du robot (*elle est télécommandée de je sais pas où*), juger de la qualité de l'objet (*elle paraît quand même très archaïque*), ou encore utiliser des termes techniques pour parler du robot (*un équipement comme ça électronique*). Par ailleurs, nous avons observé une occurrence de refus d'interaction, c'est-à-dire une critique faite par une participante quant à l'idée d'interagir avec la lampe (*enfin on lui parle comme si c'était quand même quelque chose d'humain*). Les pratiques langagières observées qui excluent le robot de l'interaction sont les suivantes : d'une part l'utilisation de construction impersonnelles pour parler du robot (ça, c'est, il y a) ou du discours portant sur la lampe produit à la troisième personne (*elle réagit pas toujours de la même façon*) qui constituent en présence de

⁴ Nous empruntons le terme à Grimaud (2015).⁵ Les extraits de nos transcriptions sont présentés en italique.

celui-ci une mise à distance importante dans l'interaction, et d'autre part, la poursuite de l'interaction entre participants alors que la lampe produit un mouvement. En considérant que les mouvements de la lampe constituent son seul moyen de communication, le fait de continuer à interagir entre participants lorsque la lampe est en mouvement peut être interprété comme un refus de « tour de parole », et donc comme un refus de la qualité d'interactant pour le robot.

Les activités langagières contribuant à définir la lampe comme un interactant sont également très diverses. Tout d'abord, les séquences caractéristiques de l'anthropomorphisme sont nombreuses : rapprochement physique (*on peut dire que ça c'est sa tête*), attribution d'émotion ou de trait émotionnel au robot (*elle est timide*), attribution d'agentivité (*elle fait profil bas*), utilisation de termes normalement réservés aux humains pour désigner le robot (*la gourdasse*). Nous avons également identifié des activités langagières qui exprimaient une proximité psychologique des participants par rapport au robot. Deux cas de figure se sont présentés avec d'une part des manifestations de sympathie pour la lampe (*en tout cas il est on le trouve sympathique*) et d'autre part, des manifestations d'empathie pour celle-ci (*mais non elle fait trop de peine*). En termes de pratiques langagières qui incluent le robot à l'interaction, les locuteurs peuvent tout d'abord tenter d'interagir directement avec le robot. Ces adresses directes, telle que nous les avons qualifiées, sont en général des tentatives de construction de paires adjacentes (Schegloff et Sacks, 1973). Dans la première partie de ces paires adjacentes, les participants désignent la lampe comme prochain locuteur et produisent un énoncé qui appelle la seconde partie de la paire adjacente de la part du robot (par exemple, une question appelant une réponse, ou une interpellation appelant une réaction). À ce moment, les participants laissent systématiquement un silence matérialisant la volonté de transition d'un locuteur à l'autre, et confirmant par là-même le statut d'interactant donné au robot. Une autre pratique langagière permettant d'intégrer le robot à l'interaction consiste à interpréter la signification de ses mouvements. Cette pratique reconnaissant de fait les mouvements du robot comme un « tour de parole » (d'ailleurs, souvent comme une réponse à une question posée), permet de l'intégrer au schéma conversationnel qui implique l'alternance entre locuteurs. Enfin, les participants peuvent également interrompre leur propre tour de parole lorsque la lampe débute un mouvement pour lui accorder leur attention. Ce type de comportement engage à ce que les mouvements de la lampe soient considérés comme de l'activité langagière. Dans cette perspective, les participants respectent alors une caractéristique importante de la conversation pour Sacks, Schegloff et Jefferson, à savoir que les transitions entre locuteurs s'effectuent la plupart du temps sans ou avec très peu de chevauchements (1974, p.700). Ce type de comportement implique donc également que la lampe soit considérée comme un interactant.

Nous allons maintenant décrire les activités et pratiques langagières qui témoignent d'une incertitude chez les participants quant au statut de la lampe. Cette indétermination se traduit le plus souvent par des difficultés qui transparaissent dans les interactions, lesquelles sont le plus souvent suivies par des tentatives de résolution. Les difficultés se manifestent soit par une critique (*je trouve ça complètement débile*) ou

un questionnement (*pourquoi il faut être deux pour cette expérience*) de la situation de communication (ici, l'expérience), soit par de la gêne. Dans l'interaction, cette gêne se manifeste par des silences prolongés (parfois plus d'une minute), par des rires fréquents associés à un malaise, par l'expression de doutes (*ça me laisse sceptique moi ça*) ou d'étrangeté (*oulala euh c'est un peu bizarre*). Pour faire face à ces difficultés, les participants utilisent diverses stratégies : ils interrogent le responsable de l'expérience présent dans la pièce pour négocier le cadre de l'interaction (*on a droit de regarder ailleurs pour voir si quelqu'un a la télécommande là ?*), ils tentent de prendre appui l'un sur l'autre (*tu t'y connais ?*), ou font appel à un genre de discours qu'ils maîtrisent comme le discours adressé à un enfant (*tu veux jouer ?*). Le recours à un « faire semblant » humoristique est également fréquent (*on a réussi à la vexer [rire] c'est marrant*). En dernier recours, lorsqu'un participant se sent en échec, deux stratégies apparaissent : soit il tente d'expliquer cet échec (*moi j'y connais rien du tout donc euh*), soit il a recours à l'humour comme porte de sortie (*attend j'ai peut-être une pièce pile ou face [rire] [...] pile il y a intelligence artificielle programmée face non*).

L'ensemble de ces éléments identifiés, nous proposons à présent d'effectuer une étude de cas pour voir plus précisément comment ces éléments se répètent, s'opposent ou se combinent dans les rencontres.

4. Étude de cas d'une rencontre avec la lampe

Nous avons souhaité nous concentrer sur l'étude d'une rencontre qui nous a parue intéressante. En effet, dès le début de l'interaction, les deux participants concernés n'étaient pas d'accord sur le statut à donner au robot à la fois dans ses capacités, et dans son inclusion potentielle dans l'interaction. Nous allons tout d'abord étudier ce que les locuteurs disent du fonctionnement du robot, puis nous étudierons de plus près l'interaction.

4.1. Des visions différentes du fonctionnement du robot

D'un côté, la participante 1 pense dès le début de la rencontre que le robot est contrôlé à distance par les expérimentateurs, et de l'autre, le participant 2 reste plus ouvert sur la possibilité que le robot soit autonome. Dans son discours sur la lampe, la participante 1 commence par écarter la programmation : *d'accord donc c'est pas programmé parce que si c'était programmé elle pourrait pas bouger en fonction de nous*. Très rapidement, elle décide que la lampe est contrôlée à distance, et va exprimer cette opinion à trois reprises :

1. *je pense pas qu'elle est programmée alors au m- je pense qu'elle est commandée à distance*
2. *moi je pense qu'elle est elle est euh < elle est animée à distance moi je pense qu'elle est animée à distance ouais elle est animée c'est nos c'est nos jeunes étudiants qui l'animent en fonction de ce qu'on dit de > ou la façon dont on la regarde*
3. *non moi je pense que c'est pr- que c'est commandé à distance*

Le participant 2, quant à lui, reste ouvert sur les capacités de la lampe tout au long de l'interaction, comme en témoignent ces quatre passages :

1. *j'en sais rien c'est peut-être aléatoire ça peut être programmé de façon aléatoire ;*
2. *tout ça peut être aléatoire elle peut être programmée elle peut pour moi moi je pense qu'elle peut être programmée ;*
3. *on est en deux mille deux mille dix-neuf donc ça devrait être de l'intelligence artificielle ;*
4. *franchement j- peut-être aléatoire.*

Ces extraits montrent que toutes les possibilités sont envisagées à part le contrôle à distance, que le participant 2 semble laisser à la participante 1. Il reste donc indécis sur les capacités de la lampe mais tient un discours anthropomorphique et zoomorphique à de nombreuses reprises :

1. *on associe à un espèce de petit animal ou un espèce de petit robot qu'on a déjà vu mille fois au cinéma ou je sais pas où*
2. *il a des mouvements euh proches d'un ouais ou d'un petit je sais pas d'un espèce d'être humain quand même d'un rob- un petit robot petit à petit on a une espèce de n'importe euh d'intérêt je sais pas d'empathie l'empathie ça c'est un peu fort mais < en tout cas euh*
3. *ça fait des années que je rêve d'avoir un chien robot alors moi j'aime bien les chiens robots alors euh le machin-là il bouge un peu comme un chien robot*

Les deux dernières occurrences d'anthropomorphisme sont ici suivies d'affirmations d'empathie et de sympathie pour la lampe. Globalement, ce participant semble donc croire dans les capacités du robot à communiquer (ouverture sur les capacités, anthropomorphisme, proximité psychologique).

L'analyse du discours des participants concernant le robot révèle donc des projections de capacités très éloignées chez les deux participants. Nous allons à présent voir si ces différences ont une influence sur la manière de construire l'interaction entre participants et vis-à-vis de la lampe.

4.2. Étude de l'interaction : de désaccord en désaccord

L'interaction entre participants comporte de nombreux désaccords qui se manifestent tout au long de la rencontre et qui sont souvent marqués par la préservation des faces (Goffman, 1967) entre ces participants qui ne se connaissent pas avant le début de l'expérience. Ces désaccords peuvent concerner le fonctionnement de la lampe comme dans l'exemple ci-dessous :

Séquence 1

Participant 2 : <i>j'en sais rien c'est peut-être aléatoire ça peut être programmé de façon aléatoire</i> Participant 1 : <i>ouais voilà donc euh moi je crois pas</i>
--

Ce premier désaccord est marqué par une atténuation (Kerbrat-Orecchioni, 1990-1994) effectuée par l'intermédiaire de l'expression « ouais d'accord » qui vise à recevoir dans

un premier temps les propos du participant 2 avant de marquer le désaccord, lui aussi atténué par l'utilisation du verbe « croire ». Par la suite, le désaccord est exprimé par le participant 2 concernant l'analyse d'un mouvement de la lampe :

Séquence 2	Participant 1 : [à la suite d'un mouvement du robot] <i>euh euh ouais</i>
	<i>là elle refait le même truc qu'elle faisait tout à l'heure</i>
	Participant 2 : <i>pas tout à fait</i>

Ce second désaccord est également atténué par l'utilisation de « pas tout à fait » qui minimise celui-ci. La différence d'analyse des participants devient rapidement manifeste et s'explicite dans l'interaction entre participants. Dans l'extrait ci-dessous, chaque participant exprime son opinion, puis la participante 1 a recours à l'humour en utilisant la lampe :

Séquence 3	Participant 1 : <i>c'est nos c'est nos jeunes étudiants qui l'animent en fonction de ce qu'on dit de ou la façon dont on la regarde ben si</i>
	Participant 2 : <i>peut-être < mais logiquement mais logiquement on est en deux mille deux mille dix-neuf donc ça devrait être de l'intelligence artificielle</i>
	Participant 1 : [rire] <i>c'est lequel de nous deux qui a raison [rire] c'est X ou c'est moi [rire] ></i>

Cette adresse directe de la participante 1 à la lampe est la seule de toute cette rencontre. Elle ne semble pas attendre réellement une réponse de la lampe et il s'agit plutôt d'une utilisation humoristique de la lampe effectuée afin de sortir du désaccord avec l'autre participant. Le participant 2 tente ensuite d'adresser la parole plusieurs fois à la lampe, ce que la participante 1 critique :

Séquence 4	Participant 2 : <i>est-ce que ton ampoule marche oui ben c'est une lampe qui s'allume jamais donc c'est pas une lampe hé non tu es pas une l-</i>
	Participant 1 : <i>enfin on lui parle comme si c'était quand même quelque chose d'humain [rire]</i>

L'opposition entre participants, déjà explicite avant cet extrait, porte plus précisément sur l'intégration de la lampe dans l'interaction. La participante 2 critique clairement le choix du participant 1 de s'adresser à la lampe directement. Plus tard, les participants cherchent à établir des références communes de ce qu'est un objet doté d'IA :

Séquence 5

Participant 1 : *alors et ben si on prend l'analogie avec le chien robot on est d'accord que le chien robot il est programmé c'est pas de l'intelligence artificielle*

Participant 2 : *ah non il est pas programmé < du tout*

Participant 1 : *non > mais les trucs les jouets pour les enfants les chiens qui < vont japper à certains moments*

Participant 2 : *ah > normalement il est pas programmé*

Ce travail de création d'un répertoire commun semble également échouer puisque les participants ne se mettent pas d'accord sur les capacités des chiens robots. Le désaccord est d'ailleurs ici plus clairement marqué et même appuyé par le participant 2 qui semble avoir une certaine expertise dans le domaine. En fin d'entretien, les désaccords exprimés de plus en plus franchement et explicités pendant la rencontre sont entérinés par la participante 2 :

Séquence 6

Participant 2 : *pourquoi la lampe s'allume jamais pourquoi il joue pas avec nous euh en allumant sa lampe*

Participant 1 : *parce que ça nous ferait changer d'avis sur ce qu'il est < [rire]*

Participant 2 : *parce que s'il > allumait sa lampe euh ouais je changerais de point de vue c'est clair ouais*

Participant 1 : *ouais enfin on a le droit de pas être d'accord hein*

Cet extrait, situé dans les derniers tours de parole de la rencontre, vient sceller le désaccord des participants sur les capacités de la lampe ainsi que sur l'opportunité de l'intégrer à l'interaction. Ce désaccord, construit et confirmé tout au long de l'interaction, se matérialise également dans la manière de gérer la place de la lampe comme nous allons à présent le voir.

La participante 1 parle systématiquement de la lampe à la troisième personne (*elle refait le même truc*), et souvent par l'intermédiaire de constructions impersonnelles (*ça s'allume pas*). Elle n'hésite pas à ignorer les mouvements du robot pour converser avec le participant 2 ce que nous interprétons comme un refus d'intégrer la lampe dans l'interaction. Enfin, comme nous l'avons vu, elle n'adresse la parole qu'une fois à la lampe sur le ton de l'humour et sans attendre de réponse à la question posée. L'ensemble de ces éléments nous permet de situer le statut de la lampe pour cette participante très largement du côté « non-interactant » de notre continuum.

Le participant 2 est quant à lui la personne adressant le plus la parole au robot parmi nos 14 participants. Voici les 7 occurrences d'adresses directes que nous avons observées :

1. *es-tu une lampe allume-toi s'il-te-plait si tu es une lampe allume-toi parce que tu t'allumes jamais quand même*
2. *est-ce que tu peux t'allumer quand même s'il-te-plait*
3. *tu peux t'allumer une fois parce que tu tu es pas allumée hein donc euh si tu es intelligente tu veux communiquer avec nous tu veux communiquer oui*

4. *euh tu sais c'est basique hein tu pourrais faire un flash pour oui et deux flashes pour non par exemple et on pourrait te poser des questions*
5. *est-ce que ton ampoule marche*
6. *est-ce que ton ampoule marche oui ben c'est une lampe qui s'allume jamais donc c'est pas une lampe hé non tu es pas une l-*
7. *ben oui mais euh tu peux faire n'importe quoi tu es pas forcément en interaction avec nous*

Ces interventions sont systématiquement suivies d'un temps lors duquel le participant 2 semble attendre une réponse ou une réaction de la lampe. Par ailleurs, en cas de mouvement de la lampe, ce participant a tendance à lui accorder son attention et à maintenir le silence. L'ensemble des informations obtenues suite à l'analyse de contenu et suite à l'analyse interactionnelle nous permettent d'inférer une ouverture au statut d'interactant chez le robot pour ce participant.

Parmi les 7 binômes étudiés, celui-ci est le seul à aboutir à un désaccord sur le fonctionnement du robot à l'issue de la rencontre. Ce désaccord se matérialise à la fois par les capacités qui sont reconnues au robot dans le discours des participants, mais aussi dans la manière qu'à chacun de gérer l'espace interactionnel en prenant ou non en compte le robot. Sur ce point, on peut souligner la cohérence des participants entre ce qu'ils projettent comme capacités chez le robot, et la manière dont ils gèrent l'interaction avec ou sans celui-ci. Autre particularité, ce binôme manifeste très peu d'incertitude sur la manière de mener l'interaction avec la lampe, chacun ayant une posture assez claire dès le départ. Il s'agit d'un point à souligner puisque chez d'autres binômes de participants, l'interaction prend parfois du temps à trouver un mode de fonctionnement.

Discussion et conclusion

L'observation des rencontres Homme-machine réalisées pour cette étude nous a tout d'abord permis d'identifier de nombreuses modalités par lesquelles les participants contribuent à la construction d'un statut pour le robot au sein l'interaction ou au contraire, hors de celle-ci. Nous pouvons schématiser les interactions observées de la manière suivante :

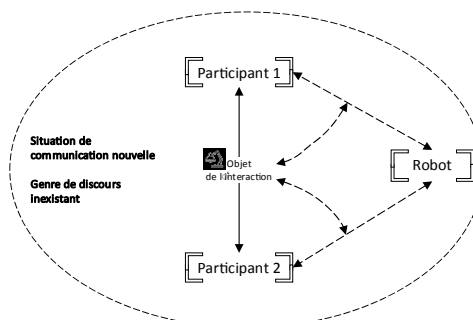


Figure 1 : Schéma interactionnel entre les participants et le robot

De manière systématique, on observe qu'une interaction s'installe entre participants. L'objet de cette interaction est bien sûr le robot et son fonctionnement, en conséquence directe de l'objectif proposé par les expérimentateurs. De manière beaucoup plus variable, nous pouvons observer des traces d'inclusion du robot dans l'interaction ainsi que des attributions de capacités nécessaires à celle-ci, ou des comportements inverses. Ainsi, par à-coups, le robot va être considéré comme interagissant, puis être exclu de l'interaction et en redevenir le simple objet. Selon les participants observés, l'inclusion et l'exclusion peuvent être chacune d'un degré notable, ce à la fois par le nombre d'occurrences ainsi que par la diversité des modalités utilisées. Nous avons également pu observer une influence réciproque entre le discours tenu par les participants sur la lampe et les tentatives d'interactions avec celle-ci. Ainsi, des questionnements comme « est-ce qu'elle nous voit ? » ou « est-ce qu'elle nous entend ? » vont encourager les participants à tenter d'interagir avec la lampe. Ces tentatives vont ensuite influencer en retour la conversation portant sur la lampe (attribution de capacités, discussion sur un mouvement de la lampe qui pourrait être une réponse, etc.).

Nos observations nous ont également permis de mettre en lumière la grande incertitude qui règne dans ces interactions pour laquelle notre étude de cas n'est pas représentative : dans la plupart des cas, le statut de la lampe n'est pas immédiatement défini et, comme nous l'avons vu, les participants manifestent parfois des difficultés. Nos analyses nous amènent à attribuer ces difficultés d'une part à cette situation de communication nouvelle, et d'autre part à l'absence de genre de discours⁶ existant auquel faire appel. Cependant, les participants mettent rapidement en place des stratégies qui leur permettent d'entrer dans la construction de l'interaction malgré un cadre interactif (Vion, 1996) peu défini. En effet, peu de participants semblent vivre l'interaction comme un échec, et, même dans ce cas, des stratégies comme l'humour ou l'auto-critique sont déployées pour faire bonne figure (Goffman, 1967).

Cette première étape, une étude approfondie d'un nombre de cas limité, a permis de mettre en lumière un ensemble d'indices qui pourront permettre, dans des observations à plus grande échelle, de situer les interactions sur un continuum allant de l'inclusion à l'exclusion du robot par les participants. Cela permettra de mieux comprendre comment les humains vivent des interactions avec un dispositif robotique. Parmi des applications potentielles, ces travaux sont susceptibles, d'une part, de permettre une meilleure évaluation des robots sociaux, et d'autre part, d'approfondir la compréhension des prérequis nécessaires à l'établissement d'une interaction Homme-machine.

Bibliographie

André V., Boniface Y. (2021). Des balbutiements à DECIDE : les tribulations de la lampe Psyphine. Dans Collectif Psyphine (ed.). *Que prêtons-nous aux machines ? Approches interdisciplinaires des interactions homme-robot* (pp. 191-213). PUN – Éditions Universitaire de Lorraine.

⁶ Nous rejoignons Kerbrat-Orecchioni et Traverso (2004 ; p.43) dans leur conception des genres de discours qu'elles définissent comme des « événements de communication » ou des « types d'interaction ».

- André, V. (2020). Apports de l'autoconfrontation dans l'analyse d'une expérience robotique. Dans *Workshop sur les Affects, Compagnons artificiels et Interactions*.
- André, V. (2015). Sociolinguistique des interactions verbales : de l'analyse des situations de travail aux implications sociales. *Langage, Travail et Formation*, (pp.1-10).
- Becker, J., André, V., & Dutech, A. (2019). Qualcom : une expérience sur la qualification des comportements d'une lampe robotique. *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*.
- Goffman, E. (1967). On face-work. *Interaction ritual*, (pp.5-45).
- Grimaud, E. (2015). Les robots oscillent entre vivant et inerte. *Multitudes*, 58, (pp. 45-58). <https://doi.org/10.3917/mult.058.0045>
- Kerbrat-Orecchioni C. (1990 - 1994). *Les interactions verbales*. Tome I, II, III. Armand Colin.
- Kerbrat-Orecchioni, C., & Traverso, V. (2004). Types d'interactions et genres de l'oral. *Langages*, (1), (pp. 41-51).
- Rebuschi, M. (2021). Drôles d'objets ou drôles d'interactions ? *Conférence Drôle d'objets. Un nouvel art de faire*, La Rochelle, 27-29 octobre 2021.
- Sacks, H., Schegloff, E. A., & Jefferson, G. (1978). A simplest systematics for the organization of turn taking for conversation. In *Studies in the organization of conversational interaction* (pp. 7-55). Academic Press.
- Schegloff, E. A., & Sacks, H. (1973). Opening up closings.
- Singer, P. W. (2009). *Wired for war: The robotics revolution and conflict in the 21st century*. Penguin.
- Vion, R. (1996). L'analyse des interactions verbales. *Les Carnets du Cediscor. Publication du Centre de recherches sur la didacticité des discours ordinaires*, (4), (pp. 19-32).

Penser le robot comme forme de vie

Ludivine Allienne-Diss

Centre universitaire de recherches sur l'action publique et le politique. Epistémologie et Sciences sociales (France)

Discipline : Sociologie

Le robot humanoïde apparaît comme une figure qui semble indissociable des sociétés occidentalisées contemporaines. Essentiellement présent dans les laboratoires d'informatique appliquée ou d'autres laboratoires privés, présenté comme inévitable, comme permettant la réalisation d'une meilleure science et de pallier la vulnérabilité humaine. C'est du moins ainsi que je l'ai saisi. Pour cette discussion je comprendrais le robot comme une forme de vie telle que cela a été défini en anthropologie de la vie, c'est-à-dire comme au croisement de pratiques sociales, de comportements, de manières de voir le monde et d'institutions. Penser le robot humanoïde comme une forme de vie me paraît essentielle pour saisir la façon dont celui-ci devient une vie, prend vie, puis devient une vie qualifiée.

Au sein des laboratoires de robotique, le robot est toujours présent, bien que souvent éteint, mais cette présence se fait bien plus ressentir lors des rares moments où le robot est mis en marche. Il passe ainsi d'une vie en mode mineur à une vie en mode majeur. C'est lors de cette vie en mode majeur que les roboticien.ne.s projettent le plus d'intentionnalités sur le robot, ont le plus d'engagements émotionnels, là où il propose le plus de résistances et ainsi s'impose comme une vie à part entière. Cette vie du robot s'inscrit en particulier dans l'interaction qu'il est plus ou moins capable de maintenir avec des interactants humains. Mais dans la façon dont le robot prend vie se met à jour une scission progressive entre la vie humaine et la vie robotique. Humains et robots, bien que tous deux anthropomorphes, n'ont pas le même corps, pas le même fonctionnement, ne font pas face aux mêmes attentes et ne développent pas tout à fait la même forme de vie. Bien que la reconnaissance du robot passe par sa ressemblance et sa reproduction de normes similaires à celles qui s'imposent à l'humain et qui lui permettent d'être reconnu comme une vie, là où il me semble être le plus intéressant et où il devient vraiment une vie ce n'est plus tant dans sa réussite (souvent son échec) à répondre aux normes de reconnaissabilité de la vie humaine, mais quand il développe sa propre forme de vie, son propre mode d'existence. C'est principalement autour de ces questions de la forme de vie spécifique que prend le robot que je discuterais et développerais mon propos, après avoir bien sûr démontré en quoi le robot pouvait bien être compris comme une vie.

Le robot étant vivant, et puisque nous en connaissons la forme, la manière dont sa vie s'exprime et se maintient, j'aimerais, pour conclure cette discussion, aborder les manières dont le robot est considéré comme une vie qualifiée, c'est-à-dire une vie digne d'être protégée selon les critères de reconnaissance de la vie dans les sociétés occidentales contemporaines. Je souhaite ainsi lancer une discussion sur ce que penser le robot comme une forme de vie permet de comprendre ce qui est défini comme étant une vie digne d'être

protégée selon les normes des sociétés occidentales contemporaines, vie qui ne semble être reconnue comme digne que lorsqu'elle est anthropomorphe (puisque mon propos ne porte que sur le robot humanoïde). Cette prégnance de l'anthropomorphisme dans la reconnaissance d'une vie qui compte a peut-être son importance dans l'anthropisation du monde et dans la possibilité d'entrer dans une nouvelle ère géologique qui serait l'anthropocène. Le robot, en tant que forme anthropomorphe, mais en même temps forme de vie radicalement différente de la forme de vie humaine, m'apparaît alors comme ouvrant une double potentialité : 1) comme renforçant le système capitaliste déjà existant, les modes d'existence et les transformations radicales qu'il impose (vie ultra-qualifiée, précarisation de la vie, anthropocène, pollution, extinction d'espèces, etc.), en permettant la poursuite d'un tel système par la prise en charge d'activités auparavant réalisées par d'autres formes de vie (robobees) et en se présentant comme une solution technologique aux problématiques posées par le système capitaliste ; 2) comme un moyen de saisir des formes de vie radicalement différente de la nôtre, d'ouvrir le champ des possibles de l'existence, de prendre en compte et en considération d'autres formes de vie, de repenser en profondeur la forme de vie dans laquelle nous sommes, et potentiellement d'en envisager une qui soit plus inclusive.

Le projet InStance : l'intentionnalité dans les interactions humain-robot sous le prisme des neurosciences cognitives et computationnelles

Marwen Belkaid et Agnieszka Wykowska

Istituto Italiano di Tecnologia (IIT), Gênes, Italie.

Quelle attitude les humains adoptent-ils en interagissant avec les objets artificiels qu'ils créent ? Dans sa théorie, Dennett (1987) a proposé trois modes utilisés selon la nature et la complexité des objets observés. *L'attitude physique (physical stance)* permet d'expliquer le comportement d'un objet en fonction de ses propriétés mécaniques et de notre connaissance des lois de la physique. *L'attitude conceptive (design stance)* se base quant à elle sur la connaissance que l'on a du fonctionnement pour lequel l'objet a été conçu. Enfin, *l'attitude intentionnelle (intentional stance)* traite l'entité observée comme un agent autonome et en interprète le comportement sur la base d'états mentaux attribués (e.g. croyances, désirs, intentions, émotions).

Une lecture simpliste de ce cadre théorique pourrait prédire que nous adoptions systématiquement l'attitude conceptive face aux objets conçus par l'humain. Ce serait sans compter sur notre tendance naturelle à l'anthropomorphisation, et en particulier à prêter des états mentaux, même ponctuellement, à des objets qui n'ont en pas. L'un des facteurs impliqués dans ce processus est le degré de connaissance de l'objet observé : plus il est complexe, plus l'on est susceptible de lui prêter une forme d'agentivité (Waytz et al, 2010). Or, les robots ont la particularité d'être parmi les objets les plus complexes conçus par l'humain pouvant à terme entrer dans la vie quotidienne d'un grand nombre de personnes. Il est donc crucial de se poser des questions sur leur perception par des humains en majorité non-experts et ayant une faible connaissance de leur fonctionnement (Wiese et al, 2017).

Le projet ERC InStance vise justement à étudier les conditions dans lesquelles les humains pourraient adopter une attitude intentionnelle en interagissant avec les robots (voir <https://www.instanceproject.eu/>). C'est un projet interdisciplinaire avec approche centrée sur les neurosciences cognitives et computationnelles. Ainsi, nous mettons en places des protocoles expérimentaux permettant d'étudier le comportement et l'activité neuronale des participants dans des interactions humain-robot (IHR). Par exemple, Kompatsiari et collègues (2018) ont pu répliquer l'effet de *gaze cueing* (indication par le regard) ainsi que ses corrélats neuronaux (composantes P1/N1 du potentiel évoqué EEG/ERP) dans des interactions avec le robot humanoïde iCub.

Par ailleurs, Marchesi et collègues (2019) ont développé le questionnaire InStance permettant d'évaluer si les participants tendent à expliquer le comportement du robot avec des termes plutôt mécaniques ou mentaux dans une série de scénarios. Les résultats

suggèrent que les humains peuvent dans certains contextes adopter l'attitude intentionnelle envers un robot et lui prêter des états mentaux. Ces deux études illustrent l'intérêt qu'il y a à mobiliser un cadre théorique et méthodologique issu de la psychologie expérimentale et des neurosciences cognitives dans le but de quantifier des facteurs clés dans les IHR. Dans des travaux futurs, l'un des objectifs est d'aller plus loin que les mesures explicites et subjectives telles que le questionnaire InStance et de chercher des mesures objectives et implicites (e.g. signaux EEG, pupillométrie) de l'attitude intentionnelle.

Sur la base de résultats expérimentaux obtenus jusqu'ici, nous avons également entamé un travail de modélisation computationnelle pour analyser le comportement des humains face aux robots. Par exemple, nous utilisons des modèles de prise de décision pour tester des hypothèses sur les biais individuels ou encore sur la prise en compte des signaux sociaux dans la réalisation d'une tâche. Combinés aux données neuronales, ces modèles computationnels peuvent donner lieu à des prédictions sur les processus sous-jacents et les substrats neuronaux impliqués. L'objectif est aussi que le travail de modélisation puisse informer le volet expérimental et guider la conception de protocoles futurs.

Références :

- Dennett, D. C. (1989). *The intentional stance*. MIT press.
- Kompatsiari, K., Pérez-Osorio, J., De Tommaso, D., Metta, G., & Wykowska, A. (2018, October). Neuroscientifically-grounded research for improved human-robot interaction. In *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 3403-3408). IEEE.
- Marchesi, S., Ghiglino, D., Ciardo, F., Baykara, E., & Wykowska, A. (2019). Do we adopt the Intentional Stance towards humanoid robots?. *Frontiers in psychology*, 10, 450.
- Waytz, A., Epley, N., & Cacioppo, J. T. (2010). Social cognition unbound: Insights into anthropomorphism and dehumanization. *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 58-62.
- Wiese, E., Metta, G., & Wykowska, A. (2017). Robots as intentional agents: using neuroscientific methods to make robots appear more social. *Frontiers in psychology*, 8, 1663.

Financement :

Ce projet a reçu un financement du Conseil Européen de la Recherche (ERC) dans le cadre du Programme de Recherche et d'Innovation de l'Union Européenne Horizon 2020 (subvention accordée à AW, intitulée "InStance: Intentional Stance for Social Attunement." ERC starting grant, Grant Agreement No. 715058).

Table 3 - Soins Robots - Coordination J.
Becker

Penser ensemble la conception d'un robot pour une meilleure prise en charge thérapeutique des enfants TSA

Olivier Duris

Psychologue clinicien, Docteur en Psychopathologie et Psychanalyse, IERHR, Hôpital de Jour pour enfants André-Boulloche (association Cerep-Phymentin), Paris, France.

Charlotte Labossière

Psychologue clinicienne, doctorante à l'ED 450 Recherches en psychanalyse et psychopathologie, Université de Paris, CRPMS, F-75013, IERHR, Hôpital de Jour pour enfants André-Boulloche (association Cerep-Phymentin), Paris, France

Résumé. Entre octobre 2018 et mai 2019, nous avons décidé de comparer les bénéfices thérapeutiques d'un robot humanoïde (Nao) et d'un robot non-humoïde (Cozmo) sur la compréhension et l'imitation des émotions chez les enfants TSA accueillis dans notre Hôpital de Jour. Un groupe contrôle nous a permis, en parallèle, de comparer les effets de la médiation robotique à ceux d'une interaction directe avec un humain. Nous avons pu constater que les robots permettaient une plus grande contenance du cadre thérapeutique, une amélioration des compétences émotionnelles, mais aussi des capacités relationnelles et sociales

Nous avons pu relever que l'allure du robot était à prendre en compte dans la prise en charge thérapeutique des enfants. Ainsi, les enfants en contact avec un robot humanoïde ont amélioré de manière plus importante leurs compétences dans les tâches de reconnaissance émotionnelle sur des visages adultes, tandis que ceux interagissant avec un robot non-humoïde ont plutôt progressé dans les tâches de comparaison de visages d'enfants.

Nous nous proposons ainsi de penser, ici, les différentes caractéristiques qui devraient être prises en compte dans le processus de création d'un robot, afin que celui-ci puisse être le plus adapté possible à la prise en charge thérapeutique des enfants TSA. Notre objectif est de montrer l'importance d'une réflexion pluridisciplinaire (psychologues, ingénieurs, roboticiens, designers, etc.), en amont, lors de la conception de robots compagnons, afin d'offrir aux enfants autistes des outils de médiation thérapeutiques innovants, adaptés et créatifs, ouvrant vers de potentiels horizons thérapeutiques non-encore explorés.

Mots clefs : autisme, TSA, robot, médiation thérapeutique, apparence

1. Utilisation de robot dans la clinique de l'autisme

1.1. Etats de la recherche sur les bénéfices de l'usage d'un robot auprès d'enfants autistes

La thérapie par le robot dans la clinique de l'autisme a été, avec le soin des personnes âgées, l'un des premiers domaines d'application de la robotique d'assistance sociale. Ainsi, de nombreuses études sont aujourd'hui axées sur les différents bénéfices que peuvent apporter les robots humanoïdes et non-humoïdes auprès de patients présentant des Troubles du Spectre Autistique (TSA).

Le premier constat est celui que les enfants autistes ont une affinité avec les robots, et que ceux-ci peuvent être utilisés comme des jouets utiles et programmables

(Dautenhahn & Werry, 2004 ; Robins et al., 2005). Par ailleurs, Le robot aurait une fonction de contenance (Tordo, 2017), inciterait les enfants TSA à l'imiter (Fujimoto et al., 2011 ; Lee et al, 2012 ; Kozima & Nakagawa, 2006) et favoriserait l'attention conjointe (Robbins et al 2005 ; Francois et al 2009). D'autres auteurs ont montré que le robot pouvait être considéré comme un « *agent social modèle* » (Dautenhahn, 2003) ou comme une « *béquille sociale* » (Scassellati, 2007) qui augmenterait le niveau social de base de l'enfant autiste, dans la mesure où celui-ci est capable de suivre et d'imiter les comportements sociaux du robot (Robins et al, 2006 ; Ravindra et al, 2009). Le robot favoriserait également les interactions et la communication (Karakosta et al., 2019 ; Kumazaki et al., 2019 ; Sakka & Gaboriau, 2017) ainsi que la reconnaissance émotionnelle (Nadel et al, 2006 ; Simon et al, 2007). Enfin, les recherches ont montré que l'utilisation de robot comme outil thérapeutique pouvait s'avérer bénéfique sur les compétences émotionnelles, relationnelles et communicationnelles des enfants autistes (Cohen, 2017 ; Duris, 2020 ; François et al, 2009 ; Robins et al, 2006).

1.2. Etat de la recherche sur les caractéristiques physiques et fonctionnelles des robots utilisés auprès d'enfants autistes

La littérature nous indique que certaines recherches sont axées sur les caractéristiques physiques et fonctionnelles des robots utilisés dans la thérapie auprès d'enfants TSA. En effet, l'apparence physique des robots, leurs capacités de mouvement, d'interactions et la possibilité de les contrôler ne permettent pas les mêmes possibilités de mise en place d'expérience ou de thérapies centrées autour de la relation homme-robot (Grossard et al, 2018).

Caractéristiques physiques

Il semble inévitable de se questionner sur l'apparence physique du robot selon son utilisation, mais également selon le contexte et les objectifs de celle-ci. En effet, l'apparence physique constitue la première rencontre entre l'utilisateur et la machine et constitue la première caractéristique à prendre en compte dans la conception et l'emploi de robot auprès d'enfants autistes (Xavier, 2018). Cependant, l'apparence des robots utilisés dans la clinique de l'autisme varie considérablement et selon un degré d'anthropomorphisme socio-affectif (Aubergé, 2014). Les décisions de conceptions sur l'apparence physique du robot ont inévitablement un impact sur la conception globale de la machine. Par exemple, un robot ne peut pas être socialement simple, si le degré de ressemblance à un modèle (réalisme) est élevé (Scassellati et al, 2012). Trois différentes formes de robots peuvent ainsi se retrouver dans la clinique de l'autisme :

- Les robots humanoïdes sont anthropomorphes et présentent des caractéristiques très proches de l'humain avec un tronc, deux bras, deux jambes et une « sorte de tête » avec un visage identifiable ou non. Nous retrouvons dans cette catégorie les robots Icube, ASIMO, Roméo ou Nao ;

- Les robots animaloïdes sont modelés sur des animaux, leur forme physique est plus facile à interpréter et ils présentent des indices sociaux simplifiés par rapport aux robots anthropomorphes (Scasselatti et al, 2012). Ces robots sont souvent représentés sous la forme d'un compagnon sans autre rôle social, comme le chien Aibo, ou sous la forme de peluche comme le phoque Paro (Aubergé, 2014) ;
- Enfin, d'autres robots ne sont pas créés à partir d'un modèle de forme biologique : ils sont alors mécaniques, biomécanique et non biomimétique. Ils se présentent sous des formes différentes selon l'usage auquel ils sont destinés. Ces robots n'ont pas de caractéristiques sociales particulières, mais ressemblent plutôt à des jouets simples, facile à utiliser et pouvant devenir des médiateurs sociaux entre les enfants et les adultes (Scasselatti et al, 2012).

Il convient également de penser à des éléments importants comme la taille du robot, l'attractivité visuelle et le degré de familiarité (Xavier, 2018) et ses capacités à résister un minimum, aux attaques physiques.

De plus, une donnée à prendre en compte dans les caractéristiques physiques des robots est celle de l'obligation de sécurité (Xavier, 2018). En effet, certains robots peuvent être potentiellement dangereux ou d'un poids non négligeable lorsqu'ils sont utilisés avec des enfants (Cohen, 2017). La conception des robots doit limiter au maximum les accidents liés à leurs utilisations et le thérapeute doit être informé des dangers potentiels. Le robot Nao, par exemple, peut blesser un enfant si celui-ci place son doigt dans la pliure du genou au moment où le robot effectue un mouvement spécifique refermant cette articulation mécanique.

Caractéristiques fonctionnelles

Il est important d'observer les différentes fonctionnalités de ces robots, c'est-à-dire les différentes caractéristiques introduites dans la machine lors de son élaboration et de sa création (Xavier, 2018). Ainsi, nous retrouvons une multitude de fonctionnalités selon les robots utilisés et leurs objectifs : la capacité de mouvement, de se déplacer, de parler, mais également la possibilité pour l'utilisateur de le contrôler.

Les robots utilisés en thérapie auprès d'enfants autistes sont souvent présentés comme des jouets qui attirent l'enfant et qui représentent des stimuli nouveaux. Ils sont animés et simulent une autonomie (Scasselatti et al, 2012, Dautenhahn et Werry, 2004). Ils ont une capacité de mouvements impliquant des parties du corps (tête, mains, bras) en étant fixé sur un support ou une table (Dautenhahn et al, 2009 ; Kozima et al, 2007 ; Miyamoto et al, 2005). Au-delà de leurs capacités de mouvements, il est également possible pour certains robots de se déplacer dans l'espace (Ferrari et al, 2009 ; Michaud et al, 2007).

De même, la voix du robot représente une caractéristique importante à prendre en compte dans la conception et l'utilisation des robots (Duris, 2021). Celle-ci peut être

utilisée généralement de trois manières différentes selon le robot et l'objectif de son usage :

- La voix robotique en elle-même représente un excellent matériel, dans la mesure où elle est souvent simplifiée, monotone, prévisible et rassurante, facilitant ainsi l'écoute et la compréhension des enfants autistes (Cabibihan et al, 2013) ;
- De même, la fonction de synthèse vocale permet à l'utilisateur de contrôler le discours du robot. Ainsi, le robot devient porteur des mots de l'enfant, en formulant certaines choses trop difficiles à exprimer verbalement pour des enfants autistes (Duris, 2021) ;
- Enfin, l'enregistrement vocal à partir des micros dont dispose le robot. Celui-ci devient alors un « porte-voix » exprimant les pensées, les difficultés de l'enfant sans qu'il ait besoin de s'adresser directement à un interlocuteur humain (Sakka et Garbورياu, 2017).

L'autonomie du robot et la capacité de contrôle de la machine par son utilisateur sont aussi souvent évoquées dans les recherches sur le sujet. L'autonomie du robot est l'une des cinq caractéristiques à prendre en compte pour la conception et l'usage de robot dans la clinique de l'autisme (Xavier, 2018). En effet, le robot peut être autonome ou semi-autonome, et permet ainsi de représenter « l'autre » mais également l'enfant lui-même en tant que futur être autonome (Tisseron et Tordo, 2018). Un robot qui peut répondre de manière automatique à des gestes ou à la parole de l'enfant serait considéré comme autonome. A l'inverse, un robot qui doit être contrôlé par un tiers sera dit télé-opéré ou semi-autonome (Huijnen et al, 2016). Cependant, pour qu'un robot soit pleinement considéré comme autonome, un système d'intelligence et de technique complet est nécessaire. Il serait alors autonomisé dans l'ensemble de ses comportements, ce qui est rarement le cas.

La possibilité de contrôler ou télé-opérer le robot est également à prendre en compte selon l'objectif et le contexte de son utilisation. Certains robots peuvent permettre à l'enfant de le contrôler (gestes, paroles, applications) en direct, ce que certains auteurs nomment « l'effet protégé », ou apprentissage par l'enseignement. Dans cette situation, l'enfant prend le rôle d'enseignant qui apprend des comportements au robot, créant un sentiment de responsabilité vis-à-vis de la machine (Duris, 2021). Une autre manière de contrôler le robot est celle de la technique du magicien d'Oz, c'est-à-dire qu'un opérateur contrôle le robot pendant l'interaction enfant-robot, de manière à le dissimuler à l'enfant (Huijnen et al, 2016).

Dans le même ordre d'idées, les caractéristiques de modularité et d'adaptabilité sont également importantes (Xavier, 2018). Certains robots possèdent un programme fixe, mais d'autres sont facilement programmables et accessibles pour praticiens auprès d'enfants autistes. Lorsqu'ils sont facilement programmables, les robots possèdent une qualité de souplesse, de transformation et d'adaptabilité, dans la mesure où ils se

contrôlent et se modifient facilement selon la situation clinique. De ce fait, ils deviennent une source de plasticité (Baddoura, 2017) et de créativité pour le thérapeute et pour l'enfant : le thérapeute peut sélectionner, amplifier ou réduire certains traits ou signaux spécifiques (regard, mouvement, verbalisation) afin d'adapter l'outil au patient, et celui-ci peut également s'exprimer à travers la machine (Duris, 2021).

L'état de la recherche sur l'utilisation de robots dans la clinique de l'autisme, démontre à quel point il est nécessaire de se questionner sur la conception des robots, ainsi que sur leurs caractéristiques en fonction de l'usage pour lequel ils sont destinés. De nombreuses recherches ont vu le jour sur les bénéfices de tels outils thérapeutiques, mais trop peu sur les différences que présentent les différents modèles de robots, qu'ils soient humanoïdes ou non-humoïdes. Cependant, nous pouvons observer que les auteurs s'accordent sur la nécessité de réflexion autour de l'apparence physique et les capacités fonctionnelles des robots, selon l'utilisation qui en est faite, le contexte dans lequel ils sont utilisés, la population à laquelle ils sont destinés et les objectifs thérapeutiques visés.

2. Une expérimentation sur les émotions avec un robot humanoïde et un robot non-humoïde

De nombreuses études montrent que les robots sociaux peuvent s'adapter à la symptomatologie des enfants autistes, réduisant par exemple la complexité des échanges intersubjectifs (Dautenhahn, 1999 ; Cabibihan et al., 2013). C'est en partant de ce constat que nous avons décidé de mettre en place, depuis 2016, dans l'Hôpital de Jour André-Boulloche, divers ateliers à médiation robotique auprès d'enfants TSA. Le robot nous est ainsi apparu comme un excellent support de socialisation et de dynamique groupale (Duris, 2018).

Entre octobre 2018 et mai 2019, nous avons décidé de mettre en place, au sein de notre Hôpital de Jour pour enfants¹, des ateliers thérapeutiques axés sur la reconnaissance des émotions, à travers la narrativité et le mime. Nous avons ainsi créé trois groupes composés de deux enfants et deux psychologues : un groupe dans lequel les émotions étaient rejouées par un robot non-humoïde (Cozmo²), un autre dans lequel elles l'étaient par un robot humanoïde (Nao³), et un groupe dans lequel elles étaient exprimées par un visage humain (celui d'une éducatrice). Nous cherchions ainsi à

¹ Hôpital de Jour pour enfants André Boulloche, Association CEREP-Phymontin, 75010 Paris

² Cozmo est un petit robot éducatif d'apparence non-humoïde développé par la société Anki. Il tient dans la paume d'une main et ressemble à une petite voiture de chantier, notamment du fait de son petit bras élévateur. Il dispose d'une caméra permettant la reconnaissance faciale et la localisation dans l'espace, de capteurs sonores, et d'un écran sur lequel s'affichent des yeux bleus très expressifs inspirés du film d'animation des studios Pixar : Wall-E.

³ Nao est un robot humanoïde de 58 centimètres développé par la société française Aldebaran Robotics depuis 2005. Il se distingue des autres robots humanoïdes par son caractère léger (5,3 kg) et compact, et par sa programmation simplifiée via un logiciel spécifique

identifier d'éventuelles différences d'évolution entre les sujets des groupes avec robots et ceux du groupe sans robot, en ce qui concerne la reconnaissance émotionnelle, l'expression émotionnelle et certaines capacités sociales (théorie de l'esprit, narrativité, communication). Chaque groupe se déroulait de manière hebdomadaire pendant 15 semaines, sur une durée de 30 minutes.

Dans ces ateliers thérapeutiques, l'un des deux psychologues (le même dans les trois groupes) lisait une histoire que nous avons nous-mêmes inventée, en l'introduisant au préalable par une phrase rituelle. Une fois ce temps de récit terminé, il était demandé aux enfants de raconter ce dont ils se souvenaient de l'histoire, tout en nommant les différentes émotions qui avaient pu être citées. Puis, les enfants disposaient d'un temps libre sur le thème des émotions, durant lequel ils étaient invités à exprimer l'émotion qu'ils préféraient, mais également à mimer les émotions de leur choix. Il leur était également possible de demander à ce qu'une ou plusieurs émotions soient mimées par le robot ou par l'éducatrice. Enfin, un temps de production graphique clôturait l'atelier, pour que les enfants puissent dessiner quelque chose en rapport avec l'histoire racontée, ou avec une ou plusieurs émotions, offrant ainsi une nouvelle possibilité de représentation du récit, ou de mise en récit imagée. Dans les deux groupes possédant un robot, le psychologue qui ne racontait pas l'histoire contrôlait la machine *via* un ordinateur (pour le Nao) ou un Smartphone (pour le Cozmo). Il lançait les émotions adéquates aux moments où celles-ci étaient citées par le conteur. Dans le groupe contrôle, ces émotions étaient mimées par l'éducatrice aux mêmes moments précis.

Les observations participantes directes ont eu lieu dans les trois groupes pendant les quinze semaines d'expérimentation, et nous ont montré plusieurs différences entre les groupes « Cozmo », « Nao » et « contrôle ». Nous avons pu constater que les enfants des deux groupes utilisant un robot ont été très volontaires pour assister à leurs ateliers hebdomadaires, et investissaient très fortement leur temps de thérapie. Dans les deux groupes, nous avons pu relever un très grand intérêt pour la machine, qu'elle soit humanoïde ou non-humanoïde, tant au niveau de l'observation de ses mouvements que dans son contrôle lors de l'avant-dernier temps de chaque séance. Les deux robots semblent avoir favorisé un travail basé sur l'attention conjointe, thérapeutes et patients regardant tous dans la même direction. Le fait qu'un des psychologues contrôle la machine depuis un ordinateur ou un Smartphone n'a pas semblé déranger un seul des quatre enfants. Au contraire, ces derniers semblaient bien comprendre que la machine en face d'eux n'était pas dotée d'une vie autonome, et que les émotions rejouées étaient lancées par le thérapeute. Dans ces deux groupes, le robot semble avoir joué un rôle important dans la mise en place d'un cadre rassurant, contenant et sécurisant pour les enfants, favorisant ainsi les échanges et interactions entre chaque patient, mais également entre les enfants et les adultes.

À l'inverse, les enfants du groupe « contrôle » ont montré beaucoup moins d'intérêt pour participer à leurs séances hebdomadaires. Le cadre de l'atelier ne nous a pas paru suffisamment contenant pour faire baisser les angoisses de chaque enfant ainsi que

leurs défenses autistiques : nous relevons ainsi de très fortes stéréotypies et écholalies, mais également de l'agitation, du refus, voire de l'opposition chez les deux enfants du groupe. Suivre le protocole leur demandait beaucoup trop d'efforts, et très peu des histoires qui leur ont été racontées ont pu être écoutées jusqu'à la fin. De nombreuses attaques du cadre ont aussi été relevées, l'un des deux jeunes s'amusait régulièrement à solliciter l'autre pour provoquer en lui une forte agitation, empêchant la bonne continuité de l'atelier. Même si certaines interactions étaient possibles entre les enfants et les adultes, les sollicitations verbales de la thérapeute étaient souvent noyées dans un bain d'écholalies incompréhensibles.

Nous avons également pu observer que la présence d'un robot permettait une amélioration des compétences émotionnelles des enfants interagissant avec lui. Le robot permet en effet de diminuer le nombre de signaux de communication, offrant une meilleure compréhension des interactions et des émotions. Dans cette optique, puisque le robot exprime les émotions de manière identique et stéréotypée d'une semaine sur l'autre, il encourage les enfants à l'imitation. Les enfants des deux groupes utilisant un robot comme outil de médiation ont, de fait, progressé dans l'imitation et le mime des expressions émotionnelles, ce qui constitue pour eux non seulement un élément primordial dans le développement social (François et al., 2009), mais également un accès à un nouvel outil de communication (Boucenna et al., 2010). À l'inverse, les enfants du groupe contrôle ont éprouvé beaucoup plus de difficultés pour mimer spontanément ou imiter les émotions exprimées par un adulte.

Enfin, au vu de nos résultats, nous pouvons également affirmer que la présence d'un robot en atelier a pu favoriser les interactions entre les enfants, mais également entre les enfants et les thérapeutes. Dans les groupes robots, la fonction contenante du cadre, ainsi que la diminution des signaux de communication, semblent avoir soutenu l'initiative d'un échange verbal. Nous avons notamment pu observer que les enfants étaient à même de développer des stratégies d'adaptation de leurs comportements symptomatiques (écholalies, crises de colère) afin de les transformer en outils de communication (communiquer ses émotions et ressentis par l'intermédiaire de la machine, par exemple). Pour être plus précis, nous avons pu constater que les jeunes composant le groupe avec le robot Nao se servaient de la machine essentiellement pour communiquer avec nous des éléments de langage, à travers la fonction *text-to-speech* disponible depuis le logiciel qui la contrôlait (Duris, 2021). Pour les enfants du groupe « Cozmo », le robot était beaucoup plus utilisé dans sa fonction de simulation des émotions, les enfants ressentant une grosse colère pouvant par exemple contrôler le Cozmo afin que celui-ci joue plusieurs fois d'affilée la colère, tout en le dirigeant vers la personne envers qui s'adressait cette émotion.

En nous appuyant sur les résultats obtenus par les groupes « Cozmo » et « Nao » aux différents tests que nous avons effectués⁴, il apparaît que les enfants du groupe avec

⁴ Et plus particulièrement le test de reconnaissance des émotions faciales (TREF) qui évalue la capacité des sujets à identifier l'expression émotionnelle présentée sur 60 photographies de visages adultes, ainsi

robot humanoïde ont augmenté de façon plus importante leurs compétences dans les tâches de reconnaissance d'émotion sur des visages adultes, tandis que ceux du groupe avec robot non-humanoïde ont plus progressé dans des tâches de comparaison de visages d'enfants. Bien évidemment, nos échantillons sont bien trop petits (2 enfants par groupe) pour que nous puissions en tirer des conclusions significatives. Néanmoins, nos différentes observations ainsi que les résultats relevés nous permettent ici de proposer l'hypothèse qu'un robot non-humanoïde permettrait davantage de distinguer une émotion lorsque celle-ci doit être comparée à d'autres, du fait de l'importance donnée à un élément précis du visage sur le Cozmo (l'expressivité très « *cartoonesque* » de ses yeux). Le robot Nao, humanoïde, permettrait quant à lui une meilleure intégration des émotions, et offrirait aux enfants la possibilité d'améliorer les compétences des enfants dans la reconnaissance émotionnelle lorsqu'un seul stimulus est présenté, ce qui va dans le sens de l'hypothèse de Ricks et Colton (2010) selon laquelle les robots humanoïdes ont plus de potentiel pour généraliser les compétences. De plus, nos observations nous amènent à émettre l'hypothèse qu'un robot humanoïde doté d'une fonction de synthèse vocale pourra plutôt être utilisé comme porteur de la parole et des mots de l'enfant TSA, tandis qu'un robot non-humanoïde suffisamment expressif jouera un rôle de support d'expression émotionnelle, favorisant les échanges verbaux entre les patients. Le choix de la forme du robot dépendra donc du travail que voudra mettre en place le thérapeute.

3. Penser ensemble la conception d'un robot pour une meilleure prise en charge thérapeutique des enfants TSA

Au vu des recherches actuelles précédemment citées, ainsi que de notre expérience clinique quotidienne de médiation robotique auprès d'enfants TSA en Hôpital de Jour, il nous paraît indispensable, à l'avenir, que la programmation et le contrôle des robots soit simplifiés afin de permettre aux professionnels de santé et aux familles de se saisir plus facilement de ces outils. En effet, nombreux sont les chercheurs et professionnels de terrain attirés par l'utilisation des outils robotiques, mais beaucoup d'entre eux redoutent de s'y essayer par peur de se retrouver face à une trop grande complexité du matériel. D'un autre côté, les solutions « toutes faites » proposées par les entreprises vendant des robots s'avèrent très souvent inefficaces, car les personnes créant ces applications n'ont généralement aucune connaissance théorique ou aucune expérience clinique suffisante pour proposer un outil véritablement adapté à la prise en charge des patients. Pour notre part, nous avons passé plusieurs centaines d'heures à programmer le robot dans l'optique de nous en servir auprès de nos patients : nous ne pouvons attendre cela de professionnels de santé qui n'ont pas suffisamment de temps libre à consacrer à cette tâche fastidieuse. Il nous semble alors essentiel que s'instaure, dans les années à venir, un véritable travail pluridisciplinaire entre les thérapeutes, les roboticiens et les ingénieurs, afin que les machines puissent être pensées, en amont, pour un usage optimisé dans une pratique clinique quotidienne. Pour les professionnels

que le subtest de reconnaissance d'affects de la NEPSY II, qui demande au patient de comparer des expressions faciales de visages d'enfants présentés sur des photographies.

de santé travaillant sur la question des médiations robotique, il nous semble également important de mettre en place des moyens de communication d'observations et de partage de programmes, afin que chacun puisse échanger ses hypothèses et conceptions théoriques à d'autres collègues intéressés, pour faire avancer au mieux la recherche dans ce domaine.

Ainsi, pour travailler en amont la conception du robot, outre les aspects *techniques* souvent cités (fonctionnalités telles que la marche, l'autonomie, la sécurité, etc.), nous considérons que trois points clefs devraient être toujours pensés et travaillés :

- L'apparence des robots : un robot trop « réaliste » ne paraît pas pertinent, la simplicité de son visage et de son corps est en effet un élément essentiel dans la clinique des TSA. Pour ce qui est de l'aspect humanoïde ou non-humoïde, tout dépendra de l'usage que compte en faire le thérapeute ;
- Une voix robotisée, moins intrusive qu'une voix trop réaliste. La fonction de synthèse vocale à partir d'un texte écrit nous semble également essentielle pour que le thérapeute et l'enfant TSA puissent communiquer via la machine. La possibilité d'intégrer ses propres enregistrements vocaux au robot peut également être un plus ;
- Une prise en main simplifiée pour l'utilisateur, ainsi qu'une possibilité de programmation simple, afin que tout thérapeute puisse lui-même créer ce qu'il désire, et l'adapter aux patients qu'il connaît et suit depuis longtemps.

Si la machine robotisée suscite, dans la société contemporaine marquée par les nouvelles technologies, une sorte de curiosité et de désirabilité, elle reste un outil limité, encore trop peu étudié et demandant aux thérapeutes de faire preuve de suffisamment de créativité et d'inventivité pour le rendre intéressant. Il est essentiel de nuancer les discours de ceux qui craignent que la machine puisse un jour remplacer l'humain, voire même remplacer les éléments déjà mis à disposition dans la clinique des TSA : le robot n'est qu'un outil, un médium de plus, avec ses intérêts et ses limites propres, dont l'utilité sera d'accompagner l'humain dans sa pratique clinique quotidienne et d'aider le thérapeute à entrer en relation avec son patient. Ce constat est d'autant plus important aujourd'hui, alors que nous voyons certains professionnels prôner des protocoles de prises en charge des enfants TSA dans lesquels un thérapeute, humain, doit adopter un comportement totalement « robotique » devant l'enfant dans le but de limiter les informations envoyées aux patients. Nous pensons au contraire qu'il est essentiel que le thérapeute propose toujours une relation transférentielle « humaine » à son patient, qu'il exprime ses émotions et ses ressentis tout en mettant du sens sur ce qu'il observe, afin d'accompagner le sujet vers une possibilité d'interaction subjective (Duris, 2021). La machine aura bien évidemment pour intérêt de simplifier la relation à l'autre et de la rendre plus facilement accessible, mais si nous voulons que l'enfant puisse profiter d'une relation intersubjective avec son thérapeute, il est essentiel que celui-ci puisse toujours préserver un lien humain qui s'entretiendra et s'améliorera au fil des séances, d'abord

par la relation que l'enfant aura avec la machine, puis petit à petit par celle qu'il découvrira avec son thérapeute, grâce aux capacités narratives de ce dernier.

Il convient enfin de rappeler aux ingénieurs et roboticiens qu'il n'est pas attendu que les robots de demain soient des robots plus « humanisés », soit des machines d'apparence encore plus humaine qui simuleraient toujours plus de capacités sociales et interactives, mais que soient proposés à l'avenir des robots « humanisants ». De ce fait, militons pour que les machines soient construites pour faciliter les interactions et les relations entre les humains, et pour offrir de nouvelles possibilités de prise en charge thérapeutiques auprès des jeunes patients présentant des Troubles du Spectre Autistique.

Références

- Aubergé, V., Sasa, Y., Bonnefond, N., Meillon, B., Robert, T., Rey-Gorrez, J., Schwartz, A., Antunes, L., De Biasi, G., Caffiau, S., & Nebout, F. (2014). *The EEE corpus: Socio-affective "glue" cues in elderly-robot interactions in a Smart Home with the Emoz platform*. 5th International Workshop ES3LOD 2014, Reykjavik, Iceland.
- Baddoura, R. (2017). Le robot social médiateur : un outil thérapeutique prometteur encore à explorer. *Le journal des psychologues* n°350(8), 33-37
- Boucena, S., Gaussier, P., Andry, P., & Hafemeister, L. (2010). Imitation as a communication tool for online facial expression learning and recognition. 5323-5328.
- Cabibihan, J., Javed, H., Ang, M., & Aljunied, S. (2013). Why Robots? A Survey on the Roles and Benefits of Social Robots in the Therapy of Children with Autism. *International Journal Of Social Robotics*, 5(4), 593-618.
- Cohen, D., Grossard, C., Grynszpan, O., Anzalone, S., Boucenna, S., Xavier, J., Chetouani, M., & Chaby, L. (2017). Autisme, jeux sérieux et robotique : réalité tangible ou abus de langage ? *Annales Médico- psychologique, revue psychiatrique*, vol 175, issue 5, p438-445
- Dautenhahn, K. (1999). Robots as social actors: Aurora and the case of autism. *Proc. CT99*, 359-374.
- Dautenhahn K. (2003). Roles and functions of robots in human society: Implications from research in autism therapy. *Robotica*. 21:443-452.
- Dautenhahn K, Nehaniv C, Walters ML, Robins B, Kose-Bagci H, et al. 2009. KASPAR—a minimally expressive humanoid robot for human-robot interaction research. *Appl. Bionics Biomech*. 6(3-4):369-97
- Dautenhahn, K., & Werry, I. (2004). Towards interactive robots in autism therapy: Background, motivation and challenges. *Pragmatics And Cognition*, 12(1), 1-35.

- Duris, O. (2018). Le robot nao comme support relationnel et de dynamique groupale auprès d'enfants porteurs de troubles du spectre autistique. In *Et si Alzheimer(s) et Autisme(s) avaient un lien ?* (p. 225-232). ERES
- Duris O. (2020) Le robot dans la clinique de l'autisme Intérêts et enjeux futurs. *Techniques de l'Ingénieur*. (ag119).
- Duris, O. (2021). Le robot comme « support de parole » pour l'enfant autiste. Sur l'intérêt de l'outil robotique dans la relation intersubjective enfant TSA/thérapeute. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*.
- Ferrari E, Robins B, Dautenhahn K. 2009. Therapeutic and educational objectives in robot assisted play for children with autism. *Proc. 18th IEEE Int. Symp. Robot Hum. Interact. Commun. (RO-MAN 2009)*, Sept. 27-Oct. 2, Toyama, Jpn., pp. 108-14. Piscataway, NJ: IEEE
- François D, Powell S, Dautenhahn K. A long-term study of children with autism playing with a robotic pet: Taking inspirations from non-directive play therapy to encourage children's proactivity and initiative-taking. *Interaction Studies*. 2009; 10:324-373.
- Fujimoto, I., Matsumoto, T., De Silva, P. R. S., Kobayashi, M., & Higashi, M. (2011). Mimicking and Evaluating Human Motion to Improve the Imitation Skill of Children with Autism Through a Robot. *International Journal of Social Robotics*, 3(4), 349- 357
- Grossard, C., Palestra, G., Xavier, J., Chetouani, M., Grynszpan, O., & Cohen, D. (2018). ICT and autism care: state of the art. *Current opinion in psychiatry*, 31(6), 474-483
- Huijnen, C., Lexis, M., Jansens, R., & de Witte, L. P. (2016). Mapping Robots to Therapy and Educational Objectives for Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, 46(6), 2100-2114.
- Karakosta, E., Dautenhahn, K., Syrdal, D. S., Wood, L. J., & Robins, B. (2019). Using the humanoid robot Kaspar in a Greek school environment to support children with Autism Spectrum Condition. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 10(1), 298- 317.
- Kozima H, Nakagawa C, Yasuda Y. 2007. Children-robot interaction: a pilot study in autism therapy. *Prog. Brain Res*. 164:385-400
- Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Ishiguro, H., Sumiyoshi, T., Mimura, M., & Kikuchi, M. (2019a). Comedic experience with two robots aided a child with autism spectrum disorder to realize the importance of nonverbal communication. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 73(7), 423-423.
- Lee, J., Takehashi, H., Nagai, C., Obinata, G., & Stefanov, D. (2012). Which Robot Features Can Stimulate Better Responses from Children with Autism in Robot-Assisted Therapy? *International Journal of Advanced Robotic Systems*.

- Michaud F, Salter T, Duquette A, Mercier H, Lauria M, et al. 2007. *Assistive technologies and child-robot interaction*. Presented at AAAI Spring Symp. on Multidisciplinary Collaboration for Socially Assistive Robotics, March 26–28, Stanford, Calif.
- Miyamoto E, Lee M, Fujii H, Okada M. 2005. How can robots facilitate social interaction of children with autism?: Possible implications for educational environments. *Proc. Fifth Int. Workshop Epigenet. Robot., July 22–24, Nara, Jpn.*, pp. 145–46. Lund, Swed.: LUCS
- Nadel, J., Simon, M., Canet, P., Soussignan, R., Blanchard, P., Canamero, L., & Gaussier, P. (2006). Human responses to an expressive robot. In *Procs of the Sixth International Workshop on Epigenetic Robotics*. Lund University.
- Ravindra, P., De Silva, S., Tadano, K., Saito, A., Lambacher, S., & Higashi, M. (2009). Therapeutic-assisted robot for children with autism. In *Intelligent Robots and Systems, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ International Conference on*, pages 3561–3567. IEEE
- Ricks, D. J., & Colton, M. B. (2010). Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. *2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 4354–4359.
- Robins B, Dautenhahn K, & Dubowski J. (2006). Does appearance matter in the interaction of children with autism with a humanoid robot? *Interaction Studies*. 7: 509–512.
- Robins, B., Dautenhahn, K., te-Boekhorst, R., & Billard, A. (2005). Robotic assistants in therapy and education of children with autism: Can a small humanoid robot help encourage social interaction skills? *Universal Access in the Information Society*, 4, 2, 105–120
- Sakka S., & Gaboriau R., (2017) un robot comme médiateur thérapeutique : une expérience auprès de jeunes autistes. *Tétralogiques*, n°22, p249-261
- Scassellati B. (2007). How social robots will help us diagnose, treat, and understand autism. *Robotics Research*. 28:552–563.
- Scassellati, B., Admoni, H., & Matarić, M. (2012). Robots for use in autism research. *Annual review of biomedical engineering*, 14, 275–294
- Simon, M. et al. (2007). L'enfant face à des expressions robotiques et humaines. *Enfance*, 59(1) 59–70.
- Tisseron, S. & Tordo, F. (2018). *Robots, de nouveaux partenaires de soins psychiques*. Toulouse, France: ERES.

Tordo, F. (2017). La médiation robotique en thérapie analytique. *Le Journal des psychologues*, 350(8), 28-32.

Xavier, J. (2018). Autisme, jeux sérieux et robotique : réalité tangible ou abus de langage ?. In T.Tisseron, & F.Tordo (sous la direction de) *Robots, de nouveaux partenaires de soins psychique*. Toulouse : Érès

Observation de deux robots humanoïdes en milieu hospitalier... Et si c'était à refaire ?

Gloria Michiels

IACS – Université Catholique de Louvain

Résumé. Cet article présente les nombreuses embuches rencontrées pour observer en dehors d'un laboratoire les interactions entre deux robots humanoïdes et leurs utilisateurs. Tout d'abord, nous évoquons les difficultés à trouver un robot fonctionnel et utilisé quasi quotidiennement. Ensuite, nous abordons les aléas et les contraintes du terrain qui nous ont obligée à adapter notre méthodologie et notre projet de recherche. À partir de quatre situations types rencontrées sur le terrain, nous souhaitons mettre en évidence l'intérêt d'une recherche menée en dehors d'un laboratoire et nous terminerons en évoquant les pistes théoriques qui peuvent nous permettre d'engager une démarche réflexive quant à ce type de pratiques.

Mots-clés. Robot humanoïde, interactions humain-robot, recherche qualitative, éthique.

Après quelques recherches en ligne et dans la presse, il nous est vite apparu qu'en Belgique les robots humanoïdes se trouvent surtout dans les institutions hospitalières. Nous avons alors contacté les différentes institutions francophones du pays hébergeant des humanoïdes afin d'évaluer la possibilité et la pertinence de notre démarche. Ces premiers contacts ont rapidement mis en évidence un écart significatif entre la narration des articles de presse ou les mises en scène des vidéos et l'utilisation quotidienne des robots sur le terrain. En effet, nos interlocutrices¹ nous ont rapidement fait part de leur exaspération quant aux problèmes techniques rencontrés avec les humanoïdes. Après plusieurs contacts et échanges téléphoniques, nous avons fini par porter notre choix sur le CHR de la Citadelle à Liège pour mener notre recherche qui s'est déroulée entre octobre 2018 et mai 2019.

1. À la recherche d'un robot humanoïde

Début octobre 2018, nous contactons le service de pédiatrie d'un hôpital bruxellois qui disposait depuis peu d'un robot humanoïde, Zora. La personne de contact nous explique alors ne pas avoir le temps de s'occuper du robot qui « dort » dans son bureau. Zora venait d'arriver quelques semaines auparavant et les utilisateurs n'avaient pas encore été formés. Il n'était donc pas possible de fournir un calendrier précis de la mise en service de l'humanoïde. Ces incertitudes nous incitèrent à poursuivre nos investigations vers d'autres lieux. Nous avons alors contacté une seconde institution bruxelloise qui disposait également d'un robot humanoïde dénommé Zora. Lors de l'échange téléphonique, notre interlocutrice nous explique que le robot n'a fonctionné qu'une heure lors d'une

¹ La plupart des personnes avec qui nous avons échangé par téléphone étaient des femmes.

conférence de presse et qu'ensuite il n'a plus jamais été opérationnel. Elle précise ensuite : « *Le robot ne fonctionne pas, ce n'est pas notre priorité. Les soignants s'occupent plutôt des patients que du robot* ». Nous avons très vite compris que ce n'était pas cet hôpital qui allait nous permettre de réaliser nos observations de terrain. Nous nous sommes alors tournée vers le CHU de Namur où l'infirmière en chef du service de pédiatrie nous a expliqué qu'un robot humanoïde se trouvait en effet dans son service, mais qu'il fonctionnait de manière aléatoire. Le robot avait été utilisé quelques fois, mais il avait surchauffé dès les premiers instants et la firme qui le commercialise ne semblait pas pressée de pallier les dysfonctionnements de sa machine. L'infirmière nous expliqua également que le robot était utilisé pour des interactions de base, c'est-à-dire l'explication des soins aux jeunes patients, des jeux pour distraire les enfants lors des soins et des présentations en lien avec la santé. Une fois de plus, le caractère précaire des interactions, telles que décrites par notre informatrice, nous encouragea à investiguer vers d'autres lieux pour trouver un robot qui devait répondre à nos attentes. Nous avons ainsi contacté le CHR de la Citadelle à Liège. Un premier appel téléphonique avec la personne responsable des robots, car ici il n'y avait pas un seul robot, mais bien plusieurs, nous a permis d'évaluer la faisabilité de notre démarche. La responsable nous a expliqué que les interactions n'étaient pas constantes, car l'utilisation de cette technologie dépendait de l'état de santé et des disponibilités des patients, ainsi que des « bugs » des robots. Le caractère aléatoire des interactions nous incita à poursuivre nos investigations vers deux autres hôpitaux du pays, mais ces tentatives furent vaines. Finalement, nous décidâmes de concentrer nos recherches uniquement au CHR de la Citadelle à Liège. Un nouveau terrain s'ouvrait à nous...

2. Présentation du terrain

Situé sur les hauteurs de la ville, le CHR de la Citadelle est un grand hôpital de la *Cité Ardente* et trois sites composent l'institution. En 2018, l'hôpital a accueilli environ 18 500 patients² soignés et encadrés par près de 3000 collaborateurs répartis dans 64 services. L'hôpital propose différentes activités aux patients durant leur hospitalisation : une équipe de clowns rend visite aux enfants hospitalisés une fois par semaine, des bénévoles amènent des chiens dans l'hôpital trois fois par semaine et une sortie hebdomadaire avec les animaux est proposée. Les robots viennent compléter cette offre d'activités ludiques dans l'hôpital. En effet, deux robots humanoïdes du nom de Zora sont arrivés dans l'hôpital en décembre 2015. Six mois plus tard, Pepper, le grand robot est venu rejoindre ses congénères. Un troisième petit robot Zora est venu compléter l'équipe début 2018. L'hôpital possède donc aujourd'hui quatre robots humanoïdes.

² La population qui fréquente le CHR de la Citadelle est une population qui se caractérise par une mixité ethnique d'une part et par une certaine précarité sociale d'autre part.

3. Personnes-ressources

Cette enquête de terrain a pu être réalisée grâce à la collaboration et à la confiance de plusieurs membres de l'institution hospitalière³. Tout d'abord, il y eut notre informatrice principale, Marine, la responsable du service de kinésithérapie et revalidation, avec qui nous avons préalablement échangé par mail et téléphone durant la phase de préparation de ce terrain. Cette personne nous a également accueillie lors de notre première visite et elle nous a introduite auprès des différentes personnes que nous allions fréquenter pendant ces quelques mois.

Marine est considérée comme « la responsable robot » dans l'hôpital. Elle a pris le projet en main lorsque la direction de l'hôpital a acheté les premiers humanoïdes. Ce n'est pas tant son goût pour les nouvelles technologies que son attrait pour la nouveauté qui l'a poussée à prendre en charge la gestion des deux humanoïdes, Zora et Pepper, même si cela représente une charge de travail supplémentaire. Marine ne bénéficie pas de disponibilités spécifiques dans son emploi du temps pour gérer les robots, elle doit donc assurer la gestion de Zora et Pepper en plus de sa fonction de responsable du service de kinésithérapie et rééducation. Concrètement, sa mission consiste à faire connaître les robots auprès de ses collègues, à former les futurs utilisateurs et à gérer le planning des robots. Marine assure également le lien avec l'entreprise qui commercialise les robots, Zorabots, et l'hôpital ; elle contacte l'entreprise dès qu'un problème advient ou qu'il faut effectuer une mise à jour des humanoïdes.

Une collègue de Marine, Julie, a également joué un rôle déterminant dans le bon déroulement de ce terrain. La kinésithérapeute prépare les robots lorsqu'une personne veut les utiliser et s'assure ainsi que tout fonctionne. En d'autres termes, elle va chercher les humanoïdes dans le placard et elle les branche afin que la batterie soit chargée lorsque l'utilisateur vient chercher le robot. Elle procède de la même manière avec la tablette qui accompagne Zora et qui contient l'ensemble des jeux et des applications⁴.

Les deux kinésithérapeutes assurent également les animations avec les humanoïdes lors d'événements publics tels que des journées nationales de sensibilisation à une pathologie, l'anniversaire de l'hôpital ou la Saint-Nicolas pour les membres du personnel. Par ailleurs, elles développent et adaptent les fonctionnalités de Zora selon les besoins des utilisateurs. Pour ce faire, elles créent de nouveaux jeux et de nouvelles compositions musicales à l'aide de l'interface prévue à cet effet. En outre, nous avons accompagné plusieurs thérapeutes dans leur pratique quotidienne ainsi que les bénévoles. Nous avons ainsi assisté les kinésithérapeutes des services de pédiatrie et de gériatrie dans leur quotidien. Nous avons également accompagné une psychomotricienne et des bénévoles lors des activités avec Zora.

³ Nous souhaitons ici apporter deux précisions importantes. Tout d'abord, les prénoms des personnes mentionnées dans ce document ont tous été modifiés afin de respecter l'anonymat. Ensuite, nous nous limitons à présenter ici les personnes qui ont joué un rôle significatif dans les observations avec les robots.

⁴ Plusieurs jeux ont été élaborés par la responsable et sa collègue : pierre-papier-ciseaux, Jacques-a-dit, les nombres, l'école, le cirque, la rentrée de classes, l'alimentation, les personnages de Disney, etc. Tous ces jeux se présentent sous forme de cartes sur lesquelles figure un QR code qui permet au robot de valider la réponse.

4. Dispositifs et méthodologie utilisés

4.1. Du rêve...

Notre projet initial souhaitait suivre scrupuleusement les recommandations académiques, c'est-à-dire que nous envisagions de récolter les données grâce à la méthode de l'observation participante et à des entretiens semi-directifs afin de respecter la rigueur imposée par la démarche qualitative de l'anthropologie (Sardan, 2008). Nous souhaitions par ailleurs étoffer ce dispositif à l'aide de photos et de vidéos, car nous pensions que ces outils pouvaient constituer des supports complémentaires intéressants pour rendre compte des interactions humains-robots. Lorsque nous sommes arrivée au CHR de la Citadelle, il ne nous a pas fallu longtemps pour nous rendre compte que les nombreuses contraintes du milieu hospitalier allaient contrarier nos plans initiaux au point de vue de la méthodologie d'enquête.

4.2. ... à la réalité

Le premier frein rencontré sur le terrain se situait au niveau des démarches administratives conséquentes. En effet, lorsque nous avons contacté l'institution, nous avons été informée que nous allions devoir suivre une procédure administrative stricte. Ainsi, nous avons dû établir un protocole de recherche alors que notre démarche se nourrit du quotidien et que nous nous inscrivons dans la veine des personnes qui se laissent porter par leur terrain. Nous nous sommes néanmoins pliée à cette exigence tout en sachant que ce protocole de recherche risquait fortement d'évoluer. Nous avons également dû transmettre aux autorités les questionnaires que nous comptions utiliser durant notre recherche ainsi qu'une description méthodologique scrupuleuse, le tout en quinze exemplaires. Il nous a aussi été précisé à plusieurs reprises que nous devons respecter strictement le protocole de recherche que nous avons soumis et que nous ne pouvions rien modifier dans ce protocole sans en avertir les autorités.

Outre l'aspect administratif contraignant, nous avons vite été confrontée à la question du secret médical. Au nom de ce principe, plusieurs restrictions nous ont été imposées au point que nous nous sommes demandé comment il allait être possible réaliser un terrain dans de telles conditions. Premièrement, il nous a été interdit de prendre quelconque vidéo ou photo dans l'enceinte de l'institution. En effet, certains moments n'appartiennent qu'au patient et au thérapeute et l'échange qui se joue à cet instant relève de l'intime. Comme le mentionne F. Laplantine, l'intime ne s'accorde pas aisément avec l'image, mais plutôt « *avec la réserve, le retrait et la retenue* » (Laplantine, 2018, p.77). Une difficulté de cette recherche allait donc consister à rendre compte de nos observations uniquement avec des mots dépourvus d'images. Néanmoins, la technologie permettant de filmer ou de photographier en toute discrétion, nous avons utilisé un smartphone pour capturer les moments ou les situations dont nous voulions garder une trace⁵. Deuxièmement, il nous

⁵ Si la procédure officielle voulait qu'aucune image ne soit prise durant nos observations, les utilisatrices et utilisateurs des robots n'ont montré aucune réticence face à l'utilisation du smartphone à condition que cette présence ne gêne pas les soignants dans leur travail ou n'incommode pas les patients. Par ailleurs, il a été convenu qu'aucune diffusion grand public ne soit faite de ces photos. Il faut également mentionner que

a été demandé de ne pas entrer en contact avec les patients. Nous pouvions dialoguer uniquement avec quelques membres du personnel de l'hôpital et nous ne pouvions interroger ni les patients ni le staff médical sans avoir soumis préalablement le questionnaire à la responsable du service de kinésithérapie et revalidation. Cette restriction a d'emblée impliqué une impossibilité de procéder à des entretiens, pourtant éléments clés dans notre méthodologie. Cette limite a cependant très vite pu être dépassée une fois bien installée sur le terrain. Au fur et à mesure des jours, nous avons gagné la confiance du personnel soignant et des bénévoles. Nous avons alors pu récolter les informations de manière plus informelle. Les questionnaires ont ainsi été oubliés au profit d'échanges directs et spontanés.

5. Deux robots humanoïdes dans un hôpital

5.1. Pepper

Pepper est un robot humanoïde de 28 kg. Du haut de son mètre vingt, Pepper interagit avec son environnement grâce aux différents capteurs dont il est équipé ainsi qu'avec la tablette située sur son torse. Le robot et la tablette sont reliés grâce à un réseau wifi sécurisé. La personne qui gère le robot peut intégrer du contenu dans la tablette au moyen d'un logiciel constitué de différents modules préinstallés. Cette tablette permet à l'utilisateur de sélectionner l'activité qu'il souhaite. Il peut par exemple s'informer sur une thématique ou sur les services de l'hôpital. Il peut également consulter des informations d'ordre pratique telles que la météo ou le flux du trafic routier de la région. Le visiteur peut aussi consulter des animations ludiques. La batterie du robot lui offre une autonomie d'environ 12 heures.

5.2. Pepper en action

Entre octobre 2018 et juin 2019, nous avons assisté seulement à trois sorties de l'humanoïde⁶. Nos premières observations se sont déroulées lors d'une journée de sensibilisation et d'information sur l'allaitement. Ensuite nous avons revu Pepper lors des 30 ans du CHR de la Citadelle et la dernière fois ce fut lors d'une journée de prévention de l'hypertension. Le robot diffuse également des informations dans les salles d'attente où il présente le service de kinésithérapie et revalidation, les infrastructures du service ainsi que les polycliniques annexées à l'hôpital. Il sensibilise également les enfants à la propreté grâce à une vidéo éducative. Il a par ailleurs été utilisé dans le hall des admissions pour expliquer aux visiteurs de l'hôpital les bons gestes pour se désinfecter les mains. Des distributeurs de gel désinfectant avaient été installés dans le hall et le robot attirait l'attention des passants sur ces distributeurs. La tablette de Pepper complétait le dispositif en proposant une vidéo qui montrait les gestes adéquats pour une désinfection des mains efficace⁷.

les familles des patients et les visiteurs de l'hôpital recouraient très souvent au smartphone pour filmer ou photographier les interactions avec les robots.

⁶ Il prestait certaines fois, mais nous n'étions alors pas disponible pour les observations.

⁷ Animation mise en place avant l'épidémie de Covid.

5.3. Zora

Tout comme son homologue, Zora a été conçue par l'entreprise *SoftBank Robotics* tandis que le logiciel implémenté dans le robot a été mis au point par l'entreprise *Zorabots*. Robot humanoïde de 58 cm, elle se commande à partir d'une tablette connectée via un réseau wifi fermé et sécurisé. Grâce à une interface assez intuitive, l'opérateur peut créer des activités pour le robot (gymnastique, danse ou jeu) et ensuite activer ces animations pour les patients. La tablette est également équipée d'une boîte de dialogue qui permet de générer un échange instantané entre le robot et les patients permettant de donner l'impression que Zora interagit de manière personnalisée et spontanée avec son interlocuteur.

5.4. Zora en pédiatrie

Stéphane, kinésithérapeute dans le service d'hospitalisation longue durée et hospitalisation de jour pour enfants, utilise Zora de temps en temps. Il pratique plutôt son métier sans l'aide de la technologie. Néanmoins les quelques séances réalisées avec Zora nous ont permis d'observer les interactions entre le robot et les enfants hospitalisés.

Avant de rejoindre le thérapeute dans le département des hospitalisations de jour, nous allons chercher le robot. Celui-ci a préalablement été branché sur le secteur par Julie, la kinésithérapeute qui aide la responsable. Nous trouvons Zora accroupie dans un coin du bureau. Nous procédons à l'allumage du robot en pressant le bouton central placé sur son torse. Allumer le robot avant de l'amener dans le service de pédiatrie nous permet de vérifier que tout fonctionne. Huit minutes s'écoulent entre le moment où nous appuyons sur bouton d'allumage et le moment où l'humanoïde se redresse et nous salue. Pendant ce temps, nous préparons la farde qui contient les cartes pour les différents jeux et nous vérifions également la tablette qui accompagne l'humanoïde. Prête à l'emploi, nous posons Zora avec son chargeur sur son petit chariot en inox et nous rejoignons le kinésithérapeute pour la séance prévue⁸.

Stéphane présente Zora à une des jeunes patientes et il lui propose de jouer avec elle. La petite fille répond qu'elle ne veut pas. Le kinésithérapeute lui explique qu'il est possible de jouer à différents jeux avec le robot, mais la petite refuse obstinément. Stéphane montre quelques cartes et propose le jeu pierre-papier-ciseaux. La petite fille refuse encore. Il propose ensuite de jouer à Jacques-a-dit, nous essayons toujours le même refus. La maman encourage sa fille à accepter un jeu avec le robot, mais en vain. Stéphane finit par capituler et il me dit : « *Bon, ben je suis désolé, mais ce ne sera pas pour aujourd'hui* ». Tandis que le thérapeute entame une séance sans robot, nous quittons la salle. Je prends congé de Stéphane, je redescends accompagnée de Zora et je la range dans son local.

Si le robot permet au thérapeute de proposer des animations ludiques aux enfants, le kiné ne doit pas pour autant disposer du robot pour effectuer son travail. Les séances de kiné visent à favoriser un travail fonctionnel du corps, mais nous avons pu constater que la

⁸ Nous avons tenu à détailler la prise en main du robot, car toutes les séances commençaient préalablement par cette préparation.

mission du kiné va bien au-delà de cet aspect purement fonctionnel. En effet, nous avons constaté à plusieurs reprises que le thérapeute est à l'écoute de ses patients et qu'il endosse parfois un rôle d'éducateur ou de psychologue bien malgré lui. La dimension psychosociale de ce travail est donc au moins aussi importante que la dimension fonctionnelle. Le robot apparaît dès lors comme un outil au service du thérapeute, à aucun moment il ne substitue à lui et il est difficilement envisageable qu'il puisse le faire un jour.

5.5. Zora en gériatrie

Nous nous présentons dans la salle de réunion du service de gériatrie où quatre patients sont installés face au robot qui trône sur la table. Julie installe Zora sur la table tandis que sa collègue vient s'occuper des patients durant la séance. Le robot présente des mouvements à effectuer avec les bras et les personnes âgées doivent les reproduire. Pendant ce temps, les deux kinés vérifient que les patients reproduisent correctement les mouvements montrés par le robot. L'une corrige tantôt une épaule montée trop haut, l'autre encourage à tendre davantage le coude. Une kiné passe auprès de chaque patient pour le conseiller tandis que Julie reste près du robot pour s'assurer que Zora ne va pas chuter. Elle place ensuite un bâton dans les mains de Zora et les patients en reçoivent un également. Ils doivent maintenant effectuer des mouvements avec le bâton. Julie installe ensuite le robot sur un petit banc en bois et elle l'y attache solidement afin d'éviter une chute, comme cela s'est déjà produit par le passé. Bien arrimé, le robot commence à effectuer des mouvements avec ses membres inférieurs. Un des patients fait remarquer qu'il ne comprend pas toujours bien ce que dit le robot. Julie lui répond que ce n'est pas grave, car l'essentiel c'est de suivre les mouvements.

Quelques semaines plus tard, nous sommes conviée à assister à une séance de gymnastique sans le robot. Durant la visite, la kinésithérapeute, Linda, m'explique que *« dans ce service⁹ il y a beaucoup de réticences par rapport au robot. Même la jeune gériatre n'y est pas favorable. Elle a assisté à une séance de démo et elle a trouvé ça ridicule »*. Linda continue ses confidences : *« Le robot n'est pas adapté aux personnes âgées. Elles ne comprennent pas ce qu'il dit. En plus, il faut que leur état de santé leur permette de participer à ces séances »*. Linda fait ici référence au fait que les patients doivent être un minimum autonomes dans leurs mouvements pour pouvoir réaliser la séance de gymnastique et qu'ils doivent pouvoir se déplacer pour venir jusqu'à la salle, car le personnel soignant n'a pas le temps d'aller chercher chaque patient dans sa chambre et de le mettre dans une chaise roulante pour le conduire dans la salle de gym.

Initialement, il était prévu que nous assistions à plusieurs séances de gymnastique avec les personnes âgées et le robot. La responsable nous avait en effet expliqué que durant leur séjour, les patients travaillent généralement une fois avec le robot. Elle avait néanmoins précisé que cela dépend néanmoins de leur état physique qui ne leur permet pas toujours de participer à une séance avec Zora. Dans les faits, nous n'avons eu qu'une seule occasion d'observer l'utilisation de Zora en gériatrie. Plusieurs raisons expliquent l'utilisation occasionnelle du robot. D'une part, il y a l'état de santé des patients qui ne

⁹ En gériatrie.

convient pas toujours pour participer aux séances de gymnastique. Qu'il s'agisse de démence, de surdité ou d'invalidité, ces pathologies entravent la participation des patients à ces séances de gym collective. D'autre part, l'équipe soignante de gériatrie n'est pas favorable aux humanoïdes. Le robot n'est donc pas le bienvenu dans ce service où il n'y fait donc que de furtives apparitions.

5.6. Zora en psychomotricité

Une autre protagoniste dans cette aventure a été une psychomotricienne, Amandine. Au départ, nos observations se faisaient selon l'emploi du temps des robots. Ensuite, nous avons choisi de nous concentrer quasi exclusivement sur les activités de psychomotricité. Amandine nous permettait en effet d'observer à notre guise les interactions avec l'humanoïde et elle utilisait Zora en fonctions de nos demandes. Elle n'hésitait pas à adapter les modalités des séances pour que nous y trouvions notre place et elle choisissait scrupuleusement les enfants dont le profil lui semblait adéquat pour travailler avec le robot¹⁰.

Accompagnée d'une stagiaire, nous accueillons un petit garçon de 3 ans ½, Robin. C'est la première fois qu'il voit Zora. Il a peur, il manifeste même des signes d'angoisse. La psychomotricienne lui avait annoncé une surprise. Dès son arrivée, il remarque le robot et dit : « *Ho, la surprise. Le robot* ». Je sollicite le robot via la tablette pour qu'il se dresse. L'enfant panique et va se cacher dans le coin opposé de la pièce. Accompagné de la stagiaire, il lui dit qu'« *il ne faut pas réveiller le robot* ». Il répète cette phrase à plusieurs reprises. Robin demande à la stagiaire de l'aider à construire une cachette pour se soustraire à la vue du robot. Cécile l'aide à élaborer une cachette avec de gros blocs de mousse qui se trouvent dans la pièce. Face à cette réaction très vive, nous décidons de ne plus faire parler ou bouger le robot afin de ne pas stresser l'enfant davantage. Robin finit par sortir de sa cachette, aidé de Cécile, qui l'encourage à venir jouer avec elle et lui propose différents jeux. Il finira par accepter de jouer avec un garage et des voitures, mais il jette régulièrement un œil à Zora qui reste silencieuse et immobile dans un coin. L'enfant limite ses déplacements et évite de s'approcher du robot en disant qu'« *il ne faut pas le réveiller* ». La psychomotricienne nous rejoint au milieu de la séance et elle nous demande comment l'enfant a réagi. Nous lui mentionnons la réaction apeurée de l'enfant. Elle nous explique alors le passé difficile de Robin : un père violent qui menaçait la mère d'enlever ses enfants. Nous établissons immédiatement un lien entre ce passé très lourd et la réaction de l'enfant. Après 20 minutes, l'enfant a oublié le robot et passe devant lui sans aucun souci. La séance se termine sans intervention de Zora.

Le cas de la psychomotricité combine les différents aspects des utilisations de Zora. Si la dimension ludique est omniprésente, la dimension fonctionnelle l'est également. Aussi ces deux dimensions s'entremêlent-elles de manière parfois confuse, ne permettant pas toujours de les distinguer aisément. Il faut également noter que dans le cas de la psychomotricité, la dimension ludique ne constitue pas une finalité en-soi. La situation

¹⁰ Il est important de préciser que les utilisations et les observations n'ont jamais été réalisées au détriment des patients.

rappelle davantage celle avec le kinésithérapeute en pédiatrie où le robot permet de proposer des jeux pour ne pas directement confronter l'enfant à ses difficultés. Le robot permet en effet de révéler certains manquements ou difficultés chez l'enfant et en même temps il permet de travailler les lacunes des patients. Lors des différentes séances, j'ai ainsi pu constater que le robot mettait en évidence des difficultés de comportement, langagières ou motrices, des enfants tandis qu'il permettait également de travailler ces difficultés en vue de les dépasser. Ainsi, Amandine avait défini la fonction de Zora : « *Le robot est un partenaire de jeux et il distrait les enfants pour oublier pourquoi on vient, oublier qu'on est malade* ». En effet, le travail thérapeutique s'effectue à travers des jeux qui incitent les enfants à mobiliser diverses compétences pour dépasser la situation problématique.

5.7. Zora avec les bénévoles

Trois fois par semaine, Zora est utilisée durant environ 1h30 par des bénévoles de l'hôpital afin d'occuper les enfants qui patientent dans les différentes salles d'attente de pédiatrie. Six bénévoles ont été désignés pour suivre une formation à l'utilisation du robot quelques semaines précédant notre arrivée. Les premières activités avec Zora et les bénévoles correspondaient donc au début de nos observations.

Nous nous dirigeons vers les salles d'attente des services de pédiatrie afin d'y distraire les enfants avec Zora. Marine accompagne un des bénévoles, car il n'est pas encore familier avec la technologie. Nous nous installons au milieu d'un couloir, devant quatre bureaux de médecins, car une dame et deux fillettes patientent dans la salle. Marine pose Zora par terre et elle présente Zora en expliquant qu'elle est là pour jouer avec les enfants. Elle propose aux deux petites filles de choisir un jeu parmi l'ensemble des jeux réunis dans la farde. Les fillettes choisissent le jeu avec les éléments du cirque. Le bénévole sélectionne alors l'activité correspondante sur la tablette afin que Zora débute le jeu. Marine explique que chacun répond tour à tour afin de laisser l'occasion à tout le monde de participer. Le robot désigne une carte que les fillettes doivent retrouver dans l'ensemble des cartes disposées devant elles pour ensuite la présenter à Zora. Marine aide alors l'enfant à bien positionner la carte afin que le QR code de la carte se trouve exactement devant la caméra frontale située entre les yeux de Zora. C'est en effet ce code qui permet au robot d'identifier la carte qui lui est présentée et qui lui permet ainsi de valider ou invalider la réponse de l'enfant. La bonne carte ayant été présentée au robot, Zora dit « bravo » et fait un mouvement qui singe l'applaudissement avec les mains. Une autre petite fille a rejoint les deux premières. Après un premier lot de 5 cartes, le robot demande aux enfants s'ils souhaitent continuer à jouer. Marine leur demande alors s'ils souhaitent poursuivre le jeu. De l'avis général, les enfants souhaitent continuer. Marine confirme alors au robot et lui répond qu'il peut continuer en lui disant « oui ». Après un second lot de 5 cartes, le robot déclare la fin de la partie et il félicite les enfants. Il énonce le nombre de bonnes réponses et dit « au revoir » pour signaler la fin du jeu. Le premier jeu terminé, Marine propose aux fillettes d'en choisir un second. Les enfants choisissent le jeu des métiers. Les jeux vont se succéder ainsi pendant environ 40 minutes toujours selon le même modus operandi et des enfants arrivent tandis que d'autres partent. Soudain, une des portes s'ouvre et l'une

des médecins demande que nous fassions moins de bruit, car, dit-elle, « *on ne s'entend plus dans mon bureau* ». Il faut dire que le couloir est particulièrement bruyant. Les cris des enfants et l'effervescence suscitée par Zora amplifient ce brouhaha. Marine demande aux enfants de faire moins bruit afin de terminer la séance sereinement.

La dimension ludique s'exprime pleinement avec les bénévoles. En effet, dans ce cas précis, le robot est exclusivement destiné à cet usage. Les bénévoles n'étant pas thérapeutes, il ne pourrait être question d'envisager une quelconque dimension « thérapeutique »¹¹ avec le robot. Le robot remplit donc davantage un rôle occupationnel avec les bénévoles en proposant des jeux et des chorégraphies aux enfants pour les faire patienter dans les salles d'attente.

6. Et si c'était à refaire ?

Comme nous avons pu nous en apercevoir, observer des interactions humain-robot dans un environnement quotidien¹² ne se fait pas aisément. Outre le fait de d'abord trouver un objet d'étude qui correspond aux objectifs et aux exigences du projet de la recherche, il faut ensuite composer avec les impératifs du terrain et les aléas du quotidien. Qu'il s'agisse des défaillances de la technologie, de l'indisponibilité des thérapeutes ou des refus de collaborer des patients, ce sont autant d'événements qui nous ont contrainte à adapter la méthodologie et les objectifs de notre recherche afin de les rendre compatibles avec la réalité du terrain.

Les lecteurs ont pu avoir l'impression que notre expérience était teintée de beaucoup d'obstacles et de frustrations. Ce serait une gageure que d'affirmer le contraire. Cependant, cette expérience dans un environnement quotidien plutôt qu'en laboratoire (Blond, 2019) a permis de mettre en évidence des éléments qui n'auraient pas été détectables avec une expérience en laboratoire. Nous pensons plus particulièrement à la méfiance à l'égard de la nouvelle technologie et aux stratégies de *ruse* (Latouche & al., 2004) mise en place par les humains pour cohabiter, parfois malgré eux, avec les robots. En outre, nos observations ont permis de mettre en évidence qu'il existe une différence significative entre les « mises en scène » pour les médias et l'utilisation réelle sur le terrain ainsi que les difficultés d'introduction de la technologie qui ne semble pas toujours adaptée à l'environnement ou au public cible. Enfin, nous avons pu constater que la présence humaine était indispensable pour encourager et faciliter les interactions avec Zora et Pepper. Il est ainsi apparu très clairement que le robot se présente comme un outil au service des thérapeutes et qu'il permet en cela de développer de nouvelles pratiques professionnelles, mais à aucun moment il n'est question que le robot se substitue aux humains.

Enfin, cet exemple d'étude menée dans un hôpital souligne trois éléments essentiels. Tout d'abord, il y a la nécessité d'un temps long pour mener la recherche à bien. En effet, une temporalité plus longue permet de collecter suffisamment de données malgré les

¹¹ Aussi peut-on se demander si le robot possède une dimension thérapeutique.

¹² Nous choisissons délibérément l'expression d' *environnement quotidien* plutôt que celui d'environnement naturel afin d'éviter le débat renvoyant à la dichotomie « *nature-culture* » (Descola, 2005).

imprévus du terrain. Ensuite, ce terrain a révélé la nécessité d'adopter une posture éthique rigoureuse afin de respecter le choix des patients qui ne veulent pas interagir davantage avec le robot ou qui en ont peur (Devillers, 2017). Finalement, cette expérience révèle la nécessité de bien évaluer la pertinence du terrain par rapport aux objectifs visés.

Bibliographie

- Blond, L. (2019). Studying robots outside the lab: HRI as ethnography. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 10(1), 117-127. <https://doi.org/doi:10.1515/pjbr-2019-0007>
- Descola, P. (2005). *Par-delà nature et culture* (Gallimard, Ed.). Gallimard.
- Devillers, L. (2017). *Des robots et des hommes: mythes, fantasmes et réalité*. Plon.
- Ellul, J. (1988). *Le bluff technologique*. Hachette.
- Gelin, R. (2015). *Le robot, le meilleur ami de l'homme?* Le Pommier.
- Laplantine, F. (2018). *Penser le sensible*. Pocket.
- Laurent, P.-J. (2019). *Devenir anthropologue aujourd'hui*. Karthala.
- Grimaud, E. et Paré, Z. (2011). *Le jour où des robots mangeront des pommes*. Pétra.
- Olivier de Sardan, J. P. (2008). *La rigueur du qualitatif. Les contraintes empiriques de l'interprétation socio-anthropologique*. (A. Bruylant, Ed.). Academia Bruylant.
- Serge Latouche, Pierre-Joseph Laurent, Olivier Servais, Michael Singleton. (2004). *Les raisons de la ruse. Une perspective anthropologique et psychanalytique*. La Découverte.

Un IME en *fablab* : rencontres et inventions subjectives

Quentin Dumoulin

Docteur en psychologie, Psychologue clinicien en pédopsychiatrie,
ATER Université Rennes 2, Centre Hospitalier Guillaume Régnier

Résumé : Nous présentons un dispositif de médiation, co-construit avec un IME et un *fablab*¹. L'atelier est en place depuis plus de cinq ans. Chaque semaine, le *fablab* accueille un petit groupe de jeunes de l'IME sur un temps où le lieu est ouvert au public. Le principe est de mettre à disposition les différentes machines et outils du « laboratoire de fabrication ». Des éducateurs et des *fabmanagers*, de l'équipe du *fablab*, accompagnent le petit groupe. Les instruments et le savoir-faire pour les utiliser sont ainsi accessibles au groupe qui fabrique ou répare différents objets, en fonction des centres d'intérêts de chacun. Nous rappelons dans un premier temps les motivations cliniques et politiques liées à l'émergence de ces « tiers-lieux » à la fin du XX^{ème} siècle, puis nous discutons à partir de trois vignettes cliniques les potentialités et intérêts de ce type de médiation avec ces dispositifs de fabrication numérique.

Mots-Clefs : clinique ; psychopathologie ; invention ; *fablab* ;

Introduction : une « invention subjective » aux origines des *fablabs*

Les *fablabs* (contraction anglophone de « laboratoire de fabrication ») sont des espaces inspirés par la culture *maker* et *hacker*, celle du bricolage, de la débrouille, que l'on retrouve, à l'origine, au sein de communautés d'ingénieurs, selon l'ambiance dépeinte par exemple par F. Turner dans son livre sur S. Brand (Turner, 2013). Le terme de « *fablab* » est proposé par Neil Gershenfeld, professeur au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Dans les années quatre-vingt-dix, il transforme son cours en friche artistique pour développer la créativité de ses étudiants (un de ses cours s'appelait « Comment fabriquer à peu près n'importe quoi » (Gershenfeld, 2005, p. 4)). Aujourd'hui, la France est un des pays les mieux dotés dans le monde de ces espaces de créations (Bosqué & al., 2018). Mus par la culture DIY (« *Do It Yourself* »), les *fablabs* sont régis par une charte éditée par le MIT qui fixe les orientations générales de ces lieux. La visée principale est de mettre à libre disposition des usagers du lieu un ensemble d'outils et de machines (imprimantes 3D, découpeuses laser, etc.).

L'idée générale est que chacun puisse construire l'objet qui lui manque. Pour des personnes en situation de handicap physique, cela peut être l'occasion de faciliter un quotidien par différents bricolages plus ou moins complexes (*empowerment*) et à moindre coût (*lowtech*)². L'idée initiale de N. Gershenfeld était de construire des objets

¹ Contraction de l'anglais *fabrication laboratory*, « laboratoire de fabrication ».

² Le *fablab* de Rennes *My Human Kit* s'est par exemple constitué autour de Nicolas 'BioNico' Huchet qui, à la suite d'un accident du travail, a perdu sa main gauche et a pu, avec quelques *makers*, construire lui-même sa propre prothèse pour des coûts défiant toute concurrence. Son témoignage est disponible sur le site du *fablab* rennais « *My Human Kit* », accessible en ligne : <https://myhumankit.org/> [page consultée le 20.08.2021].

pour un marché qui se réduirait à une seule personne – celle qui l'avait conçu, ou qui en avait eu l'idée. Cette dynamique oriente les *fablabs* : si les bénévoles et les différents intervenants mettent à disposition leurs savoirs et compétences, il revient aux bénéficiaires de participer de façon active à la fabrication. Cette exigence fait consister un savoir du côté du bénéficiaire à qui il est ainsi demandé de s'investir dans la réparation ou la création de l'objet.

Ces objets, au-delà de l'utilité « pratique » qu'ils peuvent revêtir, emportent également, pour certains utilisateurs, un poids subjectif voire poétique. Kelly Dobson est une des premières élèves à s'inscrire dans le cours de Neil Gershenfeld. Elle se sert de cette offre du professeur pour mettre au travail un projet tout à fait singulier : un sac à cris. En effet, cette étudiante connaissait d'importants épisodes d'angoisse en public (notamment dans les transports en commun) qui la poussaient à crier. Peu compatible avec une vie sociale pacifiée, elle traite ce symptôme par la réalisation de ce « sac à cris ». Le *ScreamBody* ainsi créé permet d'abord à étouffer le cri (un orifice du *backpack* permet à son porteur d'y crier en silence) avant qu'un système couplant microphone et haut-parleurs permette de le relâcher, plus loin, dans la nature (Ricard et *al.*, 2015, p.24). K. Dobson se présente elle-même comme ayant grandi dans une décharge avec pour seuls amis des machines cassées. Aujourd'hui, elle travaille à élaborer des thérapies par les machines, dont le *ScreamBody* semble avoir été le précurseur³. K. Dobson témoigne par son orientation professionnelle et ce projet original de ce qu'un sujet peut trouver dans cette offre de « bricolage technologique » que proposent les *fablabs*.

³ Site personnel de l'artiste Kelly Dobson, accessible en ligne : <https://web.media.mit.edu/~monster> [page consultée le 14.08.2021].



Kelly Dobson et son « sac à cris »,
Illustration issue du site web de l'artiste :

1. Le tiers, le lieu et le lien

Le terme de « tiers-lieu » est introduit par le sociologue américain Ray Oldenbourg pour désigner des « troisièmes lieux » de la vie sociale, qui succède à la maison (vie familiale, privée) et au travail (vie professionnelle, publique) (Oldenbourg, 1989). Dans ce cadre, les « troisièmes lieux » apparaissent forts divers et nombreux. Leur définition est variable d'un individu à l'autre, car éminemment dépendante de l'environnement social des sujets eux-mêmes. Depuis l'après-guerre, en Europe occidentale, les différents courants d'une psychiatrie « humaniste » (psychothérapie institutionnelle, antipsychiatrie, mouvement désaliéniste) ont mis en évidence l'intérêt et l'importance d'existence de lieux « tiers » pour les patients. Ces lieux « tiers » n'appartiennent pas directement à l'institution mais sont, d'une manière ou d'une autre, en « lien » avec elle.

En plus des aspects institutionnels et politiques, l'intérêt de la présence des lieux tiers dans les institutions psychiatriques se motive d'une série d'arguments cliniques. Ces derniers sont au principe des initiatives institutionnelles liées à la politique du secteur (CMP, CATTP), s'éloignant des ensembles concentrationnaires, souhaitant également assurer une certaine souplesse entre le patient et l'institution (comme l'illustre la logique des « clubs » de la psychothérapie institutionnelle où les patients, dans la conversation avec les soignants, organisent la gouvernance des lieux qui les accueillent (Oury, 2001)).

Dans son dernier ouvrage, Francesca Biagi-Chai, psychiatre et psychanalyste, revient sur son expérience de la mise en place d'un hôpital de jour à l'hôpital Paul Guiraud. Elle explique notamment que c'est la possibilité d'un « lien à vie » avec les usagers de l'hôpital de jour qui leur permet de quitter sereinement l'hôpital (Biagi-Chai, 2020, p.157). Il s'agit, pour l'orientation clinique des services de psychiatrie, de prendre en compte ce genre de paradoxes : évoquer avec un patient la possibilité de revenir, voire trouver à penser avec lui son retour, facilite les départs. Dans cette même logique, l'articulation des lieux « tiers » aux lieux d'hospitalisation permet aux sujets la constitution d'un réseau *a minima* où il peut circuler. Depuis cette stabilité ordonnée, on peut alors organiser et accueillir plus favorablement les rencontres, les contingences et leurs effets, au cas par cas.

L'héritage de cette psychiatrie qui soigne par le lien a inspiré la création d'un dispositif de médiation thérapeutique, co-construit entre un IME (Institut Médico-Éducatif) et un *fablab*. L'atelier est en place depuis plus de cinq ans, sur un temps d'ouverture publique du *fablab*. Un à trois jeunes sont accueillis sur ces moments, accompagnés d'un ou de deux éducateurs de l'IME. Un à deux *fabmanagers* sont détachés de l'activité de l'*openlab* pour soutenir les jeunes dans leurs projets. Le temps passé au *fablab* est découpé en plusieurs moments qui visent à instaurer une certaine routine, c'est-à-dire des repères pour les jeunes, au sein de ce lieu hors-les-murs de l'institution. Un premier moment d'échanges et de discussions ouvre l'activité. Il s'agit de faire un point sur l'avancée des projets de chacun. Ensuite, se déroule un moment de réalisation des projets où les jeunes sont accompagnés dans la fabrication de leurs objets ou dans la tâche qu'ils investissent (modélisation sur ordinateur, travaux de réparation, maintenance,

commande de matériel...). L'espace est organisé autour de tables de travail, les machines sont installées le long des murs de la pièce. Les portes de l'atelier (intérieure et extérieure) ne sont pas fermées et la circulation est libre. Enfin, un temps de rangement et de photographies des objets réalisés clôt le temps d'activité. Les jeunes sont autorisés, s'ils le demandent, à emmener leurs créations et les clichés réalisés documentent une page internet de type *wiki*⁴, accessible à l'extérieur du *fablab*, qui retrace les activités et présente les réalisations.

Les éducateurs détachés pour l'activité et les *fabmanagers* se réunissent lors de séances trimestrielle de bilan pour ajuster les accompagnements cliniques proposés au *fablab*.

La médiation s'appuie sur les projets des jeunes, et l'accompagnement clinique consiste d'abord dans l'accompagnement de ce projet. Travailler ainsi autour d'un objet commun permet de garantir au sujet accueilli que notre intérêt ne le concerne pas directement. Cela permet de s'appuyer sur un des centres d'intérêts du jeune, tout en tenant à l'écart d'éventuels vécus d'envahissement ou de persécution relatifs à la trop grande proximité « psychique » des personnes présentes.

L'accueil régulier, le repère d'intervenants stables, la mise en place d'une relation de confiance sont des éléments fondamentaux aux dispositifs d'accompagnements cliniques. Ajoutons que le *fablab* n'est pas un lieu destiné *a priori* aux soins, et encore moins aux soins « psychiques ». Cela permet d'une part de « déstigmatiser » des jeunes accueillis quotidiennement dans des institutions dites « spécialisées », où ils peuvent se présenter (parfois très) différemment. D'autre part, ce partenariat soutient que cette inclusion peut trouver à se réaliser à la condition de créer un lieu pour chacun — et non pas un même lieu pour tous. Il ne s'agit pas tant que tous aient accès au même lieu mais bien de construire, au un par un, un lien susceptible d'accueillir les inventions de chacun.

2. Clinique des inventions subjectives en *fablab*

L'affinité de certaines psychopathologies et de dispositions créatives a depuis longtemps été établie (Prinzhorn, 1922/2000 ; Morgenthaler, 1921/1964 ; Maleval, 1993). Les repérages cliniques qui en découlent montrent une articulation entre la forme du symptôme et la création artistique (Sauvagnat, 2014), ce que montre de façon remarquable la trajectoire de K. Dobson. Dans le cadre de la médiation au sein du *fablab*, l'intérêt d'accompagner les jeunes de manière individuelle se traduit par une interrogation au cas par cas des projets qu'ils veulent engager.

En d'autres termes, dans la clinique, création, invention et thérapeutique ne sont pas tant à différencier qu'à articuler autour des « symptômes » (au sens large) des sujets accueillis. Lors de ces médiations, avec des sujets en situation de handicap ou de souffrance psychique, le pari est que les productions artistiques (imaginées, souhaitées et/ou conçues, réalisées) répondent aux difficultés éprouvées par les jeunes accueillis. Nous présentons trois vignettes cliniques qui nous semblent intéressantes pour illustrer ce point.

⁴ Les *wikis* sont des applications *web* qui suivent la même présentation et le même fonctionnement logiciel que l'encyclopédie collaborative en ligne *Wikipédia*.

2.1. Fred : extraire des images qui sont dans la tête

Fred est accueilli au *fablab* depuis cinq ans. Il se voue durant ses séances à un véritable travail d'extraction « d'images [qu'il a] dans la tête », selon ses termes. Au *lab*, il a trouvé un traitement de ces objets qui encombrant ses pensées : il s'agit de modéliser, d'exporter, puis de produire ces images mentales, à l'aide des machines à disposition (imprimantes « 3D », matériels électronique et informatique). Il est remarquable de noter que ses créations s'appliquent à pouvoir faire le trait d'union entre deux éléments hétérogènes (il imprime des ponts, des tunnels, des tours, est fasciné par l'ascenseur de verre présent dans l'établissement qui héberge le *fablab*). Parallèlement à ce travail de jonction, Fred peut poser des questions, ou préférer des affirmations qui semblent le traverser. Ses oreillers auraient ainsi « fait des bébés » dans la nuit ; il peut passer du temps, à l'IME, à visionner des images de mises bas de mammifères (des chats, des chiens, des lapins...). À ces ritournelles, rien ne semble pouvoir être répondu, et Fred, est plutôt soulagé quand nous l'invitons à rester focalisé sur son travail. Ainsi l'on pourrait dire que du gouffre des origines qui lui apparaît et auquel il s'affronte, Fred répond avec cette jonction qu'il trouve à réaliser dans les différents éléments d'architecture qu'il forge, mais aussi dans des objets contenus dans d'autres, qu'il repère avec une précision notable. Les formes qu'il produit lui apparaissent parfois à la vue d'un matériel qu'il s'agit alors de sculpter, et auquel il faut retirer de la matière.

Le point commun entre ces deux opérations (extraire des images et extraire des formes) est qu'elles s'orientent d'une logique de soustraction. Elle concerne ces images mentales, comme la matière des objets qu'il amène pour les sculpter et parvenir à la forme qui l'intéresse. Fred poursuit au *fablab* son travail d'extraction qu'il avait entamé au sein de l'IME. En effet, à l'IME, il demande souvent à se rendre sur internet pour collecter des images, les imprimer, puis les plastifier pour les préserver. De la même façon que la plastifieuse vient protéger ses images, au *fablab*, il faut souvent à Fred trouver un carton, ou construire une boîte, pour contenir l'objet qu'il a fabriqué. L'opération que Fred réalise au *fablab* consiste ainsi à sortir l'objet de sa gangue pour la reconstruire ensuite, à sa main.

Fred a par ailleurs trouvé un espace au sein du *fablab* où il peut stocker ses productions, mais aussi des éléments qu'il ramène et qu'il consigne « pour plus tard » dans le tiroir qui lui est attribué. Un tri régulier est nécessaire, et cela n'est pas facile pour Fred de consentir à se séparer d'objets qu'il n'investit pourtant plus depuis longtemps. Pouvoir conserver ces objets et matériaux sur place inscrit son activité dans le temps et permet de découper ses projets — et le temps — en plusieurs phases. Fred peut dire son attachement à ses venues au *fablab* et se montre très affecté de la suspension des activités durant les congés.

2.2. Justin : (se) réparer en prélevant chez l'Autre

Justin, accueilli au *fablab* pour la deuxième année, est un jeune homme de 19 ans pris en charge par la pédopsychiatrie et les institutions médico-sociales depuis son plus jeune âge. Il présente notamment des troubles sévères du comportement, et peut multiplier

les passages à l'acte, qui jalonnent sa prise en charge. Après avoir observé certains utilisateurs du *fablab*, Justin demandera à pouvoir également se servir du fer à souder et s'appliquera à la réparation d'une série d'objets provenant de l'IME, dont certains avaient été cassés par lui.

D'autre part, Justin demandera à réaliser au sein du *fablab* différents objets qui n'ont, semble-t-il, pas de signification particulière pour lui — voire lui semblent quelque peu énigmatique — sinon qu'ils sont des « cadeaux ». Ses « cadeaux » (des bagues, des porte-clefs, de petites figurines) lui servent à médiatiser ses interactions avec les autres en général. Ces objets forgent un espace entre lui et l'Autre à qui il les offre. Faute de cette marge, Justin peut basculer dans une agressivité, un fonctionnement en miroir avec quelques signes indexant un transactivisme latent. Après cette demande de réaliser des objets protecteurs à donner en pâture à l'Autre, Justin souhaitera « personnaliser » ces présents. Il s'engage ainsi dans un travail long et patient où il s'agira pour lui, à l'aide d'un logiciel de modélisation, d'inscrire son nom sur une bague avant de la réaliser avec l'imprimante 3D. Ce travail complexe est parfois insupportable pour Justin. Voyant que nous tâtonnons avec lui, celui-ci cherche, dans ces moments, à s'extraire en allant prélever un objet chez l'Autre. Il peut ainsi aller demander une cigarette à quelqu'un qui passe par là, aller se servir une boisson chaude ou une part de gâteau, sans en demander l'autorisation. L'institution rapporte que dans certaines circonstances, Justin a pu ingurgiter tant de nourriture qu'il s'en était trouvé mal. Un versant du travail clinique avec Justin consiste à appareiller ce « sans limite » à un fonctionnement routinier qui puisse « boucler » le circuit pulsionnel qui sinon se débranche de la satisfaction, de la satiété, et ne connaît plus l'arrêt.

Au *fablab*, on observe par ailleurs que Justin se présente de façon plutôt calme et apaisée. Son comportement semble canalisé par l'atmosphère de travail qui règne dans ce lieu. A *contrario*, les moments plus animés qui jalonnent la vie du *fablab* peuvent pousser Justin à chercher à s'extraire en sortant du lieu, ou en mimant une « bagarre » avec un autre qu'il trouve sur son chemin.

Le *fablab* vise donc à offrir à Justin cette occasion d'une mise au travail où il cherche à réparer des objets qu'il brise ou à inventer d'autres objets pour nouer un lien plus civilisé avec les autres.

2.3. Ibrahim : appareiller l'hallucination

Contrairement aux sujets précédents, Ibrahim commence à être accueilli au *fablab* depuis seulement un an. C'est un jeune homme de 18 ans, dans une précarité psychique majeure. Ibrahim est accueilli depuis peu en IME, il était pris en charge auparavant uniquement par la pédopsychiatrie de son secteur. Depuis son arrivée à l'IME, plusieurs crises aiguës ont rendu nécessaire de brefs retours à l'hôpital — souvent le temps d'un week-end, lorsque l'IME ferme. Dans ces moments où sa symptomatologie flambe, Ibrahim peut dire qu'il est fou, que l'on veut le tuer, qu'il est poursuivi par des *djinn*s. Le dialogue avec Ibrahim est difficile. Ses questions n'appellent pas de réponses du côté du

sens — dans lequel il peut vite se « perdre » — mais plutôt des accusés-réceptions de sa parole. Il sait cependant indiquer à son interlocuteur quand cela ne va pas, et peut élaborer quelques solutions (sortir dehors, s'asseoir, mettre un casque audio par exemple).

Ibrahim investit massivement les objets numériques. Il voudrait construire une tablette. Des panneaux de bois gravés et autres « fausses tablettes » sont élaborées avec lui. Il peut proposer un dessin que l'on grave ensuite sur le bois, mais sa demande se répétera à l'endroit de la déclinaison numérique de la tablette. Les professionnels du *fablab* ont beau lui répéter que cela n'est pas possible avec les outils à disposition, pour Ibrahim, cela ne s'inscrit pas et il réitère sa demande au fil des semaines. Ibrahim a déjà eu plusieurs tablettes et *smartphones*. Mais nul n'a été assez résistant face aux avaries rencontrées. Les professionnels de l'IME ont repéré qu'Ibrahim pouvait particulièrement être en proie à de grandes angoisses lors des moments de transition — où il n'y avait pas d'activité (récréations, pauses du midi, temps calmes, etc.) Sa demande honorée d'obtenir le code wifi de l'institution lui a permis de se brancher (au sens littéral : il s'assoit à côté d'une prise à laquelle il relie son appareil) au fonctionnement institutionnel et de ne plus se sentir en danger lors de ces moments de « vide ». Ibrahim m'explique en détail la façon dont il peut se servir de ses appareils numériques. Il me montre par exemple des photos des *djinn*s qu'il voit. Cette capture de l'hallucination est remarquable, et le fait qu'Ibrahim puisse les présenter ensuite à l'Autre témoigne du dépôt qu'il tente d'effectuer.

Dans d'autres circonstances, Ibrahim passe son temps à télécharger des applications sur ses appareils, sans en faire pour autant guère usage. Une fois les appareils remplis d'applications diverses, il demande de l'aide afin de vider la mémoire de la machine, et il recommence à télécharger des applications. On peut faire l'hypothèse de considérer cette activité comme un traitement minimal : saturer la mémoire de l'objet puis s'appuyer sur un autre pour la libérer et recommencer.

Ibrahim s'intéresse également à la musique et télécharge de nombreuses applications de *streaming* musical. Bien qu'il sache qu'il peut écouter de la musique « gratuitement » (moyennant le visionnage de publicités) sur *YouTube*, c'est surtout les applications par abonnement qui retiennent son attention, ou encore, celles d'achats de musique en ligne. Il se crée des comptes sur ces plateformes, mais lorsque arrive le moment fatidique où il s'agit de payer ou d'inscrire une carte bancaire, Ibrahim se trouve bloqué face au *paywall*⁵. Il peut alors convoquer l'autre et lui demander de résoudre l'insoluble. Ibrahim passe ensuite à une autre application, où il renouvelle son essai, sur un mode métonymique.

L'arrivée au *fablab* d'Ibrahim fait un peu mystère pour l'équipe : comment accueillir ce sujet si démunie face à l'Autre ? Tentant de s'appuyer sur cet intérêt pour la musique, c'est vers l'idée de la construction d'une boîte à musique électronique que les

⁵ Sur Internet, un *paywall* (anglicisme, litt. « mur de péage »), péage de lecture numérique ou verrou d'accès payant est une méthode de restriction d'accès à un contenu numérique dans le but d'amener le lecteur à souscrire un abonnement payant. Wikipédia, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Paywall> [page consultée le 10 août 2021].

intervenants du *fablab* emmènent Ibrahim. Ibrahim pourra à nouveau dessiner les motifs et décider des chansons hébergées par la machine.

Pour Ibrahim, ce qui est en jeu ici concerne semble-t-il moins l'écoute de musique (comme cela peut s'observer par exemple chez des sujets traitant des hallucinations auditives), que la tentative de s'inscrire dans l'Autre (par la création de compte, par la recherche de l'achat, de l'abonnement). En l'accueillant et en travaillant à l'élaboration d'une place pour Ibrahim, le *fablab* a consenti à ce souhait. Il s'est agi de proposer à ce sujet un accompagnement à sa mesure, autour de la création d'un objet, en tant que ce dernier lui permet aussi, par ce biais, d'intégrer la communauté du lieu et de tisser un lien avec quelques-uns.

Conclusion

Il est très peu probable que le numérique, comme l'art, suffise à engager un sujet sur la voie d'un apaisement qui pourrait qualifier son cheminement de « thérapeutique ». À la suite des expérimentations institutionnelles, aux résultats parfois présentés comme spectaculaires (Barnes, 1976), plusieurs cliniciens tentent aujourd'hui de préciser l'intérêt des médiations par l'art en institution (Gassmann & Masson, 2014). L'enjeu est de déconstruire ce préjugé d'un « art thérapeutique » et de faire valoir les multiples dimensions que ces pratiques charrient en fonction des sujets. Dans un autre registre, celui de l'éducation, de la pédagogie et des apprentissages — mais avec un raisonnement analogue — É. Jamet affirme rencontrer dans ses recherches une « impossibilité [...] à conclure à une quelconque supériorité des documents électroniques sur leurs homologues imprimés » (Jamet, 2009).

À la fin du XIX^{ème} et au début du XX^{ème} siècle, des psychiatres s'intéressent aux mécanismes de guérison de sujets hospitalisés et s'intéressent à leurs productions, à l'occasion « artistique » (Sauvagnat, 1993). La clinique psychanalytique, en faisant retour aux écrits de la psychiatrie classique et en multipliant les initiatives institutionnelles a mis en évidence un « pousse-à-la-crédation » fréquemment présents dans le public de l'asile (Maleval, 1993). Ces différentes observations mettent en évidence un lien entre la structure du symptôme et les formes de créations artistiques. Les pratiques de médiation qui s'appuient sur cette hypothèse visent donc à favoriser ces inventions dans les accompagnements. On peut ainsi extraire plusieurs orientations de travail :

1. Essayer de partir des usages et pratiques du sujet accueilli, et ne pas proposer d'emblée, en amont de ce premier temps inaugural de la rencontre, tel ou tel support (machine, jeu ou plateforme). Par exemple, il n'existe *a priori* pas de jeu « thérapeutique » plus qu'un autre rapporté aux pratiques particulières de chacun des sujets.
2. Être attentif aux écarts entre les pratiques et usages attendus et ceux préférés par le sujet. Il s'agit d'être sensible à « l'interprétation » — non pas du clinicien ou de la machine — mais du sujet, face au dispositif qu'on lui propose. La médiation peut être pertinente à condition de prendre pour point de départ ces singularités dans les usages.

3. Le clinicien doit viser à se positionner dans cet « écart » comme un outil pour le sujet, c'est-à-dire se mettre à la disposition de l'articulation qu'un sujet trouve avec la machine.

4. L'atelier de médiation s'inscrit dans la temporalité de l'institution qui en garantit la régularité (ce qui fait repère pour les jeunes accueillis) et la supervision (en proposant la possibilité d'échanges cliniques).

Le numérique, comme l'art, n'est pas thérapeutique en soi ; mais la proposition des tiers-lieux particuliers que sont les *fablabs* ne peut qu'intéresser les cliniciens qui repèrent, dans les stabilisations des sujets, les indices d'un travail d'invention à accompagner.

Bibliographie

- Barnes, M. (1995). *Mary Barnes, un voyage à travers la folie* [1976]. Seuil.
- Biagi-Chai, F. (2020). *Traverser les murs : La folie, de la psychiatrie à la psychanalyse*. Imago.
- Bosqué, C., Garnier, C., et Gheorghiu, M. (2018). *Le livre blanc. Panorama des Fablabs en France. Conseil Scientifique du Réseau Français des Fablabs*. Accessible en ligne : <https://base.socioeco.org/docs/livre-blanc-panorama-des-fablabs-en-france-web.pdf> [page consultée le 16.08.2021].
- Gassmann, X., & Masson, C. (2014). Il n'y a pas d'art-thérapie. Manifeste pour une tératologie. Dans F. Vinot & J.-M. Vivès (dirs.) *Les médiations thérapeutiques par l'art*. Érès.
- Gershenfeld, N. A. (2005). *Fab: The coming revolution on your desktop. From personal computers to personal fabrication*. New York: Basic Books.
- Jamet, É. (2009). Les nouveaux médias, un plus pour la mémorisation ?, *Les Cahiers Pédagogiques*, (474). Accessible en ligne : <https://www.cahiers-pedagogiques.com/les-nouveaux-medias-un-plus-pour/> [page consultée le 04.08.2021].
- Maleval, J.C. (1993). Fonctions de l'écrit pour le psychotique, *Ligeia*, (14), (pp. 1-16).
- Morgenthaler, W. (1964), *Adolf Wölfl* [*Ein Geisteskranker als Künstler*, Berne, 1921] Compagnie de l'Art brut.
- Oldenbourg, R. (1989). *The Great Good Place*. Paragon House.
- Oury, J. (2001). *Psychiatrie et psychothérapie institutionnelle : Traces et configurations précaires*. Éd. du Champ social.
- Prinzhorn, H. (2000). *Expressions de la folie : Dessins, peintures, sculptures d'asile* [*Bildneri der Geisteskranken*, Berlin, 1922]. Gallimard.
- Ricard, L., Noor, O., & Bosqué, C. (2015). *FabLabs, etc. : Les nouveaux lieux de fabrication numérique*. Eyrolles.
- Sauvagnat, F. (1993). La question de la guérison des psychoses chez Max Müller, *Cahiers de Cliniques Psychologiques*, (17), (pp. 13-20).

- Sauvagnat, F. (2014). Structure du symptôme et formes de création artistique : Quelles articulations? Dans F. Vinot & J.-M. Vivès (dirs.) *Les médiations thérapeutiques par l'art* (pp.155-177). Érès.
- Turner, F. (2013). *Aux sources de l'utopie numérique : De la contre-culture à la cyberculture : Stewart Brand, un homme d'influence*. C & F.

Conception, expérimentations et analyse d'objets robotiques

Jean-Pierre Merlet

Directeur de recherche

Responsable scientifique du projet HEPHAISTOS

INRIA Sophia-Antipolis

Nous décrivons l'expérience de l'équipe Hephaistos de l'INRIA, travaillant en robotique d'assistance aux personnes fragiles, dans le domaine de la conception d'objets, de l'expérimentation avec ces objets ainsi que dans l'analyse des données issues de l'expérimentation. Les objets conçus le sont pour deux champs très différents : des systèmes développés à des fins artistiques et d'autres pour l'assistance aux personnes fragiles (âgées, handicapées), qui est le thème de notre recherche.

Du point de vue de la conception les deux thèmes impliquent des contraintes relativement similaires avec un respect d'impératifs esthétiques (soit pour l'œuvre, soit pour l'acceptation) et fonctionnels. Il existe toutefois des différences subtiles entre les deux domaines pour que le concepteur puisse obtenir des réponses aux questions clés de la conception (pour quoi, pour qui, pour quand, comment, quantitatif versus qualitatif). Cette difficulté des utilisateurs à exprimer leurs besoins en termes quantitatifs nécessaires à la conception, qui, curieusement, existe aussi pour les industriels, nous a poussé à établir des questionnaires adaptés dont le but est d'aider l'utilisateur à mieux formaliser ces besoins en particulier ceux qui ne découlent pas naturellement d'une analyse fonctionnelle.

De plus ces systèmes sont déployés/utilisés par des non-experts et dans des lieux distants des laboratoires, ce qui impose d'introduire dès le début de la conception des notions de robustesse et de redondance que ce soit dans le matériel ou le logiciel pour permettre une reconfiguration à distance. Nous expliciterons les processus mis en place pour dégager des priorités et des lignes directrices qui nous ont guidés dans le travail de conception sur des exemples issus d'expériences récentes dans le domaine artistique (un robot de très grande taille pour l'impression 3D d'un mur de sable pour l'œuvre *les Larmes du Prince*, *vitifications*, déployé pendant l'été 2019 et un robot, Hitchbot, qui a consisté à animer le robot auto-stoppeur pour la pièce de théâtre *Killing robots* dont la première a eu lieu le 6/11/2019) et dans le domaine de l'assistance avec des robots pour le transfert, l'aide à la mobilité et le monitoring médical.

Notre approche de l'expérimentation a toujours été guidée par des objectifs scientifiques qui viennent se superposer à l'objectif premier du système développé. Ces expériences sont lourdes à mettre en place, ont lieu à distance, ont l'avantage de se dérouler sur des temps longs qui permettent des observations en profondeur, bien au delà de ce qui est faisable en laboratoire, mais comportent des aléas et des incertitudes qui peuvent conduire à la nécessité de revisiter la conception, la mise en œuvre mais aussi de compléter/amender les objectifs scientifiques. Il est alors essentiel de prévoir des observations qui outre de permettre d'augmenter par redondance la fiabilité du système lorsqu'elles sont liées directement à sa fonctionnalité première, vont aussi contribuer à

dégager de nouvelles problématiques scientifiques qui résultent d'observations hautement automatisées, issues de modalités ajoutées dans la phase de conception plus par précaution que par nécessité fonctionnelle. Cette multiplicité des observations joue donc un rôle essentiel dans le déroulé de l'expérimentation.

L'analyse peut porter sur des aspects purement fonctionnels. Par exemple dans le cas de l'expérience artistique sur l'impression 3D nous avons développé un robot, d'architecture mécanique très spécifique, devant fonctionner dans des conditions quasi-industrielles (5 jours sur 7 par semaine pendant 2 mois et demi) et bénéficiant d'une multiplicité d'observations sur tous les éléments-clés de son fonctionnement, ce qui nous a permis d'identifier des anomalies de fonctionnement non explicables par la théorie actuelle liées au robot ainsi que des données précieuses sur la fiabilité du matériel déployé. À l'inverse cette observation fonctionnelle/scientifique a permis d'établir un retour vers l'artiste en lui fournissant des éléments quantitatifs sur la vie de son œuvre qu'elle avait conçue comme vivante. Outre ces retours fonctionnels ces expériences nous fournissent des éléments sur la psychologie de l'acceptation qui est essentielle pour nos travaux dans le domaine de l'assistance. Par exemple pour la pièce de théâtre le robot Hitchbot n'est initialement qu'une poupée passive mais dès ses premiers mouvements il a été adopté par la troupe puis par le public. Quels sont les mécanismes qui conduisent tout d'abord à conférer à l'objet animé une vie propre et dans ce cas une acceptation très positive ? C'est ce genre de considérations qui vont nous guider dès le départ dans la phase de conception. Nous présenterons donc dans cet exposé l'état de nos réflexions dans le domaine de la conception d'objets animés.

Table 4 - Téléprésence, système interactif et réalité virtuelle - Coordination V. André

Attention aux robots ! Comment des artefacts de téléprésence modifient les processus attentionnels pendant un séminaire doctoral.

Jean-François Grassin

Laboratoire ICAR (UMR5191) – Université Lyon 2

Résumé. Notre proposition rend compte d'un aspect du projet « Présences Numériques » étudiant un séminaire doctoral polyartefacté. Nous nous intéressons ici à la façon dont les robots de téléprésence (*Beam* et *Kubi*) modifient les processus attentionnels nécessaires à la collaboration dans une situation de travail qui implique la présence de personnes à distance. Le but de notre proposition est de comprendre l'imprégnation digitale de notre attention et nous nous focaliserons ici sur les artefacts robotiques de téléprésence : pourquoi et comment ces artefacts mobilisent-ils l'attention des participant.e.s ? Comment cette attention est-elle nécessaire aux interactions ? La situation artefactée qui nous occupe ne change pas ontologiquement l'attention mais la multiplicité des supports possibles de cette attention complexifie l'activité conjointe. Nous examinons la manière dont les artefacts de téléprésence modifient les principes de l'attention collective. Tout d'abord, ces robots modifient les conditions d'observabilité mutuelle nécessaire aux interactions, en perturbant la réciprocité des perspectives (chacun ne perçoit pas de la même manière les éléments de la situation) ; le dispositif attentionnel a besoin d'être construit ou reconstruit dans l'interaction. Enfin, le dispositif polyartefacté renforce le principe d'improvisation face à la vulnérabilité des états de présence dont dépendent les modalités de la collaboration. En multipliant les foyers d'attention possibles, les robots impliquent le renforcement de processus de co-attention et d'« accordages affectifs » (Citton, 2014) par la multiplication de gestes et de signes empathiques. Cela nous amène à une redéfinition de l'attention mutuellement explicite, qui ne passe plus seulement par la conscience de la direction du regard (*gaze awareness*), mais par la conscience de la focalisation de l'attention (*attention awareness*) afin d'en prendre soin.

Mots-clés. Robot de téléprésence, attention, collaboration, co-affordances.

Le meilleur moyen d'obtenir une vue plus large est de se trouver quelque part en particulier.
(Haraway, 2007, p.127-28)

Introduction

Notre proposition rend compte d'un aspect du projet « Présences Numériques » étudiant un séminaire doctoral polyartefacté, centré sur les « Interactions Multimodales Par Écran » (désormais abrégé « IMPEC »). Plusieurs séances de ce séminaire qui a eu lieu à l'ENS de Lyon, ont été enregistrées par un système de caméras et de captures d'écrans. Le corpus est ainsi constitué de vidéos multi-vues de la salle de séminaire et des points de vue subjectifs et/ou objectifs des participant.e.s à distance ainsi que d'entretiens.

Nous nous intéresserons ici à la façon dont les robots de téléprésence (*Beam* et *Kubi*) modifient les processus attentionnels nécessaires à la collaboration dans une situation de travail qui implique la présence de personnes à distance. Le but de notre communication

est de comprendre l'« imprégnation digitale » de notre attention, c'est-à-dire la manière dont le contexte polyartefacté contribue à créer des régimes attentionnels collectifs, artefactés et trans-individuels. Le cadre théorique de notre analyse est à la croisée de l'analyse phénoménologique (Citton, 2016 ; Depraz, 2014 ; Livet, 2016) et des théories des interactions artefactées (Arminen, Licoppe, et Spagnolli, 2016).

Nous voulons proposer ici un cadre d'analyse des conditions de l'attention polyartefactée par une analyse située des interactions dans un séminaire de recherche.

1. L'attention dans un séminaire polyartefacté

Pour décrire en quelques mots l'« écosystème numérique » (Bourassa 2018) du dispositif de communication utilisé dans ce séminaire hybride, nous dirons que des participant-e-s, en présentiel à Lyon et d'autres à distance, communiquaient et travaillaient *via* différents artefacts de communication. Suivant les séances enregistrées, les participant-e-s à distance se trouvaient à Londres (Royaume-Uni), Hangzhou (Chine), Besançon, Caen et Aix-en-Provence (France).

Les données qui ont été recueillies sont de deux types : des données audiovisuelles de l'enregistrement vidéo des séances et des données issues des entretiens avec les participant-e-s.

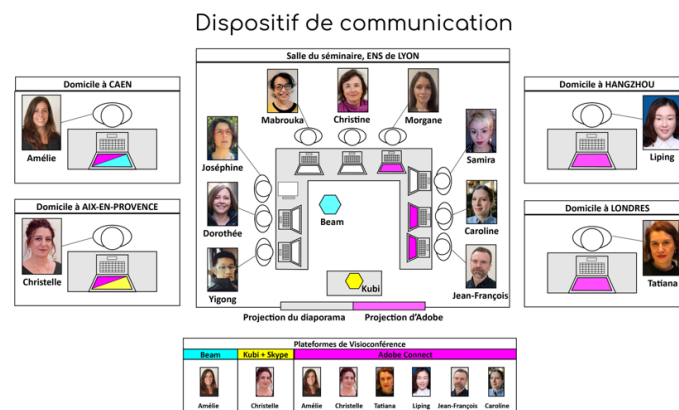


Figure 1: dispositif de communication (Develotte et al., 2021)

La figure 1 montre une représentation schématisée de la manière dont les participant.e.s sont présents à la réunion. Certains sont présents dans la salle de réunion, pour d'autres la présence est médiée par la plateforme *Adobe Connect*. Enfin, deux robots de téléprésence sont utilisés par des participant.e.s, un robot de table, le *Kubi* et un robot sur pied et mobile, le *Beam* (figure 2).



Figure 2 : robots de téléprésence, Beam et Kubi

Il ne s'agit pas d'étudier ici les usages d'artefacts visuels indépendamment du processus d'interaction et des pratiques de travail qui les rendent pertinents et dotés de signification (Bonu 2007, p.32). Le séminaire doctoral est une situation de travail qui définit le but de la réunion – l'accès à un savoir et la construction collective de connaissances – et les formes de cette réunion, notamment rôles et temporalités. Nous verrons que le caractère polyartefacté de la situation influe particulièrement sur deux autres caractéristiques de la situation : la présence et la disponibilité à être présent ainsi que les pouvoirs sur (l'ordre de) l'interaction.

Nous envisageons le séminaire comme un double dispositif attentionnel, dans sa construction matérielle de l'espace et dans sa construction relationnelle. À partir de la notion d'attention (Depraz, 2014), nous parlons de dispositif attentionnel comme assemblage hétérogène défini par la construction matérielle de l'espace, les objets à disposition, les individus en présence, et la médiation des corps à travers des artefacts et des dispositifs de téléprésence (Weissberg, 1999) dans un espace médié (Gaver, 1992).

La situation artefactée qui nous occupe ne change pas ontologiquement l'attention : écouter des conférenciers, présenter soi-même un travail au groupe, s'engager ensemble dans des discussions scientifiques font partie des activités dont les scripts sont relativement connus et attendus des participant.e.s. Mais la multiplicité des supports possibles de cette attention complexifie l'activité conjointe attendue lors d'un séminaire de recherche. Nous cherchons à qualifier, dans ce cadre, l'attention en co-construction dans ce séminaire doctoral hybride polyartefacté. Comment cette attention est-elle co-construite et comment reconnaît-on les phénomènes attentionnels dans un contexte où leurs manifestations sont tributaires de l'artefaction ? Nous nous focaliserons ici sur les artefacts robotiques de téléprésence : pourquoi et comment ces artefacts mobilisent-ils l'attention des participant.e.s ? Comment cette attention est-elle nécessaire aux interactions ?

L'attention est une relation à des objets d'attention (Citton, 2016), un processus de constitution de certains objets comme objets d'attention qui est la résultante d'opérations

de filtrations matérielles, sociales et symboliques. C'est dans un environnement précis que l'objet prend un sens pour les acteurs et c'est ce sens qu'ils lui donnent qui permet d'y porter attention. En effet, les objets que l'homme fabrique ne sont jamais purement fonctionnels ou utilitaires, mais toujours des « supports de fixation de l'attention » (Depraz, 2014, p.8). Ils localisent l'interaction en permettant une focalisation de l'attention, mais ils l'articulent également à d'autres situations et d'autres lieux. Dans notre perspective, ces objets que sont les dispositifs de téléprésence *Beam* et *Kubi* nous intéressent dans la situation attentionnelle elle-même en tant qu'objets affordant l'« étant ensemble de la co-présence » (Giddens, 2005, p.171) permettant l'activité commune. A partir de ces prémisses, nous organiserons notre analyse de la place des robots de téléprésence dans l'orchestration attentionnelle permise par le dispositif polyartefacté, à partir de la notion d'attention conjointe, condition primordiale de la félicité des interactions dans le cadre d'un séminaire de recherche.

2. Technogénèse de l'attention.

Un séminaire de recherche est une situation d'attention conjointe entendue comme « caractérisée par le fait que plusieurs personnes, conscientes de la présence d'autrui, interagissent en temps réel en fonction de ce qu'elles perçoivent de l'attention des autres participants » (Citton, 2014, p.127). L'attention conjointe ou co-attention telle que définie par Yves Citton est sous-tendue par trois principes que nous reprenons ici afin de déterminer dans quelle mesure les robots de téléprésence les modifient : un principe de réciprocité, un principe d'accordage affectif et un principe d'improvisation.

2.1. Une réciprocité des perspectives mise à mal

Tout d'abord, la co-attention répond au principe de réciprocité, c'est-à-dire une circulation bidirectionnelle de l'attention. La réciprocité des perspectives (Goffman, 2013 ; Kendon, 1990) met en jeu un rapport d'observabilité mutuelle, nécessaire à ce type d'interactions focalisées. Il faut ainsi que les sujets aient une conscience mutuelle de l'attention des autres au même objet. Le principe d'une situation d'interaction en face à face implique que les locuteurs et les auditeurs sont impliqués dans une activité commune au cours de laquelle la participation est accomplie de façon mutuellement reconnaissable par l'ensemble des participant.e.s (Colón de Carvajal, 2014, p.324). Or, ce caractère de reconnaissance mutuelle de la participation fait défaut dans notre situation hybride polyartefactée.

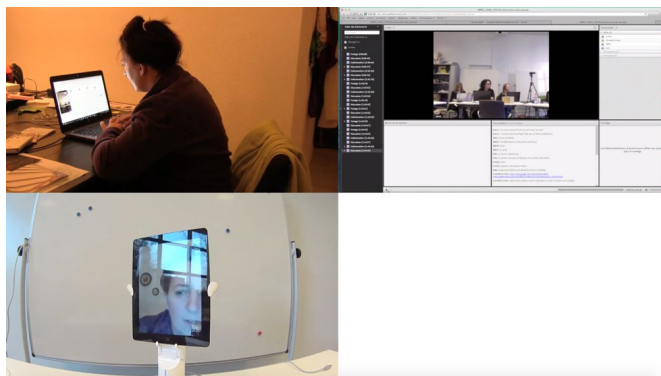


Figure 3 : captures d'écran Kubi : vue hors champ, vue champ, vue contre-champ

En effet, les artefacts de téléprésence modifient les principes de l'attention collective. Tout d'abord, ces robots modifient les conditions d'observabilité mutuelle nécessaires aux interactions, en perturbant la réciprocité des perspectives (chacun ne perçoit pas de la même manière les éléments de la situation). Le dispositif d'expérimentation « Présences Numériques » apparaît de manière constitutivement dissymétrique du point de vue des perspectives de chacun. La capture d'écran de la figure 3 illustre la vision partielle de la situation avec laquelle la personne présente dans le robot Kubi doit organiser sa participation.

La polycentricité des foyers attentionnels rend alors nécessaire des épisodes d'ajustements co-construits. L'épisode interactionnel suivant illustre la manière dont, régulièrement, le dispositif attentionnel a besoin d'être construit ou reconstruit dans l'interaction. Christelle est en présence médiée par le Kubi mais participe aux échanges, également présente en étant connectée à la plateforme *Adobe Connect* (figure 3). Lorsqu'un.e des participant.e.s se lève pour aller écrire sur la surface d'un mur, les participant.e.s ne se rendent pas compte de la manière dont le dispositif artefactuel permet ou non de maintenir les possibilités de l'attention conjointe.



Caroline se lève pour aller dessiner au tableau blanc.
Christelle : « Ça serait pas mal que la caméra soit sur l'écran là, [la caméra] d'Adobe, ce que je vois dans Adobe là, parce que sinon je vous vois vous. »

Figure 4 : demande d'ajustement du dispositif attentionnel

La participante a besoin d'explicitier quel est son champ de vision afin que quelqu'un puisse lui donner accès à l'objet qui va être le focus interactionnel de la collaboration, en l'occurrence un schéma dessiné au tableau blanc par l'une des participant.e.s. Nos observations montrent que les participant.e.s à distance ont fréquemment besoin de rappeler la non-réciprocité des perspectives. La mise en intelligibilité co-construite des affordances attentionnelles du dispositif est au cœur du séminaire hybride car elle rend possible l'attention conjointe. En effet, dans une situation où il est difficile de se mettre à la place d'autrui, en particulier lorsque l'on n'a jamais expérimenté un artefact, les possibilités d'action de chacun.e doivent être mutuellement explicitées. Ainsi les échanges se construisent en couplant différents foyers de focus attentionnel (figure 5).

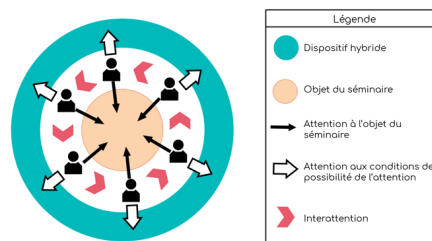


Figure 5 : foyers co-attentionnels (El Hachani, Grassin, Rémon, Vincent, 2021)

Les artefacts de téléprésence sont impliqués à la fois dans le dispositif hybride de communication et comme foyer de l'inter-attention puisque les participant.e.s les identifient à la personne qui le pilote. Être attentif au robot est à la fois être attentif au bon fonctionnement de la communication et à la personne dont la présence est médiée par l'artefact.

2.2. Des accordages affectifs à réinventer

Le principe de l'« accordage affectif » est une des conditions de félicité de toute interaction et est produit par de microgestes empathiques. Cet accordage affectif est rendu à la fois plus complexe et plus nécessaire dans la situation artefactée. En effet, l'empathie à la source de cet accordage repose sur l'idéalisation de la réciprocité des perspectives (Schutz et Luckmann, 1973). Or, nous venons de voir qu'une des caractéristiques de la participation de robots de téléprésence est la non-réciprocité.

D'autre part, les signaux de présence émis par ces artefacts posent problème à l'empathie. Les robots sont à certains moments des objets d'attention perturbant l'interaction humaine. Ils se manifestent par des bruits non-humains qui surprennent les participant.e.s. La figure 6 illustre une situation de travail où trois personnes sont à distance, par l'intermédiaire du *Kubi*, d'une plateforme web *Adobe Connect* et du robot *Beam* (en allant de l'arrière-plan au premier plan de l'image). À l'image, on voit la

participante au premier plan de l'image interrompre sa prise de parole pour tourner son regard vers le robot :



Christine : Et donc voilà. Et donc répertorier les différentes heu (regarde ostensiblement le robot Beam) les différents auteurs. C'est par à coup qu'elle heu qu'elle se déplace Amélie. Les différents auteurs voilà qui viendraient étayer une réflexion là-dessus

Figure 6 : bruits de robot

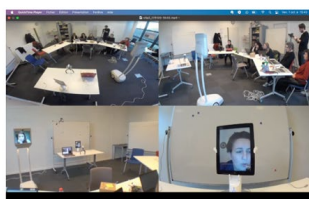
Ces bruits sont des signaux attentionnels non-intentionnels et créent des situations ambiguës à interpréter. Dans la même séance de séminaire, les participant.e.s physiquement dans la salle discutent de leur perception des signes émis par les robots :

*Françoise : et quand par exemple vous bougez, et bien tout de suite, nous, ça correspond à des distracteurs, c'est-à-dire que on va tout de suite voir quelque chose qui est pas normal entre guillemets
Caroline : Oui, puis ça rejoint l'entretien qu'on avait fait, c'est pas un bruit humain, c'est pas un bruit naturel, donc ça nous...*

Françoise : Donc, du coup on augmente notre niveau de vigilance. (verbatim de la séance du 17/01/2020)

Les bruits du robot sont interprétés comme signes attentionnels contre-productifs dans la situation d'interaction parce qu'ils sont « hors normes », inhabituels ; ils orientent l'attention vers des éléments qui ne sont pas forcément signifiants dans la situation d'interaction entre chercheur.e.s.

De plus, la non-réciprocité des perspectives sur la situation crée la possibilité de nouveaux actes menaçants pour la face (*Face Threatening Act*). Ainsi, dans cet autre exemple, c'est le dispositif lui-même qui est perçu comme menaçant pour la personne médiée par le robot, alors que les participant.e.s dans la salle ne perçoivent pas cette menace.



*Christelle : c'est bizarre, j'ai la grosse caméra là à gauche pointée sur moi, j'ai l'impression d'avoir Big Brother (rires)
Christine : Elle est petite pourtant hein, tu la vois grosse mais elle est toute petite (rires)
Christelle : Oui, mais elle est pointée sur moi, ça fait un effet rires (18:25)*

Figure 7 : la caméra de Big Brother

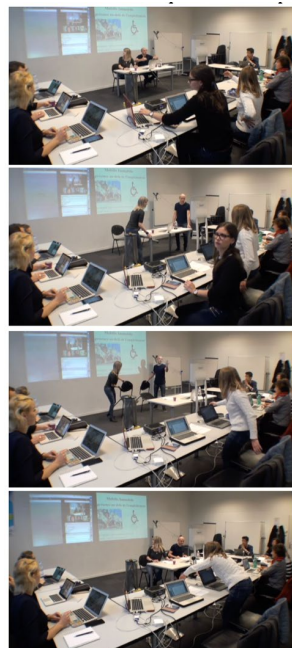
Une autre participante, dont la présence est médiée par *Beam*, explique la difficulté qu'elle a de maîtriser l'impact du son émanant du robot, en citant un épisode où elle a éternué et cet éternuement a provoqué des rires et interrompu la discussion :

J'ai pas eu la sensation d'éternuer aussi fort et que ça ait un impact dans la salle aussi fort, je ne m'en suis même pas rendu compte de ça en fait [...] Quand j'ai visionné la vidéo du séminaire je me suis rendu compte de l'impact que ça a eu mais pour moi j'ai pas éternué fort, j'ai pas vécu l'impact que ça a eu dans la salle en fait. (verbatim de l'entretien d'Amélie)

Ainsi, si la présence est facilitée par les robots de téléprésence, c'est le calibrage des signaux de cette présence et de la participation qui est difficile à maîtriser :

Ça paraît complexe et pour moi au début je ne pensais pas que ça allait être aussi complexe et je pensais que je pouvais prendre naturellement la parole mais du fait que je ne puisse pas me raccrocher à un visuel c'est dur de dire à ce moment-là je peux prendre la parole. (verbatim de l'entretien d'Amélie)

Ces micro-événements, qui doivent permettre les ajustements affectifs entre les participant.e.s sont ainsi perturbés. Dans l'épisode suivant, le dispositif doit être réajusté du fait que les conférenciers sont trop éloignés des micros qui permettent aux personnes présentes par *Adobe Connect* d'entendre. S'ensuit un déplacement physique de la table des conférenciers lors duquel ceux-ci expriment leur sentiment à l'égard du robot.



Ch1 : Si vous voulez, on peut essayer de se rapprocher un peu et d'essayer d'être plus présent de tout l'arsenal techno-boite noire... (inaudible)

Approbation des personnes dans la salle (chevauchements de paroles)

Ch2 : Du coup, on va se rapprocher de Beam.

Les deux chercheurs se lèvent et rapprochent la table du robot.

Ch2 : Pour vous, ça va être compliqué (en s'adressant aux personnes dans la salle). On va faire du corps à corps avec Beam (en regardant la personne "dans" Beam)

Les deux chercheurs déplacent leur chaise respective.

Ch1 : Parce que vous nous impressionnez lorsque vous avancez avec votre beam comme ça, mais nous on peut vous impressionner aussi en venant (...) au contact.

(rires du groupe dans la salle)

Les deux chercheurs s'assoient.

Ch2 : Est-ce que vous nous entendez mieux ? (en se tournant vers l'écran projeté qui montre l'interface Adobe Connect).

Ch1 : Ouais, parce que là, on est plus dans les micros.

Figure 8 : un corps-à-corps appareillé

Ainsi dans la construction matérielle de l'espace médiatique, les objets se (re)disposent pour l'attention, dans un véritable corps-à-corps appareillé, pour reprendre la métaphore de l'interactant. Dans ce corps-à-corps, des situations menaçantes (« vous nous impressionnez ») peuvent surgir et impliquent de la part des participant.e.s une attitude vigilante à l'égard des signes émis et à émettre pour faire attention à l'autre de manière adéquate. Cela impose des réajustements d'autant plus importants que « l'attention conjointe n'est pas d'abord une attention commune à un objet visé, mais une attention partagée dont la structure conjonctive tient à la dynamique relationnelle » (Depraz, 2014, p.399). Dans tous les épisodes que nous citons ici se dessine une nouvelle vigilance attentionnelle à la dynamique relationnelle qui permet l'attention conjointe, autrement dit le maintien d'une « *nurturing matrix* » (Kern et Develotte, 2018, p.9) alimentant la collaboration.

2.3. L'improvisation comme vigilance

Le principe d'improvisation découle du second principe étant donné que l'accordage affectif ne peut se routiniser et dépend des affects de chacun.e des acteur-ric.e.s. Le dispositif artefacté renforce le principe d'improvisation et le « bug » comme modalités de la collaboration. En multipliant les foyers d'attention possibles, les robots impliquent le renforcement de processus de co-attention et d'« accordages affectifs » (Citton, 2014) par la multiplication de gestes et de signes empathiques. Les individus s'engagent différemment dans l'action, cherchant une stabilité à travers des routines d'action, ou au contraire dans une flexibilité attentionnelle qui « renvoie à la prise d'initiatives décentralisées et à des pratiques inventées localement dans le suivi et le traitement des indicateurs » (Rouby et Thomas, 2014, p.6), une *executive attention* qui guide la cognition et l'action lorsqu'il n'y a pas de schéma prédéterminé pour atteindre les objectifs ou les exigences des tâches ou lorsqu'il y a conflit entre les objectifs, comme dans le cas de situations nouvelles ou d'activités non courantes (Ocasio, 2011, p.1287).

Face à la situation polyartefactée, les participant.e.s ont déclaré dans les entretiens le besoin de remettre en question leur mode d'attention. Dans de nombreux épisodes en aparté de la conversation collective, les participant.e.s s'interrogent sur la conduite à tenir face à l'absence de signes de présence. Être vigilant, cela peut exiger d'être attentif à d'autres éléments de la situation que ceux sur lesquels la tâche en cours implique de focaliser son attention ; c'est être « sensible[s] à l'irruption d'événements inattendus mais qui ont de grandes chances de nous affecter, parce qu'ils peuvent contrecarrer ou fortement faciliter des activités » (Livet, 2016, p.97). Et cette vigilance, on l'a vu, est autant tournée vers les autres – que l'on pourrait appeler une vigilance de soin – que vers le dispositif qui permet aux autres d'être là – que l'on appellera une vigilance médiatique ou une méta-vigilance.

Le dispositif polyartefacté avec robots de téléprésence implique une méta-vigilance faite d'improvisations *in situ*. Il n'en reste pas moins qu'au fil des séances de séminaire et de la participation à une situation mieux connue, s'installent des régimes attentionnels certes instables et incertains mais improvisés collectivement. Pour être plus précis, l'action reste improvisée, mais se co-construisent des régimes attentionnels partagés. Les

régimes attentionnels collectifs, artefactés et transindividuels se définissent comme des modes stabilisés ou en cours de stabilisation d'allocation de ressources attentionnelles qui ne peuvent être construits indépendamment du collectif et des artefacts (El Hachani, Grassin, Rémon et Vincent, 2021). En effet, ce sont des organisations complexes qui dépassent la concaténation des modes d'agir individuels. Cette co-attention qui permet d'agir dans la collaboration se construit dans une vigilance à tous les éléments de la situation qu'ils soient humains ou qu'ils soient non-humains. En effet, selon Latour, « la continuité propre au déroulement d'une action [est] rarement faite de connexions d'humain à humain... ou d'objet à objet, mais [se déplace] probablement en zigzagant des humains aux non-humains » (Latour, 2006, p.108, cité par Adé et de Saint-George, 2010, p.11).

Une trace de cette construction de co-affordances attentionnelles apparaît dans l'exemple d'épisode interactionnel suivant, que l'on décrira ainsi : Christelle signale que Tatiana a écrit dans le chat, Morgane lit à voix haute ce que Tatiana a écrit dans le chat, et Jean-François répond à voix haute à Tatiana sans que celle-ci ait pris la parole. Il s'adresse pourtant explicitement à elle. Le schéma que l'on propose ici met en exergue deux réseaux complémentaires dans lesquels la collaboration se déploie : un réseau communicationnel auquel se couple un réseau de vigilance.

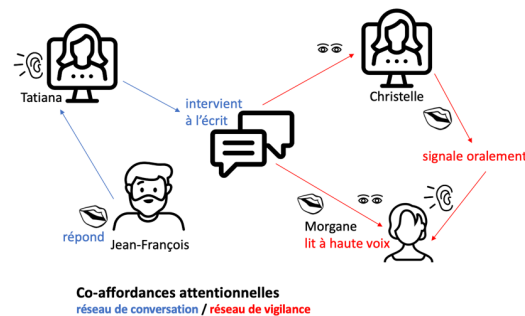


Figure 9 : réseau de collaboration

L'environnement hybride artefacté amène ainsi à explorer d'autres manières de permettre la projection et la conscience de l'attention. Il semble que, dans le séminaire étudié, on apprend à interagir sans cette explicitation mutuelle tout en ayant confiance dans l'interaction. On peut faire l'hypothèse que la confiance dans la construction co-affordancielle tient lieu d'attention mutuellement explicite. C'est un dispositif attentionnel qui se construit sur un réseau de méta-vigilance telle que la conçoit Livet (2016) : une vigilance à nos négligences attentionnelles. Selon nous, le travail que suppose un dispositif polyartefacté avec robot de téléprésence demande aux individus de construire un collectif capable de gérer la variété de nos négligences attentionnelles, d'y être plus sensible, afin de gérer l'action collective et la participation. L'émergence d'un réseau de méta-vigilance émane de la prise en compte de la non-réciprocité des

perspectives dans la situation, c'est-à-dire pour le dire autrement de la prise en compte de la perspective partielle de chaque participant pour porter une attention à l'autre de l'ordre du soin (prendre en compte les faiblesses attentionnelles et participatives de chacun).

Cela nous amène à une redéfinition de l'attention mutuellement explicite, qui ne passe plus seulement par la conscience de la direction du regard (*gaze awareness*), mais par la conscience de la focalisation de l'attention (*attention awareness*).

Conclusion

L'attention est « une dimension intime de notre humanité » (Depraz, 2014). Notre analyse, s'intéressant à ses technogénèses, nous paraît pouvoir servir à la compréhension globale d'un monde où nous sommes pris, de plus en plus, dans « des réseaux étroitement imbriqués d'attention entrecroisées » (Citton, 2014, p.127) et où la place des artefacts dans les interactions augmente, impliquant avec elle une accélération de la variabilité des processus attentionnels nécessaires à l'activité collective. Les interactions polyartefactées nécessitent de construire d'autres vigilances attentionnelles.

Nous avons proposé ici une analyse selon un point de vue local et situé, et donc partiel, à la manière du « témoin modeste » qu'évoque Haraway, à la suite de Susan Leigh Star (Haraway, 2007, p.325). L'enjeu est non de proposer une analyse surplombante, mais d'être dans l'action d'une analyse à la première et à la seconde personne. Tou.te.s les chercheur.e.s impliqué.e.s dans ce projet ont accepté une position vulnérable, à la fois par leur implication dans la situation observée et dans leur position de chercheur.e par rapport à un savoir très situé ne cherchant pas à proposer de règles pratiques du savoir communiquer en/avec un robot. L'intérêt ou la force du travail proposé ici est tout d'abord de savoir tirer profit de cette position vulnérable pour en tirer un certain savoir objectif situé et, d'autre part de réaffirmer la valeur de cette vulnérabilité. Cette situation où la présence de chacun est rendue possible et fragile à la fois par le réseau de communication polyartefacté institué met au jour l'importance d'une politique du *care* face à la vulnérabilité de certaines formes de vie (Laugier, 2015). Le *care* est, pour Sandra Laugier, « à contre-courant de l'idéal d'autonomie qui anime la plupart des théories morales d'aujourd'hui [... mais] rappelle que nous avons besoin d'autres que nous pour satisfaire nos besoins primordiaux ». Sa politique passerait par « la reconnaissance, non de la vulnérabilité des autres, *mais de la sienne propre* et de la vulnérabilité qui affecte chez chacun son monde immédiat » (ibid., p.8). Communiquer par/avec des robots implique d'incorporer les vulnérabilités – notamment attentionnelles – des participant.e.s, les siennes tout autant que celles des autres.

Bibliographie

Adé, D., & de Saint-Georges, I. (2010). Agir avec les objets : Penser la part des objets et de l'environnement matériel dans les situations de formation. In D. Adé et I. de Saint-Georges. *Les objets dans la formation. Usages, rôles et significations* (pp. 3-26). Octarès Editions.

- Arminen, I., Licoppe, C. & Spagnolli, A. (2016). Respecifying Mediated Interaction. *Research on Language and Social Interaction*, 49 (4), 290-309.
- Bonu, B. (2007). Connexion continue et interaction ouverte en réunion visiophonique. *Réseaux*, 144(5), 25-57.
- Bourassa, R. (2018). Design des écosystèmes numériques : des modèles éditoriaux stabilisés vers l'intégration de la conversation scientifique. *Séminaire IMPEC*, novembre, ENS Lyon.
- Citton, Y. (2014). *Pour une écologie de l'attention*. Le Seuil.
- Citton, Y. (2016). Attention collective et vigilance médiatique. *Intellectica*, 66 (2), 161-80.
- Colón de Carvajal, I. (2014). Parler à distance par visiophone : modification du cadre participatif lors de l'intégration d'un nouveau locuteur. Dans L. Mondada (éd.), *Corps en interaction : participation, spatialité, mobilité* (pp.323-56). ENS Éditions.
- Depraz, N. (2014). *Attention et vigilance : à la croisée de la phénoménologie et des sciences cognitives*. Presses universitaires de France.
- Develotte, C., Bouquain, A., Codreanu, T., Combe, C., Domanchin, M., Hachani, M. E., Furnon, D., Grassin, J.-F., Ibnelkaïd, S., Lascar, J., Rémon, J., & Vincent, C. (2021). *Fabrique de l'interaction parmi les écrans*. Les Ateliers de [sens public]. <https://ateliers.sens-public.org/fabrique-de-l-interaction-parmi-les-ecrans/http://ateliers.sens-public.org/fabrique-de-l-interaction-parmi-les-ecrans>
- El Hachani, M., Grassin, J.-F., Rémon, J., & Vincent, C. (2021). Affordances attentionnelles dans un séminaire instrumenté. In Develotte, C., Bouquain, A., Codreanu, T., Combe, C., Domanchin, M., Hachani, M. E., Furnon, D., Grassin, J.-F., Ibnelkaïd, S., Lascar, J., Rémon, J., & Vincent, C. (2021). *Fabrique de l'interaction parmi les écrans*. Les Ateliers de [sens public]. <https://ateliers.sens-public.org/fabrique-de-l-interaction-parmi-les-ecrans/http://ateliers.sens-public.org/>
- Gaver, W. (1992). The affordances of media spaces for collaboration. *Proc. CSCW 1992*, ACM Press, janvier, p.17-24.
- Giddens, A. (2005). *La Constitution de la société*. Paris : Presses universitaires de France.
- Goffman, E. (2013). *Comment se conduire dans les lieux publics. Notes sur l'organisation sociale des rassemblements*. Éditions Economica.
- Haraway, D. J. (2007). *Manifeste cyborg et autres essais : Sciences, fictions, féminismes*. Exils Editeur.
- Kendon, A. (1990). *Conducting interaction: Patterns of behavior in focused encounters*. Cambridge University Press.
- Kern, R., & Develotte, C. (Éds.). (2017). *Screens and scenes: Multimodal communication in online intercultural encounters*. Routledge.
- Laugier, S. (2015). La vulnérabilité des formes de vie. *Raisons politiques*, N° 57(1), 65-80.
- Livet, P. (2016). Vigilances et négligences. *Intellectica*, 66(2), 81-99.
- Ocasio, W. (2011). Attention to Attention. *Organization Science*, 22(5), 1286-1296.
- Rouby, É., & Thomas, C. (2014). La construction de compétences collectives en environnement complexe : Une analyse en termes d'attention organisationnelle. *@GRH*, n° 12(3), 39-74.

- Schutz, A., & Luckmann, T. (1973). *The structures of the life-world*. Northwestern University Press.
- Sirkin, D., Venolia, D., Tang, J., Robertson, G., Kim, T., Inkpen, K., Sedlins, M., Lee, B. et Sinclair, M. (2011). Motion and Attention in a Kinetic Videoconferencing Proxy. In Human-Computer Interaction – *INTERACT 2011*, Springer, 162-80.
- Weissberg, J.-L. (1999). *Présences à distance déplacement virtuel et réseaux numériques : pourquoi nous ne croyons plus la télévision*. L'Harmattan.

Robot es-tu là ? Robots de téléprésence en séminaire hybride

Amélie Bouquain (DRFPIC, Rectorat de Caen)

Christelle Combe (LPL – Université Aix Marseille)

Joséphine Rémon (ICAR/ENS- Université LYON 2)

Nous présentons une expérimentation incluant des robots de téléprésence (Beam et Kubi) en séminaire doctoral hybride (avec des participants in situ et à distance) dans le cadre du projet « Présences Numériques ». Nos analyses sont à la croisée des Sciences du langage, Sciences de l'information et de la communication, Psychologie, et Sciences de l'éducation.

Nous interrogeons ces objets du point de vue de leurs caractéristiques et affordances, et des interactions qu'ils occasionnent au sein du dispositif d'expérimentation mis en place, dans le contexte des précédents travaux sur les robots de téléprésence (Takayama et al., 2012, 2013 ; Herring, 2013 ; Remon et Hachani, 2018 ; Develotte, 2018 ; Neustaedter et al. 2016) et sur les situations de réunion par visioconférence (Sirkin et al. 2011 ; Egido, 1990 ; Gaver, 1992).

Nous montrons comment le dispositif d'expérimentation permet de mettre en lumière des enjeux d'autonomie de mouvement et d'ajustement visuel et sonore, ainsi que d'autonomie participative. En effet, nous montrons que la présence en tant qu'objet peut être subie (par exemple le Beam est déplacé pendant la pause et quand le pilote se reconnecte il n'a plus de repères) ou mise à profit (par exemple le pilote du Beam utilise la fonction zoom discrètement alors que les participants in situ ne savent pas que le pilote est connecté ; autre exemple, le déplacement par autrui a un effet bénéfique sur l'interaction, ou le déplacement par autrui facilite l'interaction). De même la participation aux débats in situ peut être subie (par exemple la parole est donnée explicitement aux participants à distance alors qu'ils n'ont rien de particulier à dire à ce moment-là) ou mise à profit (par exemple lorsqu'une demande sur le chat est relayée in situ à l'oral).

Ainsi, nous montrons que le paramètre central est finalement l'intention des acteurs à intégrer ces « drôles d'objets » en tant que partenaire de l'interaction tout en jouant parfois sur leur étrangeté.

Bibliographie

Develotte, C., (2018). A telepresence Research Set-up in a Doctoral Seminar: the "Digital Presences Workshop". in Rinaudo (ed.). *Telepresence in Training*, London, Hoboken, ISTE, Wiley, pp. 179-200.

- Egido, C. (1990). Teleconferencing as a technology to support cooperative work: Its possibilities and limitations. In J. Galegher, R. E. Kraut, & C. Egido (Eds.), *Intellectual teamwork: Social and technological foundations of cooperative work* (pp. 351-371). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Gaver, W. (1992). The affordances of media spaces for collaboration. *Proc. CSCW 1992*, ACM Press, 17-24.
- Herring, S. C. (2013). "Telepresence robots for academics". *Proc. Am. Soc. Info. Sci. Tech.*, 50: 1-4. doi:10.1002/meet.14505001156.
- Neustaedter, C., G. Venolia, J. Procyk, and D. Hawkins. To Beam or not to Beam: A study of remote telepresence attendance at an academic conference. In *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing*. 2016. ACM.
- Rémon J., El Hachani M. (2018). Robots de téléprésence et modalités en réunion mixte. *Interfaces num.* 7(1), 2108. <https://www.unilim.fr/interfaces-numeriques/3244>
- Sirkin, D., Venolia, G., Tang, J., Robertson, G., Kim, T., Inkpen, K., Sedlins, M., Lee, B., & Sinclair, M. (2011). Motion and attention in a kinetic videoconferencing proxy. *Proceedings of INTERACT 2011*, 162–180.
- Takayama, L. and J. Go. Mixing metaphors in mobile remote presence. In *Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work*. 2012. ACM.
- Takayama, L. and H. Harris. Presentation of (telepresent) self: On the double-edged effects of mirrors. In *Proceedings of the 8th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*. 2013. IEEE Press.

Des robots de téléprésence dans un séminaire doctoral : comment étudier les interactions à l'intérieur du groupe ?

Christine Develotte (Sciences du langage)

Mabrouka El Hachani (Sciences de l'information et de la communication)

Justine Lascar (CNRS)

Caroline Vincent (Sciences de l'éducation et sciences du langage)

Le travail présenté ici est issu du projet « Présences numériques » qui fait partie du séminaire doctoral "Interactions multimodales par écran" (IMPEC). Ce séminaire est un cadre d'accompagnement pour doctorants et chercheurs situés à Lyon et dans d'autres lieux en France et à l'étranger (Angleterre, Chine, Norvège). Afin que les personnes à distance puissent continuer de suivre et participer activement au séminaire, nous avons fait le choix d'hybrider le dispositif hybride en intégrant deux robots de téléprésence (Beam et Kubi). Cinq sessions du séminaire ont été enregistrées en 2016-2017 dans le but de documenter les spécificités de ce séminaire doctoral mi-présentiel, mi-distanciel et d'analyser les phénomènes émergents. L'objectif du projet « Présences numériques » est d'étudier, de façon empirique, ce que la téléprésence fait à un séminaire doctoral, quels effets elle a sur les participants et sur la dynamique des échanges qui s'y déroulent (Develotte, 2017).

Le séminaire s'est tenu à la fréquence d'une séance chaque mois pendant une année universitaire. Nous avons observé et étudié l'évolution des pratiques et du ressenti des participants.

Pour appréhender les spécificités interactionnelles générées dans le cadre de la situation complexe étudiée ici, ce sont donc des métissages conceptuels et méthodologiques issus des SHS qui ont été privilégiés.

Dans notre communication, nous proposons de présenter la méthodologie que nous avons mise en place pour rendre compte de la complexité du dispositif et de la multimodalité des données réunies. Nous avons recueilli, dans une approche naturaliste, un corpus composé de 40 heures de vidéos comportementales (captations vidéos multiscopes et multi-micros dans la salle du séminaire ainsi que les captations des participants à distance - écran et environnement physique), et de 18 entretiens d'explicitation, d'auto-confrontation, ou semi-dirigés avec les participants.

Notre démarche s'inscrit dans une logique d'éthologie compréhensive (Cosnier & Develotte, 2011), c'est-à-dire une "analyse descriptive des comportements humains, associée à l'analyse du point de vue des individus observés à partir d'entretiens" (Develotte, 2017). Plus précisément il s'agit d'une « éthologie réflexive », puisqu'elle a été appliquée à nous-mêmes, intégrant donc les limitations dues au fait que le chercheur et son objet se confondent. Cet aspect soulève des questions que nous développerons dans

notre présentation : les effets d'intrusion, l'étrangeté d'analyser des données sur lesquelles on figure, la garantie de l'objectivité de l'analyse scientifique, l'exposition de soi aux autres et notamment à la communauté scientifique.

Nous discuterons également de l'autre enjeu soulevé par notre démarche : comment proposer une diffusion éditoriale qui rende compte de la multimodalité et de la complexité aussi bien de nos données augmentées que de nos analyses ? Dans notre contexte, le papier ne paraît plus un support pertinent, nous avons donc mis en place des solutions innovantes (édition en ligne, capsules vidéo augmentées, collaborations diverses) que nous nous proposons de présenter.

Bibliographie

- COSNIER, J., DEVELLOTTE, C. (2011). Ethologie compréhensive de la conversation en visioconférence poste à poste. In Develotte, C, Kern, R., Lamy, M-N., *Décrire la conversation en ligne*. ENS Editions, pp. 27-50.
- DEVELLOTTE, C. (2017). Un dispositif d'études de la téléprésence dans un séminaire doctoral : l'atelier exploratoire « Présences numériques ». in Rinaudo, J.L., *La téléprésence en formation*, ISTE Editions, pp.171-193.
- DION, D. (2007). Les apports de l'anthropologie visuelle à l'étude des comportements de consommation. *Recherche et Applications en Marketing* (French Edition), 22(1), 61-78.
- GRASSIN, J-F, EL HACHANI, M., REMON, J., VINCENT, C. (à paraître). La fabrique d'un séminaire instrumenté : pouvoirs, empathie et affordances attentionnelles. in DEVELLOTTE -, C. (dir.). *Présences artefactées : construire l'interaction, la recherche et la formation*. Montréal : Les Ateliers de [sens public].
- KERBRAT-ORECCHIONI, C. (1990). Les interactions verbales. *SabrSula Jan*, 1(93), 49-50.
- GOFFMAN, E. (1981). *Forms of talk*. Basil Blackwell.
- MORPHY, H. & BANKS, M. (1997). *Rethinking visual anthropology*. Yale University Press, New Haven.
- PINK, S. (Ed.). (2007). *Visual interventions: Applied visual anthropology* (Vol. 4). Berghahn Books.
- REMON, J. EL HACHANI, M. (2018). Robots de téléprésence et modalités en réunion mixte : repérages du conditionnement technologique de l'attention. *Interfaces numériques*, Lavoisier, Editions design numérique.
- RUBY, C. (1996). *Introduction à la philosophie politique*. La Découverte.
- TRAVERSO, V. (1999). *L'analyse des conversations*. Nathan.

Ateliers Démonstrations Installations

Une lampe interactive ? Automatisation d'un comportement autonome interactif

Yann Boniface¹, Nicolas Rougier²

1. Loria, Université de Lorraine, 2. IMN, Inria, Université de Bordeaux

Résumé Nous proposons de présenter dans cet article l'utilisation d'une carte auto-organisatrice dans le processus de décision de l'action d'un objet robotisé muni d'un capteur, ici une caméra, interagissant avec un ou plusieurs humains. Cette carte utilise le capteur pour s'adapter à ses interlocuteurs, ici les traits de leur visage, et ainsi ajuster ses mouvements au comportement des humains, sans toutefois les interpréter.

Introduction

Le groupe [Psyphine](#) (Psyphine, 2011), groupe pluridisciplinaire né en 2011, rassemble des chercheurs issus de l'université de Lorraine en intelligence artificielle, philosophie, psychologie, neurosciences, sociolinguistique et anthropologie. Il s'interroge sur les interactions homme/robot et plus particulièrement sur l'attribution ou non d'intentions, d'intelligence voire de conscience à un objet robotisé non humanoïde. Pour mener ses expériences, il dispose d'une lampe (Figure 1) robotisée et munie d'une caméra, au-dessus de son ampoule, qui est utilisée en salle d'expérience comme dans des lieux publics (médiathèque, marché alimentaire, etc.). Ces expériences mettent en relation cet objet avec un ou plusieurs humains pour étudier leurs réactions et tenter de les interpréter (André, Boniface, 2018). L'une des difficultés de nos expériences passées réside dans les biais dus aux manipulateurs, qui contrôlent tout ou partie du comportement de la lampe. Nous avons donc développé un algorithme permettant à cette lampe d'acquérir une forme d'autonomie, c'est-à-dire de bouger sans contrôle ni intervention de notre part, tout en adaptant son comportement à celui de ses interlocuteurs. C'est ce comportement, qui conjugue suivi de visages et mouvements déclenchés par les attitudes des sujets, que nous proposons de présenter. Ces attitudes sont apprises au cours de la passation et donc spécifiques à chaque expérience.

1. Vers des expériences autonomes et qualitatives

Pour étudier ces éventuelles attributions d'intentions à un objet robotisé, le groupe Psyphine a effectué différentes expériences au cours des années que nous décrivons succinctement dans cette section, pour une description plus précise voir (André, Boniface, 2018).

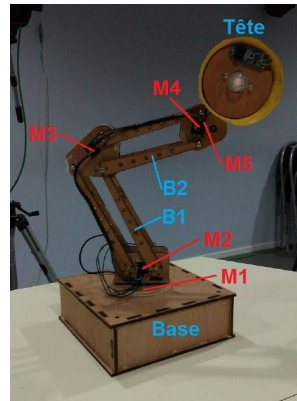


Figure 1: La lampe robotisée du groupe Psyphine. Elle dispose de 5 moteurs (M1 à M5) et d'une caméra dans son abat-jour.

1.1. Expériences dirigées et analyses quantitatives

Passation. Pour nos premières expériences, nous avons créé des comportements pour notre lampe qui sont des séries de commandes motrices prédéterminées et décrivant un mouvement complet de l'objet afin de tenter d'exprimer une émotion (surprise, joie, ennui, peur, etc.). Nous placions, en laboratoire, un sujet devant la lampe (Figure 2) et un manipulateur, caché au sujet et qui voyait la passation à travers une caméra, déclenchait des comportements en fonction des attitudes du sujet. Une passation alternative permettant une comparaison des interactions proposait une série déterministe de comportements s'exécutant donc sans tenir compte des réactions du sujet.

Évaluation quantitative. Nous faisons ensuite remplir un questionnaire au sujet pour comparer les résultats entre les expériences avec séquence déterministe et celles avec un opérateur.



Figure 2: Un exemple de dispositif d'expérience en laboratoire. Le sujet est placé devant la lampe et est filmé par une caméra.

Bilan.

Ces expériences se sont avérées non satisfaisantes pour plusieurs raisons :

- Les comportements construits n'étaient pas interprétés de la même façon par les différents sujets, et jamais, ou très rarement, comme ils avaient été imaginés lors de leurs conceptions. Une expérience dédiée à cette question, *Qualcom* (Becker *et al.*, 2019) le confirme.
- Les expériences réalisées en laboratoire influent fortement sur l'attitude des sujets en raison du caractère trop solennel des lieux, de l'aspect intimidant du dispositif (caméras, projecteurs, écrans, etc.) et de la connaissance même qu'il s'agit d'une expérience contrôlée, mesurée et enregistrée.
- Les expériences sont fortement biaisées par le manipulateur, son interprétation de l'attitude du sujet, son interprétation des séquences de mouvements et certains dérapages de jeux avec le sujet (qu'il faudrait un jour étudier, mais ce n'est pas notre propos ici). Le tout variant en fonction des manipulateurs.
- Les questionnaires quantitatifs se sont avérés peu informatifs, en raison principalement de l'interprétation des questionnaires et de son vocabulaire par les sujets, des interprétations des barèmes qualitatifs et de l'orientation des réponses induites par la formulation des questionnaires.

1.2. Expériences semi-dirigées et analyses qualitatives

Pour corriger ces limitations, nous nous sommes orientés vers une nouvelle série d'expériences, appelée *Decide*.



Figure 3: Les expériences en milieu ouvert (marché alimentaire) consistaient à demander à deux personnes de discuter en présence de la lampe afin de déterminer si celle-ci est autonome ou non, sachant que cette dernière est contrôlée à distance par un opérateur caché.

Passation

Les passations se font, comme on peut le voir dans la figure 3, dans des lieux publics (marché alimentaire, médiathèque, etc.). Les sujets sont placés par deux (s'ajoutent des participants spontanés présents sur le lieu et curieux de l'expérience en cours) devant

l'objet et doivent se mettre d'accord sur une question qui leur est posée au sujet de la lampe (sur son autonomie, son rôle fonctionnel par exemple). L'expérience s'arrête quand ils s'accordent.

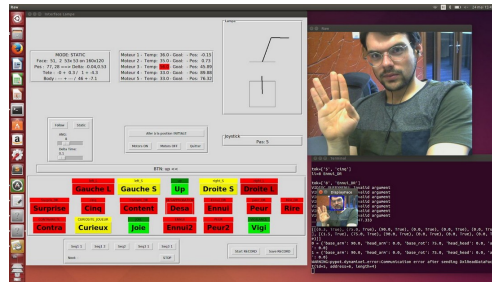


Figure 4: l'interface de contrôle de l'expérience telle que vue par l'opérateur, à gauche l'interface de contrôle de la lampe. Il est possible de la manipuler en mode manuel (au joystick), d'utiliser la fonctionnalité de suivi de visages ou de déclencher, par les boutons de couleur, ce que nous appelons un comportement (joie, peur, ennui, etc.), c'est-à-dire une série de mouvements pré-construits. A noter que la seule entrée vidéo est celle de la caméra de la lampe et il n'y a donc pas de vue globale pour l'opérateur.

Le comportement de la lampe est contrôlé par un opérateur qui dispose de différentes fonctionnalités (Figure 4). Pour permettre une forme d'autonomie de la lampe, et s'inspirant du projet Pinokio (Adam, Zhou, 2012) nous l'avons dotée d'un comportement de suivi de visages. Il s'agit de détecter et d'isoler un visage dans le champ visuel de sa caméra (située dans l'abat-jour) et d'utiliser ses moteurs afin de centrer ce visage dans l'image. Ce comportement est toutefois insuffisant, notre objet ne bouge pas en l'absence de visage et le perd fréquemment en cours d'expérience. Pour retrouver les sujets et relancer le suivi, l'opérateur, qui ne voit l'expérience que par la caméra de l'objet, dispose des comportements définis précédemment et d'un contrôle au joystick.

Évaluation qualitative

L'évaluation de nos passations se fait en deux étapes.

- Les passations sont filmées et sont ensuite analysées par nos soins. Nous cherchons à comprendre les perceptions et interrogations des participants par l'analyse de leur dialogue.
- Les sujets sont interrogés par l'un d'entre nous pour décrire leur sensations et interprétations. Ces interviews sont enregistrées et ensuite analysées par nos soins.

Bilan

Ces séries d'expériences se sont avérées plus satisfaisantes, notamment grâce aux lieux ouverts, au dialogue entre les participants et aux interviews mais comportent encore des biais, les principaux étant :

- Pour l'analyse des expériences, les sujets sont encore trop influencés par la personne effectuant l'entretien. Nous nous sommes tournés ensuite vers des méthodes d'autoconfrontation (André, 2020).
- Le comportement de suivi de visages, trop simple, est rapidement identifié par les sujets.
- Les comportements de 'recentrages', au joystick ou à l'aide des comportements construits, qui permettent de relancer le suivi de visages, restent trop dépendant de l'opérateur, avec tous les biais énoncés plus haut.

1.3. Limitations

Au-delà du suivi de visages, qui autonomise en partie notre lampe au cours des passations, nous restons très dépendants de l'opérateur et des biais induits : interprétations des comportements construits de la lampe, interprétation des attitudes des sujets, souhait de créer sa propre interaction avec les sujets, de répondre à certaines de leur -supposées- demandes d'interaction, etc. Nous souhaitons donc enrichir notre suivi de visages en évitant à la fois des mouvements stéréotypés ou systématiques et des interventions humaines (commandes manuelles) trop sujettes à biais. Nous souhaitons toutefois que les mouvements de la lampe soient spécifiques aux sujets et cohérents par rapport à leurs attitudes, par exemple une attitude identique du sujet devra déclencher une même *réaction*, un même mouvement, de la lampe.

2. Les SOM, classifieurs neuronaux

Pour obtenir cette adaptation dépendante du sujet, nous utilisons l'algorithme DSOM (Rougier, Boniface, 2011), variation des traditionnels classifieurs *cartes auto-organisatrices* (SOM) (Kohonen, 2001), permettant d'apprendre des données dynamiques, c'est-à-dire changeantes au cours du temps. Ici ce sont les sujets, et leurs attitudes, qui changent au cours du temps (au cours d'une expérience ou d'une expérience à une autre) et le comportement de la lampe doit s'y adapter. Plus exactement, ce sont les traits des visages, les coordonnées des points des yeux, bouches, etc. dans le visage des sujets qui sont les données prises en compte pour notre classification.

2.1. Cartes auto-organisatrices

L'algorithme des *cartes auto-organisatrices* est un algorithme de classification des données permettant de les représenter avec une cohérence topologique : deux classes

proches dans l'espace de représentation de la carte représenteront des données proches. Cette classification permet de représenter les données dans un espace fini (la taille de la carte), chacune des données (un vecteur) étant *représentée* par une classe, celle qui a le vecteur le plus *proche* (au sens d'une mesure numérique, la distance euclidienne par exemple) de la donnée. Ces classes sont apprises à l'aide des données, permettant ainsi une classification propre à chaque jeu de données, ou à chaque expérience produisant des données.

2.2. Carte auto-organisatrice dynamique

Nous avons modifié l'algorithme original de SOM afin de rendre sa règle d'apprentissage et son voisinage indépendants du temps. Il en résulte un couplage étroit entre l'environnement et le modèle qui assure à la fois stabilité et plasticité. Plus précisément, La carte DSOM est une carte neurale dotée d'une structure (un hypercube ou un réseau hexagonal) où chaque neurone i se voit attribuer une position fixe $\mathbf{p}_i$ avec q la dimension de la carte (généralement 1 ou 2). Le processus d'apprentissage est un processus itératif dans lequel les vecteurs $\mathbf{s} \in \Omega$ sont présentés séquentiellement sur la carte par rapport à la fonction de densité de probabilité f . Pour chaque vecteur $\mathbf{w}_i$ présenté, un gagnant $s \in N$ est déterminé selon l'équation. Tous les codes $\mathbf{i}$ du codebook W sont alors décalés vers $\mathbf{v}$ selon l'équation :

$$\Delta \mathbf{w}_i = \varepsilon \|\mathbf{v} - \mathbf{w}_i\|_{\Omega} h_{\eta}(i, s, \mathbf{v})(\mathbf{v} - \mathbf{w}_i) \quad (1)$$

avec ε le pas d'apprentissage (constant), et $h_{\eta}(i, s, \mathbf{v})(\mathbf{v} - \mathbf{w}_i)$ la fonction de voisinage de la forme:

$$h_{\eta}(i, s, \mathbf{v})(\mathbf{v} - \mathbf{w}_i) = \exp \frac{-1}{\eta^2} \frac{\|\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_s\|^2}{\|\mathbf{v} - \mathbf{w}_s\|_{\Omega}^2} \quad (2)$$

avec η le paramètre d'élasticité. A noter que lorsque $\mathbf{v} = \mathbf{w}_s$, on a $h_{\eta}(i, s, \mathbf{v}) = 0$.

L'algorithme DSOM est donc essentiellement une variante de l'algorithme SOM dont la dépendance temporelle a été supprimée. Les fonctions d'apprentissage et de voisinage ont été remplacées par les équations précédentes pour répondre à deux idées principales :

- Si un neurone est suffisamment proche des données, il n'est pas nécessaire que les autres apprennent quoi que ce soit : le gagnant peut représenter les données.
- S'il n'y a pas de neurone suffisamment proche des données, tout neurone apprend les données en fonction de sa propre distance par rapport aux données.

Cela entraîne plusieurs conséquences sur la notion de voisinage qui est désormais dynamique et conduit à une auto-organisation qualitativement différente qui peut être contrôlée à l'aide d'un paramètre d'élasticité libre η .

3. Classifier pour interagir

Nous décrivons dans cette section l'utilisation de notre classifieur dans le cadre de nos expériences avec la lampe du groupe Psyphine.

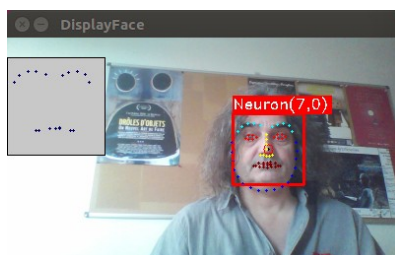


Figure 5: La localisation des visages et la capture des traits principaux à partir de l'image de la caméra de la lampe sont effectuées en temps réel via la librairie Open-CV. Seules les informations relatives aux sourcils et à la bouche sont ici utilisées par la carte auto-organisatrice.

3.1. Extraire d'une image les traits du visage

Comme nous pouvons le voir sur la figure 5, à partir de l'image reçue de la caméra, nous isolons un visage (le carré rouge) à l'aide de la librairie *opencv* (Itseez, 2015). Nous extrayons ensuite de chaque image un vecteur de points (les points bleus dans le carré gris en haut à gauche de la figure) représentant certains traits¹ de ce visage à l'aide de l'algorithme de (Kazemi, Sullivan, 2014). C'est ce vecteur de points qui constitue la donnée numérique apprise par notre classifieur.

3.2. Classifier les attitudes des sujets

La figure 6 montre les vecteurs qui sont appris en temps réel par notre le classifieur DSOM. Pour décrire rapidement l'apprentissage d'une carte, il faut noter qu'une classe est considérée comme *gagnante*, pour un visage, quand les points extraits sont les *plus proches* des points appris par cette classe. Cette classe se modifie alors en fonction de cette nouvelle donnée pour s'en rapprocher, et entraîne ses voisins (dans la topologie de la carte) pour qu'ils s'en rapprochent aussi, mais de moins en moins en fonction de la distance dans la carte.

Chaque image capturée par la caméra est traitée par l'algorithme d'extraction de traits et apporte ainsi un nouvel exemple pour l'apprentissage de la carte, c'est-à-dire pour la spécialisation de la classe gagnante et de ses voisines. Chaque classe représente ainsi une posture caractéristique, une attitude, (représentée par les points) de visage, et nous

¹ Ici sourcils et lèvres, mais tous les points visibles dans le carré rouge sont disponibles.

disposons ainsi en temps réel d'une information sur les postures de visages les plus fréquentes du ou des sujets placés dans le champ de la caméra.

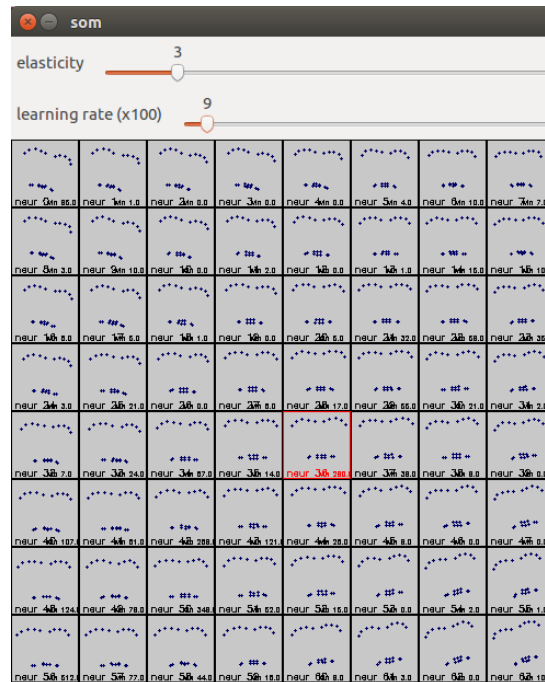


Figure 6: Une carte DSOM avec 64 (8x8) neurones. Chaque neurone est représenté par son prototype (points bleus) dans l'espace des images. L'auto-organisation permet de s'assurer que deux neurones proches (au sens de la topologie de la carte) possèdent des prototypes proches (au sens de la distance entre prototypes). Dans l'exemple montré ci-dessus, les neurones dans les coins supérieur gauche et inférieur droit sont opposés, mais il existe un chemin continu dans la carte permettant de passer de l'un à l'autre). Le paramètre d'élasticité permet de contrôler la similitude entre les prototypes de deux neurones voisins.

Cette classification est unique et totalement dépendante des traits et des postures du sujet au cours de l'expérience, une personne très expressive aura une distance entre les classes la représentant plus importante qu'une autre moins expressive, néanmoins, le nombre de classes cartographiant ses expressions sera le même. Cette classification se fait ainsi de manière totalement autonome et sans aucune interprétation d'éventuelles émotions portées par ces postures. Notre question est d'isoler des postures de visages, pas d'en comprendre la signification.

Pour finir, DSOM permettant l'apprentissage de données dynamiques, cette classification s'adaptera à plusieurs sujets, c'est-à-dire que certaines classes se spécialiseront sur l'un

Apprendre la carte des comportements (DSOM)

RÉPÉTER

Capturer une image depuis la caméra de la lampe

SI un visage peut être extrait de l'image

. Apprendre ce nouveau visage dans la carte des expressions à l'aide de DSOM

. Incrémenter le nombre de victoires de la classe gagnante

. TI = 0;

. Déplacer la lampe pour centrer le visage dans l'image de la caméra

SINON

SI Le temps d'impatience (TI) est dépassé

. Déclencher le comportement associé à la classe des expressions qui a le plus gagné.

. TI=0

. Mise à zéro des victoires de la carte des expressions

A noter que les paramètres de cet algorithme sont :

- La taille des cartes auto-organisatrices.
- Le nombre de comportements de la lampe.
Il n'est pas souhaitable d'avoir plus de comportements que de classes, il est même conseillé d'en avoir beaucoup moins, pour distribuer un même comportement sur plusieurs classes.
- Les temps d'impatience.
Temps au terme duquel une action autre que le suivi de visages sera déclenchée. Il est généralement de 1500 milli-secondes.
- Les traits pris en compte.
Nous disposons de différentes catégories de traits (nez, sourcils, lèvres, yeux, chacun pouvant être décomposé : droite/gauche, haut/bas). Il n'est pas toujours utile de considérer tous les points dans l'apprentissage, d'autant que certains traits (lèvres par exemple, par leur nombre de points, écrasent les autres). Dans l'expérience qui illustre cet article nous n'utilisons que les sourcils et les lèvres.

5. Discussion

Le modèle présenté dans cet article permet de rendre le comportement de notre lampe autonome et interactif. Autonome en ce qu'il ne requiert plus l'intervention d'un opérateur et interactif en ce qu'il réagit aux informations captées par sa caméra (les visages en particulier) sans pour autant chercher à interpréter ces informations. C'est là une propriété importante puisqu'elle garantit l'absence de biais de la part de l'opérateur et autorisera à terme des interactions plus neutres, du moins du côté de la lampe. Nous obtenons une chorégraphie propre aux sujets placés devant la lampe et à leurs attitudes, sans jamais que ces dernières ne soient qualifiées en terme d'émotions.

Nous travaillons actuellement sur une version plus robuste permettant de laisser notre objet dans un lieu ouvert et de le laisser interagir au grès du passage aléatoire des personnes et des visages entrant dans le champ de sa caméra. Cela requiert de régler quelques paramètres comme le temps d'impatience (pas de visage détecté) au-delà duquel la lampe déclenche des comportements moteurs qui sont alors susceptibles d'attirer des personnes à elle. Cependant, toute la difficulté de ces expériences réside dans la nature du milieu, à la fois ouvert et non contrôlé. Comme nous l'avons expliqué auparavant, la nature solennelle des expériences en laboratoire semble perturber l'interaction entre les participants et la lampe, ce qui ne semble plus être le cas lorsque les sujets sont libres d'interagir (ou non) avec la lampe. Nous devons donc à terme définir une méthode de mesure objective afin de rendre compte de l'expérience.

À noter que l'utilisation de DSOM sur un capteur, ici une caméra, pour apprendre le contexte de l'expérience peut en théorie être appliquée à tout autre capteur disponible.

Bibliographie

- Adam, B-D. et Zhou, S. (2012). Projet Pinokio. <http://www.ben-drar.com/pinokio>.
- André, V. (2020). Apports de l'autoconfrontation dans l'analyse d'une expérience robotique. *Wacai 2020*. [hal-02933468v1](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02933468v1)
- André, V. et Boniface, Y. (2018). Quelques considérations interactionnelles autour d'une expérience robotique. *WACAI 2018*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01862725>.
- Becker, J. André, V., Dutech, A. (2019). QUALCOM : Une Expérience Sur La Qualification Des Comportements d'une Lampe Robotique. *Techniques & culture : Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, Varia. Éditions de l'EHESS. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02075467>.
- Itseez (2015). "Open Source Computer Vision Library". <https://github.com/itseez/opencv>.
- Kazemi, V. et Sullivan, J. (2014). One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees. *Proceedings of the 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1867–74. CVPR '14. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. doi:[10.1109/CVPR.2014.241](https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.241).
- Kohonen, T. (2001). *Self-Organizing Maps*. 3rd ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Psyphine. 2011. <https://psyphine.hypotheses.org>.
- Rougier, N. P. et Boniface, Y. (2011). Dynamic Self-Organising Map. *Neurocomputing* 74 (11). Elsevier: 1840–7. doi:[10.1016/j.neucom.2010.06.034](https://doi.org/10.1016/j.neucom.2010.06.034).

L'utilisation de la matière active dans les pratiques de recherche-création : utilisation d'un vocabulaire artistique pour l'impression 4D de polymères magnéto-actifs déployés dans des dispositifs expérimentaux et d'observation.

Antoine Desjardins¹ et Giancarlo Rizza²

¹ Reflective interaction, EnsadLab, ENSAD, Paris

² Laboratoire des Solides Irradiés (LSI), Institut polytechnique de Paris, CEA/DRF/IRAMIS, CNRS, Palaiseau France

Résumé. En sciences sociales et en philosophie l'agentivité est définie comme la capacité d'un objet d'agir, sa faculté d'action dans et sur l'environnement qui l'entoure. Dans le cadre de nos pratiques de recherche-création, nous utilisons l'impression 4D de polymères magnéto-actifs pour questionner la notion de comportement, une notion de plus en plus fondamentale dans la création artistique contemporaine. Le répertoire de formes est le résultat d'une hybridation entre différents registres appartenant au monde naturel, plus précisément le floral et l'animal. L'objectif de notre projet n'est pas celui d'imiter la nature en imprimant des objets programmables avec des mouvements déterministes, mais de combiner des modèles structurels et des éléments naturels pour concevoir et fabriquer des objets à comportement qui manifestent un ensemble d'actions qui ne sont pas prévisibles et qui ne peuvent être déduites directement de leur environnement magnétique afin de créer et explorer des mondes artificiels, allusifs et dystopiques.

Introduction

Des millions d'années d'évolution ont conduit la matière vivante à développer un nombre infini d'architectures et de propriétés spécifiques, allant de la capacité à se mouvoir à la réponse aux stimuli environnementaux. Par exemple, la microstructure orientée et hiérarchisée des coquilles d'ormeaux et des crevettes est responsable de leur remarquable résistance aux chocs [1, 2]. Aussi, la microstructure est souvent exploitée par la nature pour agir comme actionneur : c'est par exemple le cas du mécanisme de perception-transmission des plantes carnivores telles que la *Dionaea muscipula*, ou le mouvement hygromorphe des pommes de pin [3-8]. Bien que la science des matériaux s'inspire continuellement de la nature, l'utilisation des techniques de fabrication conventionnelle pour imiter les architectures bio-inspirées a souvent fait face à des limites à la fois techniques et de résolution atteignable. Ces dernières années cette lacune commence à être comblée grâce au développement de l'impression 3D. Cette technique permet de construire un objet par dépôt additif de couches, ou sous-unités, d'un ou plusieurs matériaux à partir d'un fichier de *conception assistée par ordinateur* (CAO). Dans ce domaine en pleine effervescence une évolution majeure a été celle d'imaginer des objets imprimés qui pourraient changer de forme par eux-mêmes, sans intervention humaine mais simplement par l'effet d'un facteur externe comme la lumière, la chaleur, une vibration, etc... C'est le domaine de l'impression 4D [9], qui est, d'une certaine manière, la forme fonctionnelle de l'impression 3D [10-12].    l'évidence,

au cœur de cette nouvelle technologie, se trouvent les matériaux à imprimer. Il s'agit de matériaux intelligents, homogènes ou composites, qui portent une ou plusieurs fonctions pouvant être activées par des stimuli physiques (champ électrique, champ magnétique, lumière, température, vibrations...), chimiques (pH, photochimie) ou biologiques (glucose, enzymes, biomolécules) et qui consomment activement l'énergie de l'environnement pour la transformer en travail mécanique. Ce changement de paradigme permet à un objet imprimé de s'adapter à son environnement et d'évoluer de manière contrôlée à travers l'application de stimuli. Cela revient à incorporer un morceau de code... dans un matériau : une fois la fonction activée, l'objet exécutera les actions programmées. Il ne s'agit plus de penser la matière comme une entité inerte qu'il s'agirait de former ou d'informer, mais bien de la considérer comme une sorte d'*objet à comportement* dont il faut prendre en compte sa puissance d'agir, son agentivité. La possibilité de combiner géométries complexes et comportements évolutifs permet à l'impression 4D de repousser les limites en matière de conception et fabrication d'objets. Cependant, plusieurs défis restent à relever : un travail de recherche fondamentale sur les matériaux intelligents (incluant aussi les métaux et les céramiques), un développement technique des imprimantes et des codes pour les adapter aux matériaux utilisés et aux stimuli introduits et une méthodologie qui se base sur la triade design-modélisation-simulation pour que l'objet imprimé réponde de manière appropriée aux excitations externes.

Bien que chaque matériau programmable possède un ensemble unique de propriétés, nous pouvons identifier des principes communs et des similitudes dans les méthodes de programmation des objets imprimés en 4D. Les matériaux programmables présentent trois caractéristiques principales (Figure 1) : i) leur composition - ce dont ils sont composés - et comment ils sont organisés - et leur structure à différentes échelles (macro, micro et nano), ii) l'énergie d'activation - ce qui déclenche la transformation et iii) la mécanique de transformation - le comportement fonctionnel du matériau lorsqu'il est soumis à une énergie d'activation.

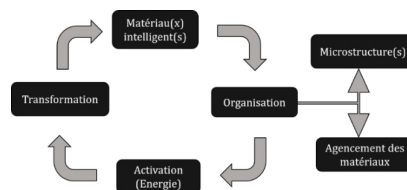


Figure 1. Diagramme identifiant les caractéristiques principales pour l'impression 4D des matériaux programmables.

Les matériaux programmables sont composés d'un ou plusieurs matériaux actifs, ou intelligents, c'est-à-dire des matériaux dont les propriétés changent de manière significative lorsqu'ils sont soumis à une énergie d'activation : un matériau programmable est généralement composé d'un matériau actif et d'un second matériau non actif qui se transforment en fonction d'une énergie d'activation. Par ailleurs, la

configuration spatiale et l'orientation spatiale des matériaux actifs et non actifs sont importantes pour orienter la direction de la transformation. De même, la géométrie et le placement des matériaux peuvent influencer considérablement le comportement final en termes de transformation mécanique (pliage, enroulement, étirement, rétraction) et de propriétés physiques (force de pliage, flexibilité, rigidité...).

Les matériaux programmables sont conçus pour répondre à un ou plusieurs types d'énergie (chaleur, lumière, son, humidité...). Ils peuvent se transformer pendant ou après l'exposition à l'énergie d'activation. La transformation qui en résulte peut être réversible, permettant idéalement une répétition à l'infini, ou permanente, entraînant une modification des propriétés du matériau et un état final stable. Différentes énergies d'activation peuvent être couplées à différents matériaux.

Pour pouvoir se transformer de manière précise, un matériau programmable doit être composé d'une combinaison spécifique de matériaux et recevoir une quantité spécifique d'exposition à l'énergie d'activation. Des portions différentes de matériau actif et non actif peuvent affecter la transformation. De même, la position du matériau actif par rapport au matériau non actif peut affecter la direction de la transformation.

1. Les matériaux magnéto-actifs

Jusqu'à présent, l'approche de l'impression 4D a été appliquée aux polymères fonctionnels ou aux matériaux composites tels que les hydrogels [13], les polymères électroactifs [14], les polymères à mémoire de forme [15], ou les polymères sensibles au pH [16] et à la lumière [17]. Cependant, dans la littérature, la recherche sur les objets imprimés à microstructure contrôlée en est encore à ses débuts et se concentre principalement sur la fabrication de matériaux composites aux propriétés mécaniques améliorées, et seuls quelques travaux mentionnent la possibilité de contrôler la microstructure *in situ* pendant le processus d'impression [18-20].

En particulier, dans le domaine de l'impression 4D, l'utilisation de polymères composites magnéto-actifs est particulièrement intéressante. En effet, les objets imprimés peuvent être facilement actionnés par des champs à distance générés par des aimants permanents ou des bobines. De plus, comme les champs magnétiques peuvent pénétrer à travers les tissus organiques et les organes sans les endommager, ils peuvent être utilisés, entre autres applications, dans le domaine de la robotique souple pour les soins de santé et pour les applications biomédicales [21, 22]. Une première stratégie pour imprimer des polymères composites magnéto-actifs consiste à utiliser des microparticules de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, ce sont les aimants les plus puissants du fait de leur forte aimantation à saturation et de leur grande coercivité liée à une forte anisotropie magnéto-cristalline, et à orienter leurs dipôles permanents à l'aide d'aimants externes. Ce procédé a été principalement appliqué dans les techniques d'impression 3D de dépôt de fil fondu (DFF) et Direct Ink Writing (DIW). Une deuxième stratégie exploite l'auto-assemblage de charges magnétiques à base de ferrite, telles que les nanoparticules (NPs) de Fe_3O_4 . En particulier, lorsque les charges magnétiques sont dispersées dans un milieu liquide ou visqueux et exposées à un champ externe, elles s'assemblent spontanément

en structures filamenteuses en forme de chaînes alignées le long du vecteur de champ, Figure 2. La dimension et la direction des chaînes assemblées, c'est-à-dire la microstructure, peuvent être programmées en faisant varier les paramètres expérimentaux tels que le champ magnétique appliqué, la concentration des particules et la viscosité du milieu. Enfin, la microstructure peut être figée en durcissant la formulation contenant la résine et les charges auto-assemblées.

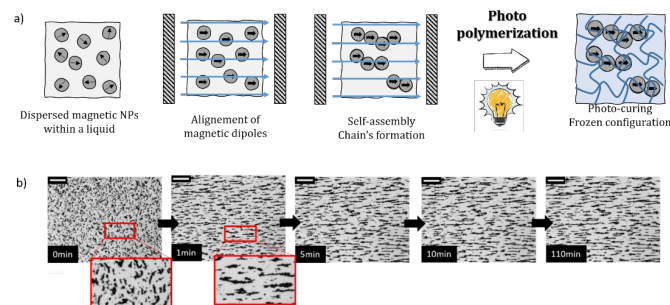


Figure 2. Auto-organisation de structures filamenteuses formées de nanoparticules magnétiques soumises à un champ magnétique. Les chaînes de particules sont ensuite figées dans la matrice hôte. Réf. [23].

La présence d'une microstructure orientée dans l'espace est associée à une anisotropie magnétique, c'est-à-dire un axe magnétique facile, où l'aimantation est la plus favorable. Cette propriété peut être exploitée pour actionner l'objet imprimé. En effet, lorsqu'un champ magnétique externe est appliqué au matériau, ce dernier subit un couple magnétique qui force l'objet à aligner son axe magnétique le long du champ. Par conséquent, le contrôle de l'orientation de la microstructure magnétique permet de programmer les mouvements, la rotation et la flexion de l'objet imprimé [24], Figure 3.

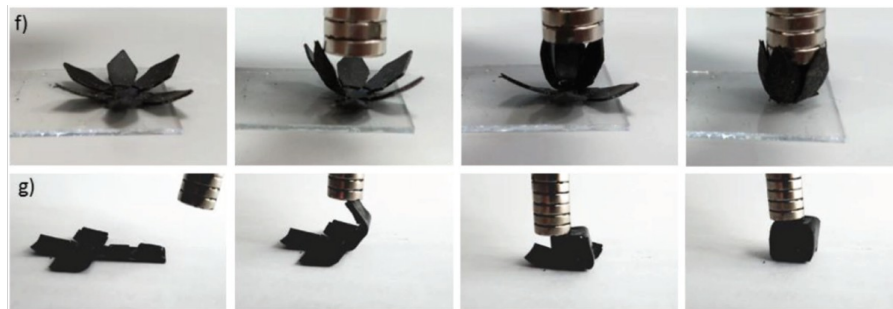


Figure 3. Objets magnétiques imprimés en 3D. a) Fleur imprimée qui se referme lorsqu'elle est exposée à un champ magnétique. b) Structure 2D composée d'éléments flexibles et rigides capables de créer un cube en 3D lorsqu'ils sont exposés à un champ magnétique. Réf. [24]

2. L'impression 4D des matériaux agentifs magnéto-actifs et leur application dans la pratique recherche-crédation

En art, en design comme en architecture, en étroit dialogue avec les sciences, la question est posée de comment concevoir et mettre en œuvre des matériaux agentifs pour des créations dotées de sensibilité, au sens propre comme au sens figuré. Comment explorer artistiquement un rapport matière / forme où la structure interne de matériaux actifs, réactifs et adaptatifs devient « matière-grise » ? Comment envisager un objet artistique doté de comportements animés ou encore une méta-matière aux frontières de l'inerte, du vivant et du vivant artificiel ?

En particulier, ce travail développé dans le cadre de la chaire Arts&Sciences de l'École Polytechnique, l'École Nationale Supérieure des Arts Décoratifs, PSL et de la fondation Daniel et Nina Carasso [25], s'intègre aussi dans celui du groupe Reflective Interaction qui depuis 2001 réunit un groupe multidisciplinaire d'artistes, de designers, ingénieurs et chercheurs autour d'un projet de recherche dans le domaine de l'art et du design pour étudier et expérimenter ce que nous appelons les objets à comportement (behavioral matter) dotés de capacités de mouvement, d'action et de réaction expressives, et sont également capables d'afficher des intentions et de susciter des émotions. [26-29]

Les êtres et choses vivantes que nous pouvons côtoyer et dont nous apercevons les mouvements et les comportements grâce à l'observation ou à l'information nous renseignent sur le monde et guident les interactions que nous entretenons et développons avec celui-ci : qu'elles soient sensorielles ou abstraites, animées ou inanimées. Ce sont autant d'informations et d'évaluations accumulées sur les milieux, la perception d'autres échelles et la nature différente d'autres formes de vie. Un tel regard et une telle discipline, permettent des comportements adéquats dans nos expériences et circonstances variées et concourent à l'élaboration d'un rapport critique qui pourra servir de base à des représentations et activations.

Le rapport à la nature est en art une histoire originelle qui se superpose à la question du modèle dans sa pertinence, son accessibilité, sa variabilité, osons, sa vivacité. Si l'on s'en tient à l'apparition de la modernité dans l'art au tout début du XX^e siècle et à ses conséquences dont nous sommes toujours tributaires, la nature au travers de son observation (Paul Cézanne, Piet Mondrian...), de l'usage de ses mécanismes (Marcel Duchamp), de son décryptage philosophique ou scientifique (Wassily Kandisky, Robert Delaunay, Kasimir Malévitch...) s'est trouvée au cœur de réflexions et évolutions qui ont produit de nouveaux territoires esthétiques et procédures de travail en grande partie autour d'emprunts aux sciences dans leur curiosité au monde, la source est identifiée et revendiquée sous tous ses aspects.

Dans sa richesse et diversité ce regard curieux et introspectif de l'artiste ouvre des territoires de questionnement et d'analyse des morphologies, des environnements et des systèmes à l'échelle de l'expérience visuelle élémentaire. Incidemment cette approche sensible impose des dimensions et protocoles tant physiques que mentaux qui ne correspondent pas à l'expérimentation et à la vérification scientifique. La

collaboration art-science produit ainsi des situations et génère des images que l'on pourrait qualifier de dynamiques en ce sens qu'elles portent plus que leur immédiate apparence pendant que la dichotomie de leurs origines plurielles en complexifiant leur conception vient alimenter leurs significations.

Nos objectifs ne se réduisent ni à la citation ni à la représentation fidèle mais s'apparentent plutôt à une exploitation libre et élargie des références et forces naturelles. Il s'agit de faire apparaître au sein d'une telle variété des situations et combinaisons originales et surprenantes qui permettront l'acquisition d'ensemble d'informations déterminantes pour l'élaboration de matériaux et de structures à même d'être influençables et modifiables par des forces magnétiques et leurs combinaisons particulières.

3. Le contexte et la forme

L'usage de champs magnétiques pour activer nos prototypes dicte les espaces et détermine les environnements, l'organisation des formes et la nature des charges. Leur intensité et leur positionnement résulteront des systèmes et des dispositifs permettant l'activation des objets. La coordination de la mobilité des sources est fondamentale car elle va induire les séquences et harmonies des divers mouvements. Dans une relation de causalité elle provoquera des situations riches en informations variées. La diversité de ces informations nous entraîne au-delà du système plastique et visuel et leur convergence pointe vers l'intimité de la matière et l'organisation des forces qui l'animent.

Pour constituer des répertoires de formes, un premier niveau consiste à interpréter sur un mode analogique les êtres et les choses du vivant dont les formes et les comportements se prêtent aux conditions d'expérimentation dans un fluide. Ces répertoires sont constitués des résultats de l'observation directe et de l'expérience avec par exemple les fleurs ou de la consultation de documents en ce qui concerne par exemple les échinodermes, les mollusques, voire les champignons ou les algues.

Nous nous situons pour la conception dans une sphère formelle référentielle élargie où les caractéristiques de motricité et de mécanique prévalent et où l'hybridation tient lieu de système, nous générons des êtres originaux qui tiennent plus de la chimère que de la citation. Leur constitution artistique est tributaire des contraintes physiques mais elle ne s'y plie pas et ne s'y égare pas et elle utilise ces paramètres pour rendre visible de manière plus fine et subtile les réactions et mouvements de la matière en conditions.

Un second niveau convoque une géométrie élémentaire pour une organisation rationnelle de la forme et de ses mouvements potentiels, symétrie radiale ou rayonnante figure et décomposition polyédrique.

Nous produisons ainsi des objets qui sont une réminiscence du vivant ou les charges magnétiques peuvent être positionnées sur ce qui équivaldrait à des articulations même si les croisements et superpositions des modèles issus de l'animal et du végétal ainsi que la flexibilité du matériau rendent toute attribution définitive hasardeuse. Le trouble à

l'interprétation ouvre le champ aux suppositions et construit des mondes artificiels et synthétiques à même de faire surgir l'imprévu.

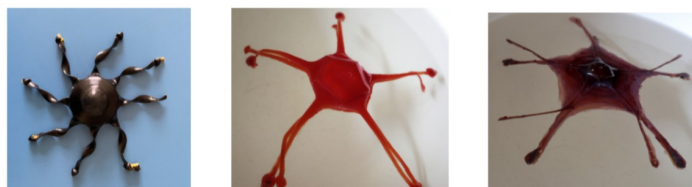


Figure 4. Hybridations.

4. La représentation, l'expérimentation

La part artistique impose des paramètres de visibilité, des exigences matérielles et scénographiques et des critères esthétiques qui sont autant de facteurs qui vont contraindre et conditionner la part scientifique. Inversement, la part scientifique fixe un cadre technique et physique avec des objectifs identifiables et un déterminisme qui prend à défaut le cheminement dénué de lois de la pensée artistique, en tous les cas elle lui suggère un cadre spécifique. Une telle collaboration autour d'un sujet avec des intérêts distincts mais convergents est fondamentalement intéressante en ce qu'elle impose compromission et inventivité et produit des situations inédites, l'artiste laisse filer sa matière, le scientifique ses méthodes. Dans une liste rapide, ruptures d'échelles, incidence et impact technique, explorations matérielles et flux langagier deviennent autant de sujets et situations qui implémentent les échanges pour créer des conditions de productions originales qui s'avèrent tant riches plastiquement qu'informatives scientifiquement.

Milieu fluide et matière souple s'imposent comme éléments privilégiés pour un champ d'expérimentation étendu, nous sommes ainsi dans des conditions qui se retrouvent avec acuité dans un vocabulaire artistique identifié et proposé par Maurice Fréchure dans son panorama transversal d'une histoire de l'art, *Le mou et ses formes*, "A l'art inéquivoque de la construction s'oppose un art plus ambigu que les remous de la matière rendent plus mystérieux encore. Aux contours toujours simplifiés de l'esthétique edificatrice succèdent les formes d'un art réellement expérimental où le hasard, dans ses multiples faces, participe à l'œuvre comme matière première." [30]. L'approche conceptuelle, la recherche formaliste et l'esthétique des objets sont ici contraints par les principes scientifiques et les données techniques. La part artistique se constitue ainsi en premier lieu dans l'intimité et l'organisation de la matière et le déploiement des agencements qui la révéleront. La répartition des composants réactifs est structurante et détermine des conditions et des contraintes qui vont également orienter les registres de formes et leur combinaison ainsi que les dispositifs d'activation et les choix de matières, les contraintes énergétiques et mécaniques fixent ou plutôt contraignent ainsi le vocabulaire formel.

Si une adéquation entre force magnétique et formes naturelles s'impose dans cette recherche pour faire entrevoir des solutions, la production de situations plastiques improbables s'avère indispensable à leur révélation. La création des objets implique des approches combinatoires qui croisent différents domaines de l'animal et du végétal, de l'assemblage et des structures, leur conception consiste à décomposer, fragmenter et combiner aboutissant ainsi à des êtres hypothétiques aux formes équivoques potentiellement mouvantes.

En parallèle les mécanismes et les dispositifs par la manipulation directe ou l'interaction proposent les conditions d'une chose évoluant dans un environnement soumis à des influences extérieures qui troublent un peu plus la perception et l'interprétation.

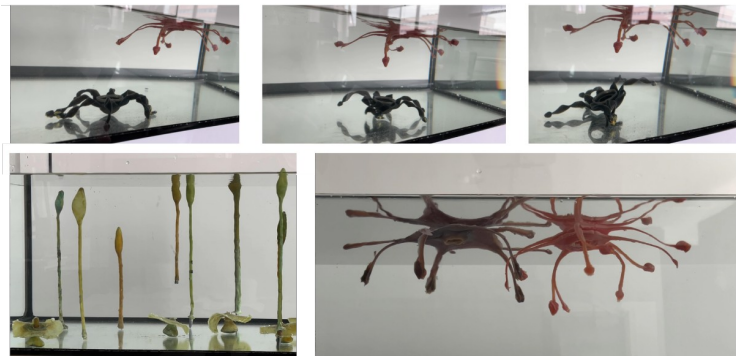


Figure 5. Dispositifs, expérimentations.

Si l'impulsion première est géométrique et dégagée du vivant les principes de cette géométrie trouvent leur origine dans une observation et une utilisation de la nature et de ses grands principes morphologiques. Les environnements et les dispositifs stimulant les objets recréent les conditions et aléas naturels. Nous pourrions considérer que nous sommes donc quelque part dans la conception d'une espèce originale, de nature synthétique évoluant artificiellement, qui est le fruit de l'expérience usuelle qu'elle soit directement liée à la nature ou de source médiatique et que cela s'avère nécessaire à la révélation de situations inédites.

Conclusions

L'objectif de notre projet de recherche création est la fabrication d'objets à comportement qui manifestent un ensemble d'actions qui ne sont pas prévisibles et qui ne peuvent être déduites directement de leur environnement magnétique. Pour faire cela, nous avons utilisé l'impression 4D de polymères magnéto-actifs et puisé dans un répertoire de formes résultant d'une hybridation entre différents registres appartenant au monde végétal, floral et animal. La possibilité de combiner géométries complexes et

comportements évolutifs nous permet de repousser les limites en matière de conception et de fabrication d'objets qui acquièrent par la nature des processus une valeur artistique. En pensant la matière non pas comme une entité inerte, mais bien comme une sorte d'objet à comportement dont il faut prendre en compte sa puissance d'agir, son agentivité, nous travaillons à la création et à l'exploration de mondes artificiels, allusifs et dystopiques.

Remerciements

Les auteurs remercient la Chaire Arts & Sciences de Ecole Polytechnique, l'Ecole Nationale des Arts Décoratifs, PSL et de la Fondation Daniel et Nina Carasso pour le support à la réalisation de ce projet de recherche-crédation.

Bibliographie

- [1] Weaver JC, Milliron GW, Miserez A, Evans-Lutterodt K, Herrera S, Gallana I, et al. The stomatopod dactyl club: A formidable damage-tolerant biological hammer. *Science* (80-) 2012;
- [2] Grunenfelder LK, Suksangpanya N, Salinas C, Milliron G, Yaraghi N, Herrera S, et al. Bio-inspired impact-resistant composites. In: *Acta Biomaterialia*. 2014.
- [3] Emons AMC, Mulder BM. How the deposition of cellulose microfibrils builds cell wall architecture. *Trends in Plant Science*. 2000.
- [4] Burgert I, Fratzl P. Plants control the properties and actuation of their organs through the orientation of cellulose fibrils in their cell walls. *Integr Comp Biol*. 2009;
- [5] Fabricant A, Iwata GZ, Scherzer S, Bougas L, Rolfs K, Jodko-Władzińska A, et al. Action potentials induce biomagnetic fields in carnivorous Venus flytrap plants. *Sci Rep*. 2021;
- [6] Sachse R, Westermeier A, Mylo M, Nadasdi J, Bischoff M, Speck T, et al. Snapping mechanics of the Venus flytrap (*Dionaea muscipula*). *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020;
- [7] Le Duigou A, Castro M. Hygromorph BioComposites: Effect of fibre content and interfacial strength on the actuation performances. *Ind Crops Prod*. 2017;
- [8] Burgert I, Fratzl P. Actuation systems in Plants as prototypes for bioinspired devices. *Philos Trans R Soc A Math Phys Eng Sci*. 2009;
- [9] Active Matter, Edited by Skylar Tibbits, The MIT Press (2017)
- [10] Khoo ZX, Teoh JEM, Liu Y, Chua CK, Yang S, An J, et al. 3D printing of smart materials: A review on recent progresses in 4D printing. *Virtual Phys Prototyp*. 2015;
- [11] Mitchell A, Lafont U, Hołyńska M, Semprinoschnig C. Additive manufacturing — A review of 4D printing and future applications. *Additive Manufacturing*. 2018.
- [12] Shin DG, Kim TH, Kim DE. Review of 4D printing materials and their properties. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green*

- Technology. 2017.
- [13] Bakarich SE, Gorkin R, Panhuis M In Het, Spinks GM. 4D printing with mechanically robust, thermally actuating hydrogels. *Macromol Rapid Commun*. 2015;
 - [14] Shao LH, Zhao B, Zhang Q, Xing Y, Zhang K. 4D printing composite with electrically controlled local deformation. *Extrem Mech Lett*. 2020;
 - [15] Meng H, Li G. A review of stimuli-responsive shape memory polymer composites. *Polymer*. 2013.
 - [16] Muzaffar A, Ahamed MB, Deshmukh K, Kovářik T, Křenek T, Pasha SKK. 3D and 4D printing of pH-responsive and functional polymers and their composites. In: *3D and 4D Printing of Polymer Nanocomposite Materials: Processes, Applications, and Challenges*. 2019.
 - [17] Zhang X, Yang P, Dai Y, Ma P, Li X, Cheng Z, et al. Multifunctional up-converting nanocomposites with smart polymer brushes gated mesopores for cell imaging and thermo/pH dual-responsive drug controlled release. *Adv Funct Mater*. 2013;
 - [18] Roppolo I, Chiappone A, Angelini A, Stassi S, Frascella F, Pirri CF, et al. 3D printable light-responsive polymers. *Mater Horizons*. 2017;
 - [19] Arslan H, Nojoomi A, Jeon J, Yum K. 3D Printing of Anisotropic Hydrogels with Bioinspired Motion. *Adv Sci*. 2019;
 - [20] Liu J, Erol O, Pantula A, Liu W, Jiang Z, Kobayashi K, et al. Dual-Gel 4D Printing of Bioinspired Tubes. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2019;
 - [21] Qiu F, Nelson BJ. Magnetic Helical Micro- and Nanorobots: Toward Their Biomedical Applications. *Engineering*. 2015.
 - [22] Ceylan H, Giltinan J, Kozielski K, Sitti M. Mobile microrobots for bioengineering applications. *Lab on a Chip*. 2017.
 - [23] Simone Lantean, PhD thesis, A novel approach to fabricate bioinspired programmable composite materials: the 3D Printing way, Politecnico di Torino-Ecole polytechnique (2021). <http://www.theses.fr/2021IPPAX024>
 - [24] S Lantean et al, 3D Printing of Magneto-responsive Polymeric Materials with Tunable Mechanical and Magnetic Properties by Digital Light Processing, *Advanced Materials Technology* 2019, 1900505
 - [25] <https://chaire-arts-sciences.org/>
 - [26] Bianchini S, Bourganel R, Labrune J-B, Ishii H, Mahé E, Quinz E, 2014, "The misbehavior of animated object", Studio, TEI 2014 [8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction], February 16-19 2014, Munich, Allemagne, ACM 978-1-4503-2635-3/14/02
 - [27] Bianchini S, Bourganel R, Quinz E, Levillain F, Zibetti E, 2015, "(Mis)behavioral Objects", in Bihanic D. (Ed), *Empowering Users through Design*, Berlin, Springer:129-152
 - [28] Bianchini S, Quinz E (Ed), *Behavioral Objects I, A Case Study: C'eleste Boursier-Mougenot*, Berlin-New York, Sternberg Press, 2016
 - [29] Levillain F, Zibetti E, 2017, "Behavioral Objects: The Rise of the Evocative Machines", *Journal of Human-Robot Interaction*, 6(1):4-24

- [30] Maurice Fréchuret, "Le mou et ses formes", Essai sur quelques catégories de la sculpture du XX^e siècle. (énsb-a), Ecole Nationale Supérieure des Beaux Arts. 1998, p 20.

Learning matters, des matières à apprendre pour la petite enfance

Marion Voillot ^(1, 2, 3) & Claire Eliot ⁽²⁾

(1) IRCAM-STMS, (2) CRI, Université de Paris, (3) CRD, ENS Paris-Saclay /ENSCI- Les Ateliers

Résumé Dans le domaine des interactions humain-machine (IHM), les interfaces tangibles pour enfant forment un domaine de recherche très dynamique, enrichi ces dernières années par la création d'interfaces en e-textile. En effet, ces nouveaux « manipulables » (ou *manipulatives* en anglais) ont la particularité d'associer le textile à l'électronique, pour créer de nouveaux supports de jeu et d'apprentissage pour la petite enfance. C'est dans ce courant de création que s'est développé le projet *Learning Matters*, des matières à apprendre, en co-création avec des enseignant-es de maternelle. *Learning Matters* prend la forme de circuits interactifs manipulables permettant d'éveiller les tout-petits à la culture numérique. Le projet de recherche en design ouvre ainsi de nouvelles possibilités d'interaction enfant-machine plus incarnées (Antle, 2013).

Introduction

Dans le domaine des interactions humain-machine (IHM), les interfaces tangibles pour enfant forment un domaine de recherche très dynamique (Xu, 2005). Ces interfaces permettent d'interagir physiquement avec des entités numériques immatérielles via la manipulation d'objets physiques programmés (Ulmer & Ishii 2000). Alors que l'usage des écrans par le jeune enfant fait l'objet de nombreuses controverses (Clément, 2020), *comment concevoir des outils numériques adaptés aux tout-petits ?* Selon des travaux recherche relativement récents, les interfaces tangibles semblent plus adaptées au développement des tout-petits (avant l'âge de 6 ans), et ceci grâce (1) aux interactions sensori-motrices suscitées, (2) à l'autonomie permise grâce au processus d'essai-erreur et de retour immédiat, et enfin (3) à l'aspect ludique de ces interfaces, alors support d'apprentissage (Zuckerman, 2005). C'est en s'appuyant sur le domaine des interfaces tangibles pour l'enfance que nous avons développé le projet *Learning Matters*, des matières à apprendre. Issu d'un processus de recherche en design, le projet est le fruit de la collaboration avec des enseignant-es de maternelle, et d'une démarche à la fois empirique et écologique, centrée-enfant. *Learning Matters* associe textile et électronique pour éveiller les tout-petits à la culture numérique. La manipulation d'interfaces tangibles en e-textile ouvre ainsi de nouvelles possibilités d'interactions enfant-machine plus incarnées (Antle, 2013).

1. Les interfaces e-textile pour la petite enfance

Dans le domaine des interfaces tangibles pour l'enfance, les interfaces en e-textile (aussi appelées *smart textile* en anglais) se sont multipliées ces dernières années (Honauer et al, 2019). Ces nouveaux « manipulables » (ou *manipulatives* en anglais) ont la particularité d'associer le textile à l'électronique, deux matérialités a priori opposées : le textile est un

matériau relativement souple qui possède des propriétés intrinsèques proches des qualités de la peau ; alors que l'électronique prend souvent la forme de micro-composants, carrés et rigides (Gowrishankar et. al, 2017). Les outils numériques prennent alors généralement la forme d'interfaces à écran (smartphones, tablettes, ordinateurs) influençant alors notre perception au monde (Vial, 2013).

Contrairement aux interfaces à écran, les interfaces en e-textile permettent d'éveiller le sens haptique (ie. toucher actif) et d'offrir de nouvelles interactions multimodales, c'est-à-dire associant un retour sensoriel immédiat à une action, souvent associée au geste (Jones, 2018). En effet, puisque le textile permet une infinité de créations, on trouve des interfaces en e-textile pour les jeunes enfants qui se matérialisent en plusieurs supports de jeu, à la fois souples et interactifs, tels qu'un livre textile (Honauer et. al, 2019), un doudou vibrant (Berzowska et. al, 2019), une surface tactile et sonore (Cibrian et al., 2016), ou encore de petites figurines encourageant la créativité des enfants (Berglin, 2005). Ces interfaces offrent de nouvelles possibilités d'interaction tangible pour les très jeunes enfants, s'appuyant sur une manipulation "douce" associée à des retours multisensoriels — vibratoires, sonores, ou lumineux.

Ainsi, les interfaces en e-textile bénéficient des qualités haptiques intrinsèques du textile (doux, rugueux, souple, etc.) pour créer des interactions plus incorporées dès tout-petit (Antle, 2013). C'est dans ce courant de création offrant de nouvelles interactions enfant-machine, supports de jeu et d'apprentissage actif, que s'est développé le projet *Learning Matters*, des matières à apprendre.

2. Le projet Learning Matters

Le projet *Learning Matters* se compose de trois types d'éléments manipulables nommés ainsi :

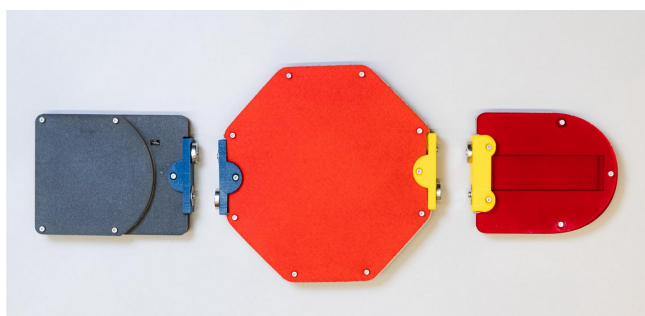
- Batterie, source d'énergie électrique ;
- Capteur, en e-textile et canal d'acquisition de l'information gestuelle ;
- et Lampe qui émet le signal lumineux.

Les capteurs sont tous différents, contrairement aux batteries, et aux lampes (formellement identiques mais de différentes couleurs), et ont la particularité d'être réalisés en textile électronique (ici assemblage de textile classique et de tissu métallique donc conducteur) .

À la manière d'un collier de perles, c'est l'association de ces trois éléments dans le bon ordre qui permet de créer le dispositif de *Learning Matters* [Figure 1]. Ce dispositif prend la forme d'un circuit électronique relativement simple. Il permet ainsi à l'enfant d'appréhender la notion complexe et abstraite de traitement de l'information par la manipulation d'une interface à la fois tangible et numérique (Ishii & Ullmer, 1997).

Ces éléments assemblés pour former un circuit fonctionnel, l'enfant peut interagir sur le capteur via un geste simple - caresser, taper, frotter etc. (décrit dans le Tableau 1). C'est donc bel et bien l'information donnée par le geste qui permet d'activer le signal lumineux du circuit, par retour immédiat.

Le projet s'inspire de dispositifs existants de type *Little Bits* (Bdeir, 2009) qui encouragent les enfants, à partir de 6 ans, à manipuler les composants électroniques d'un système de traitement de l'information. Ici l'association de l'électronique au textile permet de rendre le dispositif *young-child friendly*, c'est-à-dire adapté aux plus-petits. La conception de chaque élément du dispositif est issu d'un processus de conception itératif qui a permis d'adapter, par observation sur le terrain, l'interface aux besoins et aux contraintes du monde de la petite enfance.



*Figure 1 : Les 3 interfaces du dispositif de Learning Matters : batterie-capteur-lumière
(Crédit photo : Quentin Chevrier)*

3. Processus de conception

Le processus de conception du projet *Learning Matters* s'inscrit dans une démarche de recherche à la fois empirique (Zaman et. al, 2012) et écologique (Gibson & Pick, 2003) centrée-enfant. Sa réalisation est le résultat d'une collaboration avec les enseignant-es de maternelle (Hourcade, 2015). En effet, le projet a fait l'objet de nombreux tests en école maternelle avec des enfants de petite, moyenne et grande sections (âgés de 3 à 5 ans) dans trois établissements d'Ile-de-France [Figure 2]. La version présentée dans cet article est le résultat de deux phases d'itérations qui ont eu lieu entre 2019 et 2021 : *version 1* > *version 2* > *version 3* dite *finale* [Figure 3].

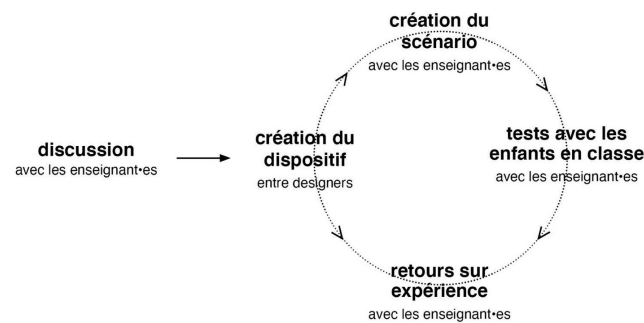


Figure 2 : Processus de conception itératif pour Learning Matters

Version 1 (2019) - La première version du projet était composée uniquement d'éléments hexagonaux relativement plats, qu'il s'agisse de la batterie, du capteur ou de la lampe - ce qui ne permettait pas de les distinguer. De plus, les assemblages étaient réalisés grâce à des boutons pression, dont la prise en main était difficile pour les jeunes enfants. Enfin, les composants électroniques étaient relativement visibles ce qui effrayait certains enfants lors de la manipulation (surtout les batteries).

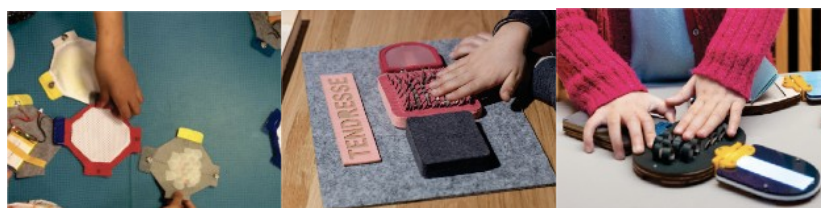
Version 2 (2020) - Tout comme la *Version 1*, les trois types d'interfaces étaient composés de textile. Mais, contrairement à la première version, les éléments du dispositif ont été conçus de manière tridimensionnelle, comme des boîtiers d'une épaisseur d'1 à 2 centimètres environ. Des aimants insérés sur chaque élément assurent un assemblage stable des éléments entre eux. Nous avons observé que ces deux changements facilitaient la manipulation par les jeunes enfants. De plus, nous avons défini des formes distinctes pour chaque type d'élément - batterie, capteur, lampe. Dans cette version, les enfants avaient tendance à vouloir plier ces interfaces, entièrement en textile, et donc très souples au risque de briser les connexions électriques.

Version 3 dite finale (2021) - Pour cette version, nous avons pris en compte les critères suivants :

- La pérennité des dispositifs : nous les avons rendus plus rigides afin de renforcer les connectiques. Seule la surface supérieure de l'interface du capteur est composée de e-textile.
- L'assemblage : Nous avons choisi de garder les aimants ainsi que des formes tridimensionnelles pour faciliter la manipulation par les jeunes enfants. Nous avons également codifié de manière colorée le sens de l'assemblage pour supprimer toute ambiguïté.
- La reproductibilité et la réparabilité : Pour cela, nous avons utilisé un système de "couches" (ou *layers*) assemblées grâce à de petites vis, permettant de

construire et déconstruire facilement chaque élément et ainsi de les réparer facilement.

Grâce à ces dernières modifications, le projet s'inscrit dans la philosophie de transmission ouverte (ou *open-source*), puisque les dispositifs sont facilement reproductibles en fablab ou tiers-lieu de fabrication numérique.



*Figure 3 : Dans l'ordre, les 3 versions du dispositif de Learning Matters (V1, V2, V3 finale)
(Crédit photo : Matthieu Barani, Quentin Chevrier)*

4. Description des dispositifs

Chaque dispositif du projet *Learning Matters* associe trois éléments, composés ainsi :

- Les batteries prennent la forme de blocs rectangulaires composés de bois et de carton gris enveloppant chacun une batterie plate de 3,7V (pouvant se recharger par induction) ;
- Les capteurs en e-textile aux formes géométriques primaires (hexagone, carré, ovale, etc.) sont composés de bois et de carton pour le socle et de textiles divers associés à du textile conducteur (ou métallique) pour la surface supérieure à manipuler (décrit dans le [Tableau 1](#)) ;
- Enfin, les lampes prennent la forme de demi-ovales colorés composés d'une LED plate, ainsi que d'une enveloppe de bois et de PMMA, un polymère thermoplastique transparent.

Dans un processus de recherche en design, la création de chaque capteur a fait l'objet d'une démarche de recherche & développement. Ainsi en tant que designers, nous avons pensé l'ensemble des caractéristiques de l'interface : matérialité, forme et couleur, ainsi que le textile qui pouvait être associé à chaque capteur. En effet, le choix de chacune de ces caractéristiques conditionne la gestuelle des enfants sur le circuit. Ainsi chaque capteur possède sa propre *affordance*, c'est-à-dire sa capacité intrinsèque à exprimer ses formes d'utilisation (Norman, 1999). Par exemple, pour le capteur *Taper*, sur lequel il est nécessaire de taper pour allumer la lampe, nous avons utilisé un textile relativement rigide. À l'inverse pour le capteur *Souffler*, nous avons utilisé un textile léger, que l'on peut mettre en mouvement par un courant d'air. Comme décrit dans le Tableau 1, nous avons utilisé, respectivement, de la feutrine (rouge) et une toile de cerf-volant (bleu clair).

Tableau 1 : Description des capteurs du projet 'learning matters'

Capteur	Geste	Matériau/Couleur	Forme
Taper	<i>Taper du poing au centre</i>	Feutrine épaisse rouge	Hexagonale
Caresser	<i>Caresser de haut en bas</i>	Velours gris	Carrée
Frotter	<i>Frotter avec le bout des doigts les boucles</i>	Cuir vert	Ovale
Souffler	<i>Souffler afin de créer un effet de balancement des pétales de gauche à droite</i>	Toile de cerf-volant bleu clair	Rectangulaire arrondie
Gratter	<i>Gratter du centre vers l'extérieur du capteur (système de pince)</i>	Graines de tapioca recouverte d'un tissu plastique transparent	Ronde
Glisser	<i>Glisser avec l'index sur la forme brodée</i>	Coton rose brodé (en textile conducteur)	Losange
Farfouiller	<i>Farfouiller avec l'ensemble de ses doigts les languettes</i>	Tissu élasthanne orange fluo	Rectangulaire

Dans une pensée à la fois *low-cost* et *low-tech* (Bihouix, 2014), nous souhaitons créer des systèmes relativement simples à fabriquer, réparer et recycler, en fablab (Bouvier, 2015). Pour cela nous avons pris en compte des contraintes à la fois techniques et matérielles. Ainsi, les systèmes électroniques de *Learning Matters* sont analogiques, et donc sans microcontrôleur. Nous avons choisi un minimum de composants électroniques (batteries, LEDs, textile conducteur et bien sûr fils électriques pour les connectiques). Les aimants sont issus de la maroquinerie et les textiles ont été au maximum issus de recycleries. Ces aimants sont accrochés à des connecteurs (jaunes et bleus) imprimés en 3D avec du PLA, une matière plastique d'origine végétale. Enfin, les matériaux utilisés pour les enveloppes, ne sont autres que du carton, du bois (feuilles de bouleau) et du PMMA, des matériaux bien connus des fablabs puisque facilement découpables à la découpeuse laser (Bosqué, 2016).

5. Scénario expérimental

Au sein de la salle de classe et par petit groupe, les enfants sont invités à suivre un scénario expérimental, encadré par un·e médiateur·trice. Un scénario peut se définir comme un ensemble « de concepts applicables à un environnement d'apprentissage » comprenant alors les activités, leurs contenus ou encore les fonctionnalités d'une interface (Decortis, 2015). La scénarisation permet d'observer directement sur le terrain les différentes phases d'appropriation du dispositif par le jeune enfant. Le scénario se déroule comme suit :

1. Exploration : Le·la médiateur·trice présente les éléments du circuit aux enfants, en indiquant leurs noms : batteries (sources d'énergie), capteurs (interrupteurs) et lampes (signaux), et les invite à en prendre un de chaque.
2. Manipulation : En autonomie, les enfants peuvent ensuite assembler le circuit dans le bon ordre.
3. Interaction : Une fois l'assemblage réalisé, le·la médiateur·trice leur demande d'allumer la lumière en faisant un geste sur le capteur sans indiquer quel est ce geste. Les enfants sont donc guidés vers l'activation du circuit, tout en laissant une place à l'exploration active [Figure 4].
4. Retour sur expérience : Le·la médiateur·trice invite chaque enfant à présenter aux autres enfants le geste réalisé pour activer son circuit, et à en faire la démonstration. Cela amène à une discussion autour des ressentis lors de la réalisation de ces gestes sur les capteurs : aux niveaux physique (sensations) et des imaginaires (inférences).

Ce scénario a fait l'objet d'expérimentations en maternelle lors de chaque phase d'itérations du dispositif pendant le processus de conception. C'est sa mise en œuvre qui a permis d'identifier les améliorations du dispositif et d'aboutir à une troisième version dite « finale » (cf. 3. *Processus de conception*).



*Figure 4 : Le projet Learning Matters utilisé par deux enfants de 3 et 5 ans, dans la troisième phase du scénario : l'interaction gestuelle
(Crédit photo : Quentin Chevrier)*

6. Perspectives & Discussion

Dans le cadre de la thèse de Marion Voillot¹, le projet *Learning Matters* fait actuellement l'objet d'une expérimentation dans trois classes de maternelle avec des élèves qui n'ont pas encore testé les anciennes versions. Cette expérimentation possède deux enjeux principaux : (1) évaluer la connaissance des enfants sur les différents composants du circuit : vocabulaire, rôle et sens, avec des pré/post tests, et (2) comparer l'utilisation des capteurs en e-textile avec des interrupteurs classiques on/off sur le processus d'exploration, de compréhension du système et de collaboration entre les élèves.

De plus, la conception actuelle du dispositif permet d'organiser des ateliers de fabrication des interfaces en fablab avec des enfants plus âgés (à partir de 9 ans). Ainsi il ne s'agit plus seulement d'apprendre *par* le numérique mais d'apprendre *sur* le numérique, dans une logique d'artisanat numérique (Chardonnet et al, 2012).

En effet, dans une société où les outils numériques, aussi appelés « boîtes noires » se multiplient (Masure, 2019), il est intéressant de promouvoir de nouvelles pistes d'apprentissage, plus incarnées, c'est-à-dire associant le corps à l'esprit, le geste à la réflexion, dans la découverte des enfants à la culture numérique (Serres, 2015).

Bibliographie

- Antle, A. N. (2013). Research opportunities: Embodied child-computer interaction. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(1), 30-36.
- Antle, A. N. (2013). Exploring how children use their hands to think: An embodied interactional analysis. *Behaviour & Information Technology*, 32(9), 938-954.
- Bdeir, A. (2009, February). Electronics as material: littleBits. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction* (pp. 397-400).
- Berglin, L. (2005, June). Spookies: Combining smart materials and information technology in an interactive toy. In *Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children* (pp. 17-23).
- Berzowska, J., Mommersteeg, A., Rosero Grueso, L. I., Ducray, E., Rabo, M. P., & Moisan, G. (2019, March). Baby Tango: Electronic Textile Toys for Full-Body Interaction. In *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* (pp. 437-442).
- Bihouix, P. (2014). *L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable: Vers une civilisation techniquement soutenable*. Média Diffusion
- Bosqué, C. (2016). *La fabrication numérique personnelle, pratiques et discours d'un design diffus: enquête au coeur des FabLabs, hackerspaces et makerspaces de 2012 à 2015* (Doctoral dissertation, Rennes 2).

¹ Projet de thèse IRCAM-STMS, CRI (Université de Paris), CRD ENS Paris-Saclay/ENSCI-Les Ateliers co-encadré par Frédéric Bevilacqua, Joël Chevrier et Guillian Graves.

- Bouvier-Patron, P. (2015). FabLab et extension de la forme réseau: vers une nouvelle dynamique industrielle?. *Innovations*, (2), 165-188
- Clément, M.-N. (2020). Les 0-6 ans et les écrans digitaux nomades. Évaluation de l'exposition et de ses effets à travers la littérature internationale. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 68(4), 190-195.
- Cibrian, F. L., Weibel, N., & Tentori, M. (2016, September). Collective use of a fabric-based interactive surface to support early development in toddler classrooms. In *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 328-339).
- Decortis, F. (2015). *L'ergonomie orientée enfants: Concevoir pour le développement*. Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France.
- Gibson, E. J., & Pick, A. D. (2003). *An ecological approach to perceptual learning and development*. Oxford University Press.
- Gowrishankar, R., Bredies, K., & Ylirisku, S. (2017). A Strategy for Material-Specific e-Textile Interaction Design. In *Smart Textiles* (pp. 233-257). Springer, Cham.
- Honauer, M., Moorthy, P., & Hornecker, E. (2019, October). Interactive Soft Toys for Infants and Toddlers-Design Recommendations for Age-appropriate Play. In *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play* (pp. 265-276).
- Hourcade, J. P. (2015). *Child-computer interaction*. Self, Iowa City, Iowa.
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997, March). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems* (pp. 234-241).
- Jones, L. A. (2018). *Haptics*. MIT Press Essential Knowledge series
- Masure, A. (2019). Résister aux boîtes noires. *Design et intelligences artificielles. Cites*, (4), 31-46.
- Norman, D. A. (1999). Affordance, conventions, and design. *interactions*, 6(3), 38-43.
- Chardonnet E. sous la direction (2012). *Les artisans du numérique*. Editions HYX.
- Ullmer, B., & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM systems journal*, 39(3.4), 915-931.
- Serres, M. (2015). *Petite poucette*. Le pommier.
- Xu, D. (2005). Tangible user interface for children-an overview. In *Proc. of the UCLAN Department of Computing Conference*.
- Zaman, B., Abeele, V. V., Markopoulos, P., & Marshall, P. (2012). Editorial: the evolving field of tangible interaction for children: the challenge of empirical validation. *Pers Ubiquit Comput* 16, 367-378.
- Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005, April). Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 859-868).

La Course 12--4--90

Xavier Hinaut^{1,2,3,4}

¹Inria, Bordeaux. ²LaBRI, UMR 5800, Université de Bordeaux. ³Institut des Maladies Neurodégénératives, CNRS UMR 5293. ⁴MindLaBDX, Bordeaux.

Résumé. Au commencement était la ligne, théorique et infinie, comme le temps. Cette ligne peut être vue comme une frise temporelle ou spatio-temporelle, comme une bande permettant à une « tête de lecture » de calculer ce qui est calculable. Elle peut être tracée physiquement au fur et à mesure afin de remplir l'espace de motifs improvisés ou calculés. Les performances proposées ici trouvent leurs origines à la fois dans les sciences et les arts afin de tisser des liens, des lignes de contact, entre les perceptions scientifiques et artistiques, trop souvent perçues comme disjointes. Nous verrons notamment comment lier le travail de Alan Turing à celui de Keith Haring, deux icônes scientifiques et artistiques majeures du XX^{ème} siècle, lors d'interactions entre un petit robot Ozobot et un humain qui dessinent des trajectoires et « code-instructions » pour ce robot.

Mots-clés. Ligne ; robot ; code ; performance.

Introduction

En 1890, Guiseppe Peano (Peano, 1890) proposait une façon de construire des courbes continues permettant théoriquement de remplir la totalité d'une surface. Cet étrange objet mathématique permet ainsi de remplir un espace en deux dimensions, comme une feuille de papier, en n'utilisant que des formes unidimensionnelles, comme la ligne d'un trait de crayon. Keith Haring a produit de nombreuses œuvres et performances en traçant des lignes sur différents supports (Montez, 2020), comme si tout l'espace devait être rempli à la manière d'une courbe de Peano.

Tracer une ligne demande du temps, et cette ligne représente donc également ce temps qu'il a fallu pour la tracer, ou le temps qu'il faudra à un robot Ozobot pour la suivre. Dans une performance proposée ici, l'humain devra justement maximiser ce temps en trouvant le moyen de tracer la ligne la plus longue possible afin d'échapper au robot. Ces lignes tracées pour le robot peuvent également contenir une succession d'instructions sous forme de motifs visuels, qui lui permettent par exemple de changer de direction ou de s'arrêter. Si l'on imagine que cette ligne est un ruban parcouru d'une série d'instructions où une tête de lecture se déplace, le robot Ozobot devient une analogie simplifiée de la Machine de Turing (Turing, 1937). Cet objet théorique qu'est la Machine de Turing est à l'origine des ordinateurs et donc des technologies actuelles.

Ces progrès technologiques ont ce côté ambivalent pouvant permettre un progrès sociétal et en même temps être une source d'asservissement (e.g. « l'ubérisation »). Cet asservissement est d'ailleurs à l'origine du mot robot (*robota* qui vient du Tchèque, « travail forcé »).

La numérisation et la robotisation de notre société nous sont souvent présentées comme un progrès évident (e.g. les voitures autonomes). Mais elles donnent également l'impression d'une marche forcée où l'humain n'aurait pas d'autre choix que de se lancer dans la course afin de ne pas se faire rattraper par ces technologies. En même temps, ces

technologies peuvent nous permettre d'ouvrir de nouveaux espaces de créativité inaccessible auparavant.

C'est cette ambivalence que nous voulons montrer dans les deux courses proposées dans ces performances, d'une part la course AT (Alan Turing) où l'humain doit échapper au robot, et d'autre part la course KH (Keith Haring) où l'humain exploite le robot pour sa propre créativité.

Cette créativité vient en s'échappant du robot par le travail de la ligne, en manipulant l'espace à la manière de Keith Haring ou de Giuseppe Peano.

1. Méthodes

1.1. Le robot Ozobot

Les robots Ozobot (Ozobot, 2020) sont de petits robots conçus pour le grand public et l'éducation (Romero et al. 2018, Fojtik 2017). Ils sont de la largeur d'un pouce et sont dotés de capteurs et programmes permettant de suivre des lignes noires imprimées ou tracées au feutre. Leur particularité est qu'ils peuvent lire des « code-instructions » qui sont incluses sur ces lignes qu'ils suivent, comme pourrait le faire la tête de lecture d'une Machine de Turing (Turing, 1937). Ces robots sont également utilisés pour d'autres domaines de recherche scientifique que l'éducation, par exemple pour tester en pratique des algorithmes théoriques de recherche de chemin impliquant plusieurs agents appelés algorithmes de *Multi-Agent Path Finding (MAPF)* (Barták 2018) : leur objectif est de trouver des chemins de déplacement pour un nombre fixe d'agents tout en évitant les collisions.

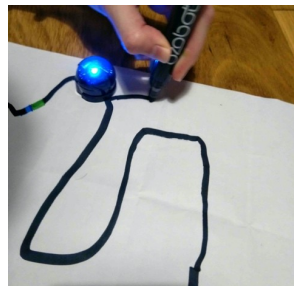


Figure 1 : Humain traçant une ligne devant le robot Ozobot pour lui offrir un nouveau chemin.

Sur la Figure 1, on peut voir un exemple de robot Ozobot suivant des lignes noires tracées par un humain ; l'image permet de se rendre compte de la petite taille des robots. Sur la Figure 2, on peut voir des exemples de code-instructions que le robot Ozobot pourra lire en suivant les lignes et interpréter comme autant de commandes à exécuter.

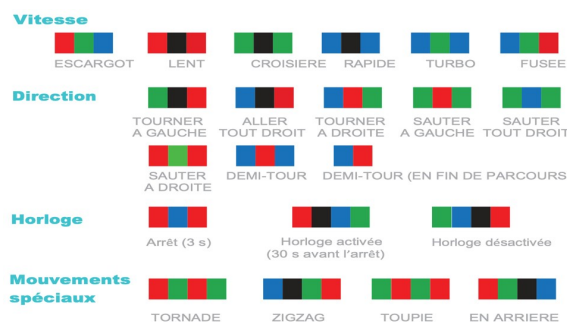


Figure 2 : Exemples de code d'instructions Ozobot. Image de (Ozobot, 2020).

2. Expérimentations

Nous appelons « humain » la personne, ou sujet, qui va interagir avec le robot, comme si elle était sujet d'une expérience scientifique.

2.1. La course AT

Dans la course AT (Alan Turing), une unique ligne va être dessinée par l'humain en référence à la machine de Turing. Cette machine imaginaire et théorique se compose d'une tête de lecture (et d'écriture) qui se déplace sur un ruban infini (voir Figure 3) : elle est guidée, comme le robot Ozobot, par les instructions qui sont écrites sur chaque case de ce ruban. À la différence du robot, la machine de Turing peut également écrire ou effacer des instructions sur ces cases. La machine de Turing peut réaliser n'importe quel programme qui peut être exécuté par un ordinateur. Elle a même des capacités encore plus générales : elle est la base théorique de ce qu'un ordinateur peut calculer. Lorsque la machine de Turing exécute un programme cela correspond à réaliser l'ensemble des instructions lues ou écrites par la tête de lecture.

Une question soulevée par l'exécution d'un programme par la machine de Turing est de savoir si la tête de lecture va finir par s'arrêter, indiquant que l'exécution du programme est terminée), ou au contraire lire et écrire pendant un temps infini sur ce ruban sans jamais s'arrêter. Ce problème est également connu des mathématiciens, et l'on doit à Kurt Gödel et ses théorèmes d'incomplétude les premiers jalons théoriques permettant de séparer ce qui est calculable de ce qui ne l'est pas.

Cette course illustre dans une certaine mesure ces notions d'infini et de calculabilité. Les déplacements du robot sur la ligne unique que dessine l'humain (comme la bande unique de la machine de Turing) sont potentiellement sans fin : le problème que résoudrait le programme serait alors non calculable. Bien sûr, ni le robot ni l'humain ne peuvent se permettre une course infinie en pratique, car ils sont soumis à la fatigue et au besoin de recharger leurs batteries. On peut donc considérer qu'il y aura forcément un «

perdant » : soit l'humain se fait rattraper par le robot, soit le robot a un problème technique ou vient à manquer de batterie.

Cette illustration de la machine de Turing peut être étendue jusqu'à la simulation de « bogues » (*bug* en anglais) dans les instructions. En effet, si l'humain fait des lignes trop fines, discontinues ou avec des angles trop importants, le robot ne pourra suivre la ligne et va s'arrêter. Cela correspond à une « faute » de la part de l'humain ou à de « l'anti-jeu » : la course s'arrête et l'humain a perdu.

Lors de cette course l'humain explore les codes instructions de façon forcée. Il n'a pas vraiment le temps, il explore de façon aléatoire. Dans la sous-section suivante, nous verrons qu'avec l'expérience, à force de répéter ces courses AT, l'humain développe une certaine méthode pour mieux échapper au robot.

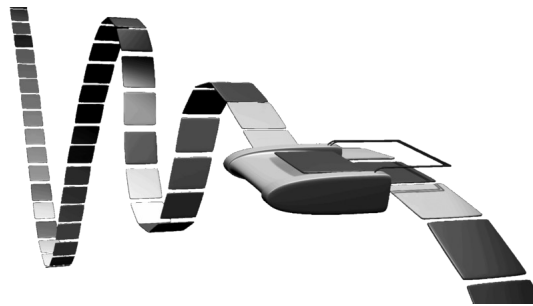
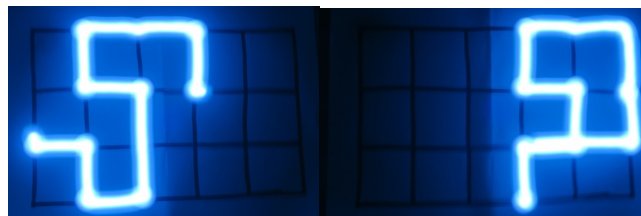


Figure 3 : Vue d'artiste d'une Machine de Turing. Source image : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maquina.png>

2.2. Transition de la course AT à la course KH

Au début de l'interaction entre l'humain et le robot, l'humain tente d'échapper à la machine par des trajectoires erratiques, sans volonté esthétique. Au fil des interactions, l'humain finit cependant par développer des motifs qui lui permettent de gagner du temps, et d'échapper plus facilement au robot. Il s'agit ici d'aller à contre-courant de l'idée de développement de robots « intelligents » : les échecs successifs profitent à l'humain uniquement, en jouant sur ses mécanismes d'apprentissage. Le robot n'apprend rien. Au bout d'un certain temps, ces courbes tendent naturellement à développer une certaine esthétique.



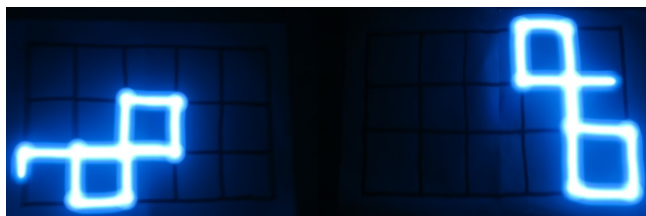


Figure 4 : Trajectoires « browniennes » du robot Ozobot obtenues par longue exposition dans le noir. Le circuit est composé d'une grille d'intersection sans code-instructions de couleurs : à chaque intersection le robot choisi aléatoirement un chemin, cela illustre un mouvement aléatoire ou « brownien ». Les trajectoires ont été obtenues avec des temps de pause de 30 secondes.

Il est possible de comparer l'esthétisme de l'évolution de ces trajectoires de moins en moins erratiques à l'esthétisme de courbes issues d'un mouvement brownien. Ces trajectoires peuvent être capturées par la traînée de lumière laissée par le robot lors d'une longue exposition dans le noir avec un appareil photo, comme illustré sur les Figures 4 et 5. La Figure 4 montre des images de trajectoires « browniennes », qui correspondent aux mouvements aléatoires du robot à chaque intersection alors qu'aucun code-instruction n'est donné. Ces trajectoires aléatoires peuvent servir de « référence esthétique » afin de les comparer à des trajectoires créées par l'humain comme sur la Figure 5. Cette dernière illustre une étape où l'humain arrive à échapper au robot : l'humain est incité à développer des motifs de plus en plus complexes et potentiellement de plus en plus raffinés et intentionnels dans leur esthétique.



Figure 5 : Trajectoire correspondant à une étape intermédiaire de la course AT, où l'humain commence à faire des courbes, qui tendent naturellement à développer une certaine esthétique, pour échapper au robot tout en remplissant assez bien l'espace.

Ces images de trajectoires obtenues avec une longue durée d'exposition pourront être exposées lors de la performance afin que le spectateur puisse accéder simultanément à des dimensions cachées de l'œuvre. Ces visualisations seront utiles pour l'esthétisme et

pour le côté ludique et explicatif pour le public, notamment pour expliquer l'influence des conditions initiales sur les trajectoires. Si d'une autre position le robot commence à lire une instruction dans un sens ou dans l'autre alors cela n'aura en général pas le même effet, car les codes correspondent à des instructions différentes lorsqu'on prend leur symétrie. De même, si le robot commence à lire telle instruction avant telle autre cela n'aura pas le même effet sur la trajectoire globale. Cela pourrait être une façon d'initier les spectateurs à la théorie du chaos (Gleick, 1991). Ces visualisations permettront de voir aussi l'influence des instructions d'accélération et de décélération, mais cela est assez dur à obtenir car en faible luminosité le robot perçoit moins bien les couleurs. Ces visualisations pourront être exposées même en dehors des temps de la performance afin de laisser une trace visible aux visiteurs de la performance. L'humain va également découvrir qu'une façon rapide de faire des tracés où le robot ne risque pas de se retrouver bloqué et de perdre est de faire des tracés rectilignes par morceaux. Il pourra également découvrir des formes comme celles de Giuseppe Peano (Peano 1890), qui permettent de bien remplir l'espace et tendent naturellement à développer une autre esthétique que précédemment. Un tel dessin est illustré Figure 6.

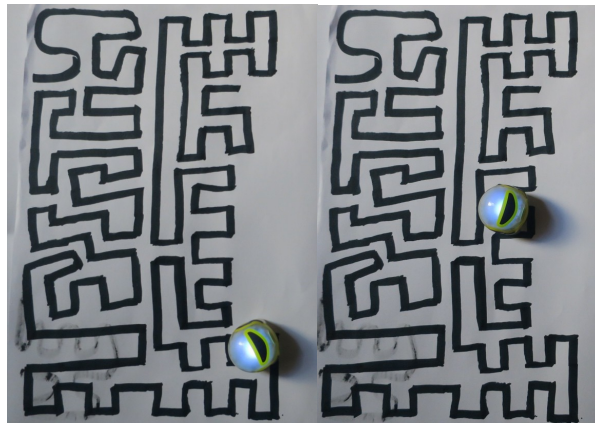


Figure 6 : Robot Ozobot se déplaçant sur un dessin exploitant des tracés rectilignes plus fiables et des formes inspirées des courbes de Peano.

A la fin de cette transition entre la course AT et la course KH, l'humain a trouvé des motifs de courbes et des code-instructions qui font ralentir le robot, comme ceux qui font faire une danse au robot.

2.3. La course KH

La course KH (Keith Haring) apparaît dans le prolongement de la course AT. En effet, lorsque l'humain développe des motifs suffisamment complexes pour tenir le robot à distance, ou a minima sous un certain contrôle, il pourra constater l'émergence d'une

esthétique dans sa propre création. Peut-être même aura-t-il pris l'initiative de rechercher cette esthétique en parallèle de la tenue de la course. Cette esthétique de la ligne courante, continue, est à rapprocher de celle développée par Keith Haring dans son œuvre.

Comme s'il s'inscrivait dans la continuité d'Alan Turing, dès l'âge de 20 ans Keith Haring se questionnait sur le moment où arrêter de dessiner ses lignes, s'il existait. Dans un carnet de croquis de 1978 il note « Pourquoi ne l'as-tu pas fini ? » au-dessus d'un dessin, avec la réponse suivante en dessous « Le dessin est 'achevé' dès l'instant où tu commences avec le premier trait. Il y a des endroits où tu peux 'arrêter' le dessin et le déclarer 'terminé' jusqu'à ce que le temps et l'espace soient eux-mêmes 'terminés'. Il y a toujours un nombre infini de choses que tu peux ajouter à la composition, le problème est de savoir quand s'arrêter. La beauté, c'est savoir quand s'arrêter. Je choisis quand m'arrêter. Je choisis quand m'arrêter, mais mon travail n'est à la fois jamais et toujours 'terminé' ... » (Haring, 2011, Buchhart 2013).

Durant ses performances Keith Haring faisait des dessins en remplissant peu à peu l'espace en partant d'un coin et en faisant des lignes qui deviennent des « objets », des symboles, qui emplissent toute la surface à remplir (voir Figures 7 et 8). Ces objets peuvent rester en contact ou ne pas se toucher ; dans nos expériences ces lignes doivent bien sûr rester continues. Si une discontinuité apparaît cela correspond à une volonté de ne plus être en interaction avec le robot. A moins que ne soit utilisée une instruction qui indique au robot de s'échapper de la ligne : à ce moment-là l'interaction n'est pas coupée, et elle est au contraire voulue et permet de donner au robot de s'affranchir de la ligne. Cette dernière option peut donner lieu à une nouvelle qualité d'interaction. Ce type d'interaction moins contrôlée ne sera que peu abordée étant donné qu'elle questionne la fiabilité et la reproductibilité de l'interaction, ce qui n'est pas le propos ici.

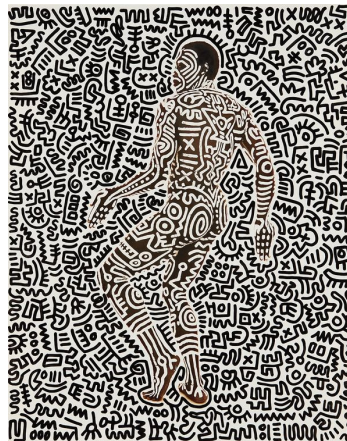


Figure 7 : Peinture de Keith Haring où la composition interagit avec le corps humain. Les lignes remplissent tout l'espace de la toile « rythmé » et « dense », avec un aspect « décoratif ». Keith Haring, Untitled (Bill T. Jones), 1984. Source image : <https://www.phillips.com/article/8188152/keith-haring-body-as-canvas>



Figure 8 : Performance de Keith Haring peignant une toile en se plaçant lui-même dans un coin de l'œuvre.

Source image : <https://www.pinterest.fr/pin/165225880059229665/>

Grâce à ces premières courses qu'il a réalisées, l'humain a acquis de l'expérience et il peut à présent explorer non pas de façon erratique comme au début, mais de façon créative : l'humain va se servir de cette interaction avec le robot pour créer des formes en cherchant l'esthétisme. Il va par exemple créer des dessins qui ressemblent à ceux de Keith Haring. Ces formes ont l'avantage d'être à la fois « rythmées » et de remplir l'espace pour créer les trajectoires les plus longues possibles et ainsi faire durer l'interaction longtemps.

L'humain explore les codes d'instructions qui deviennent pour la performance des codes d'interaction. L'humain utilise certaines formes symétriques qu'a pu faire Keith Haring comme le dessin en forme de « double chien » : l'humain met les mêmes codes d'un côté et de l'autre de l'axe de symétrie du chien. Cela permet de montrer au spectateur la différence entre l'accélération et le ralentissement. Au centre de cette symétrie l'instruction de demi-tour a alors parfaitement sa place, car elle est symétrique par sa forme et correspond donc à la même instruction lue dans les deux sens. La Figure 9 présente la forme du « chien à double tête » qui est exploitée de façon créative avec les code-instructions.

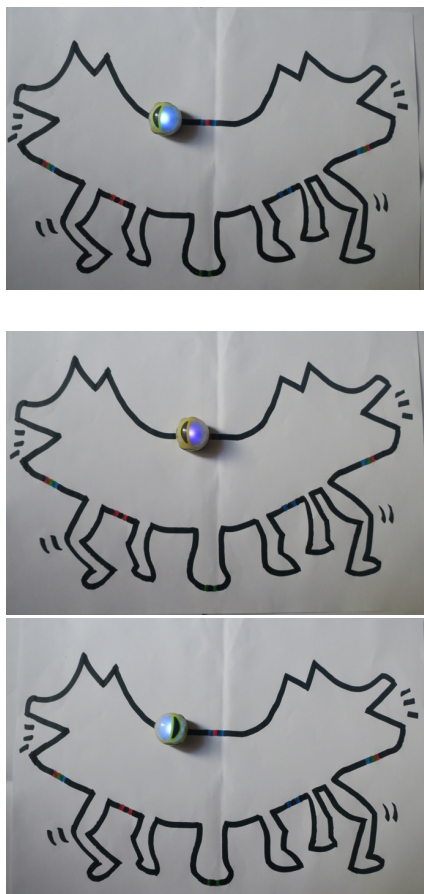


Figure 9 : Dessins de « chien à double tête » inspirée de Keith Haring avec six code-instructions. (haut) Robot Ozobot se dirigeant vers l'instruction « demi-tour », (milieu) la lisant, (bas) puis faisant demi-tour. Ce dessin exploite la symétrie centrale du chien et celle des code-instructions en même temps. Certains code-instructions exploités ici sont ceux de changement de vitesse car le code symétrique « d'escargot » produit l'instruction inverse de « fusée ». Ainsi pour un code faisant ralentir, son symétrique fera accélérer. Le code « demi-tour » est le symétrique de lui-même, c'est un palindrome, c'est pour cette raison qu'il complète la figure et les interactions : il permet d'illustrer doublement les symétries, car tous les codes seront lus dans les deux sens. Les codes « lent », « croisière » et « rapide » sont également des palindromes.

3. Discussion

Sans connaissances préalables l'humain débute par une marche forcée, une marche pour échapper au robot. Il explore aléatoirement, sans intention esthétique, l'espace qui lui est donné. Puis, peu à peu il apprend, sans forcément s'en apercevoir il développe une

méthode pour mieux remplir l'espace, et ainsi mieux retarder le robot. Il apprend les code-instructions qui lui sont le plus utiles. Puis, il va exploiter ce nouvel « outil » pour faire des dessins plus créatifs, et ne plus considérer le robot comme une contrainte mais comme un partenaire permettant de s'exprimer dans l'interaction avec une dimension artistique.

L'évolution des dessins et interactions au cours des courses ne fait pas seulement apparaître des intentions esthétiques. En interagissant avec le robot, l'humain va dessiner des trajectoires qu'il n'aurait pas nécessairement fait spontanément. Le robot permet donc à l'humain de penser hors des sentiers battus : la créativité est souvent augmentée sous contraintes, comme ce fut le cas pour Keith Haring où son style a émergé en partie avec les contraintes de ses supports. Au final, même si tortueuse, cette interaction est bénéfique à l'humain, le robot lui n'en tire rien « techniquement » ; on pourrait dire que le robot en tire parti « socialement » : « d'oppresseur » il est passé à compagnon de route. En prenant du recul, l'humain va se rendre compte de la force créative de sa propre proposition. Ces créations viennent de la synergie entre l'humain et le robot. La dimension symbolique de la performance est donc double. D'abord, c'est la course effrénée qui pèse sur l'humain, qui ne peut rien faire que subir la technologie. Puis, l'humain apprend à apprivoiser cette technologie et à l'exploiter pour sa propre créativité.

Ces courses permettent de relier symboliquement les quatre années qui séparent la mort d'une icône scientifique (Alan Turing) en 1954 de la naissance d'une icône artistique (Keith Haring) en 1958 tous les deux épris de lignes et rattrapés par le/leur temps.

4. Remerciements

Je tiens à remercier vivement Nathan Trouvain, Émilie Ribault et Nathalie Man. Nathan Trouvain pour ses idées, ses conseils, ainsi que ses nombreux et riches commentaires sur l'écriture de cet article, notamment sur l'expérience esthétique et la dimension symbolique. Émilie Ribault pour ses conseils et idées sur les photographies et la dimension symbolique. Nathalie Man pour ses conseils artistiques au début du projet.

Bibliographie

- Barták, R., Švancara, J., Škopková, V., & Nohejl, D. (2018, November). Multi-agent path finding on real robots: First experience with ozobots. In *Ibero-American Conference on Artificial Intelligence* (pp. 290-301). Springer, Cham.
- Gleick, J. (1991) *La théorie du chaos : vers une nouvelle science*. Flammarion.
- Haring, K. (2011) *Cat. exp.*, New York, Gladstone Gallery.
- Buchhart, D. (2013) *Keith Haring, The Political Line*. Cat Exp. Actes Sud. Paris-Musées, les musées de la ville de Paris. ISBN : 9782759602162

- Romero, M., Noirpoudre, S., & Viéville, T. (2018). Que disent les sciences de l'éducation à propos de l'apprentissage du code ? *Revue de l'EPI (Enseignement Public et Informatique)*.
- Fojtik, R. (2017). The Ozobot and education of programming. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 4(5).
- Montez, R. (2020). *Keith Haring's Line: Race and the Performance of Desire*. Duke University Press.
- Ozobot: Robots to code, create, and connect with. (Accédé en novembre 2020) URL: <https://ozobot.com>
- Peano, G. (1890). Sur une courbe, qui remplit toute une aire plane. *Mathematische Annalen*, 36(1), 157-160.
- Turing, A. M. (1937). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London mathematical society*, 2(1), 230-265.

Annexes

Cette section comprend des photos de la première performance publique, en interaction avec le public. Elle a eu lieu lors de la [conférence « Drôles d'objets »](#), à La Rochelle, le 28 octobre 2021 à la bibliothèque universitaire. Les participants devaient rentrer dans le « cadre » proposé et je leur donnais des instructions minimalistes sur ce qu'ils devaient faire, afin de les influencer le moins possible et de les laisser découvrir par eux-mêmes. S'ils ne posaient pas de questions, ils avaient seulement l'instruction minimale « Il faut que tu échappes au robot en traçant une ligne. ». Au fur et à mesure que les différents participants généraient leurs œuvres, elles étaient intégrées dans le « cadre » : cela avait pour effet de pouvoir mécaniquement élargir ce cadre afin d'accueillir plus de participants à la fois.



Premier participant (intervenant à la conférence).





Le « cadre » s'étant élargi, plusieurs ont pu intégrer la performance en simultané.



Vue aérienne d'un groupe de participants.



(à droite) Participant qui a exploré durant un certain temps, lui permettant de redécouvrir des concepts décrits dans l'article. (à gauche) Résidu d'un bout de performance réalisée par l'auteur sur l'article fondateur de Turing, faisant parcourir le robot sur plusieurs pages.



Des familles avec leurs enfants participants à la fin de l'expérience. Les enfants ont hésité à participer au départ, ne voyant que des adultes dans la performance.

Pinobo : une tête et un bras robotique bio-inspirés et low-cost

Arnaud Blanchard¹ and Alexandre Pitti¹

¹ETIS lab. Cergy-Pontoise, 95000, FRANCE firstname.lastname@ensea.fr

Afin d'améliorer l'interaction homme-robots, nous proposons la conception de robots légers à compliances variables qui sont faits pour être touchés. Ils sont bio-inspirés et c'est grâce à une synergie de moteurs redondants tirants sur des câbles comme des muscles que l'on obtient des mouvements fluides, réversibles et silencieux. Un système d'apprentissage basé sur une simulation de réseaux de neurones, embarquée sur une Raspberry Pi, permet au robot d'évoluer et d'apprendre à se mouvoir de mieux en mieux (voir l'exemple avec une tête robotique [1, 2])

Nous avons focalisé le design sur la simplicité. Cela permet de réduire drastiquement les coûts mais aussi de tester facilement des variantes, de ne pas craindre de l'abimer et de ne requérir que des composants courants dans un atelier. En s'inspirant du vivant nous avons simplifié l'interfaçage de la Raspberry Pi avec les moteurs et les capteurs. Comme les neurones, nous utilisons un codage en fréquence ce qui permet de ne pas nécessiter de convertisseurs analogiques/numériques (amélioration par rapport à [1]).

Nous vérifierons si le fait d'interagir avec un objet qui ne semble pas s'opposer au mouvement (pas d'engrenage, pas de bruits, pas de frottement) tout en ayant sa propre dynamique qui évolue est plaisant. Grâce à une caméra intégrée dans la tête et deux microphones stéréos il interagit en fonction de stimuli visuels et auditifs. Une interface web Fig. 1 permet de contrôler le robot via une tablette ou un téléphone portable.

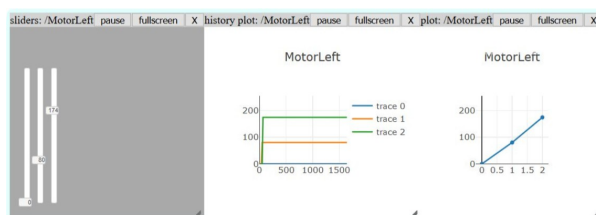


Figure 1 : Illustration de l'interface permettant de monitorer et contrôler le robot

Nous proposons une installation artistique et éducative constituée d'un bras parfois surmonté d'une tête permettant de tester la perception chez l'homme du caractère vivant d'un tel objet, qu'il soit morphologiquement proche d'un humain ou non (Fig. 2). Cette technique économique et facile à reproduire avec des outils classiques (idéalement un fablab) nous permettra de montrer au public comment produire ce type d'objets à des fins éducatives, artistiques ou ludiques.



Figure 2 : Version initiale du prototype de la tête et du bras robotique.

References

- [1] A. Blanchard and D. Mebarki, "The neck of pinobo, a low-cost compliant robot," in *Biomimetic and Biohybrid Systems*, V. Vouloutsi, J. Halloy, A. Mura, M. Mangan, N. Lepora, T. J. Prescott, and P. F. Verschure, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp.40–51.
- [2] A. Blanchard, "Pinobo: A bio-inspired compliant robot," <http://blaar.org/pinobo.html>, ETIS Laboratory, 2018.

Focus sur l'expérience : incarner des dilemmes philosophiques pour la robotique sociale

Ioana Ocnarescu, Estelle Berger & Isabelle Cossin

i.ocnarescu, e.berger, i.cossin [@strate.design]

Strate Ecole de Design, Sèvres, France

Le design d'expérience

La manière de penser, de faire et d'agir des designers [1], [2] implique de traiter des problèmes complexes non seulement par une approche rationnelle mais aussi en engageant des approches sensibles et incarnées. Cette façon de concevoir, qui porte le nom de design d'expérience, se concentre sur le vécu affectif et relationnel des individus au sein du monde qui nous entoure. Il s'agit donc de concevoir des dispositifs comme conditions et supports de l'expérience humaine, plutôt que comme artefacts isolés. Ainsi les résultats issus d'un processus de design d'expérience ne sont pas des « solutions », mais des prototypes expérientiels qui ont un rôle pour incarner, discuter et réfléchir sur une problématique [3]. Dans le contexte des technologies émergentes telles que la robotique sociale, les designers peuvent proposer de multiples formes et scénarios de vie, allant jusqu'au spéculatif. C'est alors une réflexion sur l'implication de ces propositions dans notre quotidien que les designers mettent en scène [4]. L'objectif de cet atelier est d'expérimenter comment une approche basée sur l'expérience peut être vectrice de réflexion pour des situations complexes, telles que les dilemmes éthiques dans le champ de la robotique sociale.

Dilemmes éthiques et robotique sociale

Avec l'arrivée de la robotique sociale et l'intérêt industriel dans ce domaine, plusieurs chercheurs ont montré l'importance de l'éthique en amont de la conception, donc de l'introduction des robots dans la vie quotidienne. Travailler sur les dilemmes éthiques est un outil pour mieux comprendre la complexité des problématiques induites par ces technologies émergentes. Ces dilemmes que l'on appelle aussi « conflits de valeurs » sont des récits de situations où les valeurs et les principes entrent en opposition et rendent les décisions difficiles¹. Dans la communauté de Roboethique², les chercheurs appellent à prendre des mesures protectrices pour éviter les scénarios dystopiques. Par exemple, face aux inquiétudes relatives à l'arrivée de la robotique dans les soins aux personnes âgées, la qualité de vie devrait toujours être prioritaire et garantie [5]. Telle est

¹ Qu'est-ce qu'un dilemme éthique ? Sur le site de la "Commission de l'éthique en science et technologie" de Québec : <http://www.ethique.gouv.qc.ca/fr/ethique/quest-ce-que-lethique/quest-ce-quun-dilemme-ethique.html>

² En 2004 a eu lieu le premier symposium international de la « Roboethique » (<http://www.roboethics.org/>) organisée par School of Robotics où pour la première fois le chercheur Gianmarco Veruggio a utilisé le mot « Roboethique » ("Roboethics" en anglais).

également la priorité des designers. Travailler sur des dilemmes éthiques à travers la conception d'expériences pourrait être un moyen d'ouvrir des discussions et d'expérimenter des cas d'utilisation avant l'arrivée de la robotique sociale. Plus largement, ces discussions méritent d'être portées dans la conception de robots et d'expériences, afin de garantir un objectif humaniste pour les personnes qui vivront avec.

Description de l'atelier

En regroupant plusieurs sources [5]–[9], nous avons synthétisé 7 dilemmes éthiques, présentés aux participants sous forme de cartes illustrées (Fig. 1). Nous proposons d'utiliser ces dilemmes comme supports de réflexion et d'idéation pour imaginer de futurs scénarios de robotique sociale, à l'aide d'outils du design d'expérience. Les participants seront d'abord invités à traduire une situation de vie mettant en jeu l'un des dilemmes sur une *experience map* (Fig. 2).



Fig. 1. Exemples de cartes dilemmes

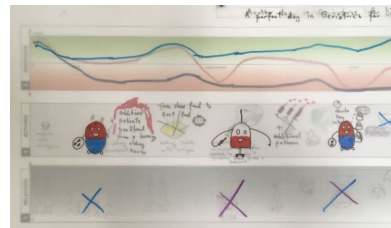


Fig. 2. Exemple d'une 'expérience map' remplie

Cela permet d'adopter le point de vue de celui ou celle qui sera au centre du processus de design. Il s'agit ensuite d'imaginer des scénarios alternatifs, en faisant varier un ou plusieurs paramètres de la situation (émotions, actions, relations, imaginaires). Les participants prennent ainsi conscience de la complexité du vécu, et des multiples manières de concevoir pour l'expérience. Enfin, l'atelier se clôture avec une discussion à l'appui de prototypes expérientiels proposés dans un workshop mené avec des designers sur une thématique similaire.

Public attendu

L'atelier se destine aux chercheurs, professionnels et amateurs, intéressés par le design des robots, l'interaction homme-robot, l'éthique des technologies et de la robotique sociale.

Bibliographie

- [1] N. Cross, "Designerly ways of knowing," *Des. Stud.*, vol. 3, no. 4, pp. 221–227, Oct. 1982.
- [2] B. Archer, "Designerly Ways of Knowing," vol. 3, no. 4, pp. 1–13, 1982.
- [3] E. Berger, "Embodying Design Practice . Designers ' Experience and the Chakra

Model," in *International Association of Societies of Design Research Conference 2019*, 2019.

- [4] Anthony Dunne and Fiona Raby, "Design for Debate," 2007. [Online]. Available: <http://www.dunneandraby.co.uk/content/bydandr/36/0>.
- [5] A. Sharkey and N. Sharkey, "Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly," *Ethics Inf. Technol.*, vol. 14, no. 1, pp. 27–40, 2012.
- [6] A. Fleres, "Il rapporto Delvaux. Studio filosofico di un tentativo di regolamentazione della robotica in Europa," 2017.
- [7] A. Sharkey, "Robots and human dignity: a consideration of the effects of robot care on the dignity of older people," *Ethics Inf. Technol.*, vol. 16, no. 1, pp. 63–75, 2014.
- [8] N. Sharkey and A. Sharkey, "The crying shame of robot nannies An ethical appraisal," *Interact. Stud. - INTERACT STUD*, vol. 11, Jan. 2010.
- [9] R. Sparrow and L. Sparrow, "In the hands of machines? The future of aged care," *Minds Mach. J. Artif. Intell. Philos. Cogn. Sci.*, vol. 16, no. 2, pp. 141–161, 2006.

Posters

De l'utilisation de la fouille de motifs séquentiels et temporels pour analyser les réactions d'utilisateurs lors d'interactions avec des objets innovants

Chollet Mathieu

IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire (France)

L'observation d'utilisateurs en interactions avec des objets ou des systèmes est l'un des outils les plus précieux pour la compréhension de l'activité et du comportement de ceux-ci. Fréquemment utilisée par les ergonomes pour récolter des données sur les modèles mentaux des utilisateurs en interactions par leurs verbalisations (*ex. think-aloud*). Au-delà de ces verbalisations, le comportement non-verbal d'utilisateurs (expressions faciales, changements de postures, regard), notamment après certains événements, est aussi inestimable en ce qu'il peut permettre d'analyser les réactions immédiates de ceux-ci, potentiellement révélatrices (cf. les *Honest signals* de [Pentland, 2008]). Cette analyse nécessite des outils adaptés afin de faire face à la complexité du comportement et de sa combinatoire. Je présenterai ici des techniques de fouilles de motifs séquentiels qui me semblent disposer d'un fort potentiel pour mener ces explorations.

La fouille de motifs séquentiels (*sequential pattern mining*) est un ensemble de techniques dont le but est l'extraction de motifs fréquents dans des données de nature séquentielle. Un des intérêts de ces techniques est que les séquences extraites ne sont pas forcément constituées d'événements contigus. Ainsi, des séquences d'événements régulières pourront être identifiées même si d'autres événements, indépendants, sont parfois observés au milieu de cette séquence. Le problème de la fouille de motifs séquentiels peut être considéré comme un cas particulier du problème de fouille de règles d'associations (*association rule learning*) [Massegia et al., 2004]. Ce type de techniques a été utilisé dans des domaines très divers, comme l'analyse des protéines de l'ADN [Ferreira & Azevedo, 2005], mais aussi pour analyser le comportement, par exemple pour l'analyse des affects de personnes jouant à des jeux vidéo (*ex. frustration*) par rapport aux séquences de touches qu'ils pressent [Martínez & Yannakakis, 2011], pour extraire des séquences de comportements non-verbaux caractéristiques de différentes émotions ou attitudes [Chollet, 2015], du rapport interpersonnel [Zhao et al., 2016] ou de l'émergence de la curiosité en groupe [Paranjape et al., 2018].

Dans le contexte de l'observation d'interactions d'utilisateurs avec des objets innovants, tels que des robots sociaux, ce type de méthode permettra d'analyser de manière objective les réactions d'utilisateurs en rapport avec des événements pertinents. Par exemple, les réactions d'utilisateurs à la suite de la découverte d'une nouvelle fonctionnalité ou affordance d'un objet, ou à la suite d'un comportement ou d'une prise de parole d'un robot social, pourront servir de références particulièrement pertinentes. Les techniques de fouille de motifs séquentiels permettront d'extraire des séquences de comportements utilisateurs fréquemment observées à la suite de ces références,

caractérisables selon diverses mesures de qualité (fréquence, support, etc), qui pourront ensuite servir de guide à l'exploration objective des données obtenues lors de ces observations.

- Chollet, M. (2015). Agents Conversationnels Animés pour l'entraînement social : modèle computationnel de l'expression d'attitudes sociales par des séquences de signaux non-verbaux. Thèse de doctorat, Télécom Paristech.
- Ferreira, P. G. & Azevedo, P. J. (2005). Protein sequence classification through relevant sequence mining and bayes classifiers. In C. Bento, A. Cardoso, & G. Dias (Eds.), *Progress in Artificial Intelligence*, volume 3808 of *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 236–247). Springer Berlin Heidelberg. 88
- Martínez, H. P. & Yannakakis, G. N. (2011). Mining multimodal sequential patterns: a case study on affect detection. In *Proceedings of the 13th International Conference on Multimodal Interfaces* (pp. 3–10). New York, NY, USA: ACM. 88
- Paranjape, B., Bai, Z., & Cassell, J. (2018). Predicting the temporal and social dynamics of curiosity in small group learning. In *International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 420-435). Springer, Cham.
- Pentland, A., & Heibeck, T. (2008). *Honest signals*. MIT press.
- Zhao, R., Sinha, T., Black, A. W., & Cassell, J. (2016). Socially-aware virtual agents: Automatically assessing dyadic rapport from temporal patterns of behavior. In *International conference on intelligent virtual agents* (pp. 218-233). Springer, Cham.

Un robot dans les foyers Deux jours avec Pepper

Dominique Deuff (Orange, Lannion)

Enrique Coronado (GVlab, Tokyo)

Isabelle Milleville (LS2N, Nantes)

Ioana Ocnarescu (Strate Design, Sèvres)

Gentiane Venture (GVlab, Tokyo)

Les robots dits sociaux, tels que Pepper, Nao, Buddy, s'ils sont connus à travers les médias et les événements publics (salons, expositions, démonstrations, magasins, etc.), ont peu été étudiés auprès du grand public dans un environnement personnel tel que la maison.

Dans le cadre de travaux de recherche réalisés en collaboration, nous nous interrogeons sur le vivre ensemble avec ce type de « machines sociales » en nous focalisant sur leur impact et acceptabilité dans les logements personnels de couples de jeunes retraités. Dans ce contexte, nous avons souhaité comprendre comment ce type de machines pouvait être perçu et considéré dans l'habitat personnel.

Nous avons ainsi monté un terrain d'exploration autour du robot Pepper, en le plaçant dans des logements telle une sonde, c'est-à-dire, un objet technologique visant à obtenir des informations sur les utilisateurs et à être source d'inspiration pour de nouvelles technologies (Hutchinson et al, 2003). À travers cette sonde, notre objectif n'était pas de déterminer l'utilité de cet objet dans le foyer, mais d'étudier comment les membres du foyer appréhendaient cet objet ayant des comportements et un dynamisme propres et indépendants. Grâce à cette technique, nous souhaitions aborder les questions suivantes : Comment la taille du robot est-elle perçue ? La matière de l'objet s'intègre-t-elle dans l'ambiance de la maison ? Le sentiment qu'il puisse ne pas être parfois contrôlable est-il gênant ? Comment les habitants interagissent avec l'objet ?

Pour cela, nous avons spécifié et développé un programme qui permettait à Pepper de proposer des activités aux participants (faire de la gym ou de la méditation, disposer du programme TV, de la météo, des actualités ou d'information culturelle, prendre des photos, répondre à des questions). Inversement, ces participants pouvaient interpellier le robot à tout moment de la journée pour interagir dans le cadre des fonctionnalités proposées. Le robot avait deux modes, un mode voix qui utilisait la parole et un mode son en phase avec une gestuelle plus prononcée que dans le mode voix. Le robot a été placé deux jours dans 10 habitations individuelles. Les habitants ont pu appréhender le robot une journée en « mode voix » et une journée en « mode son ».

Notre protocole d'expérimentation s'est déroulé en plusieurs phases (Figure 1) et a mis en œuvre divers types d'outils méthodologiques (entretiens, logs, enregistrements audio, sondes culturelles (Gaver et al., 1999)).

1. **Phase pré-exploration** : réalisation de photomontage à partir de magazines pour connaître l'image idéale que les participants avaient d'un robot chez eux.
2. **Phase d'introduction à l'exploration** : lancement de l'exploration en présentant le robot, questionnaire sur la perception des robots en général (utilisation d'un questionnaire de l'union européenne (Commission Européenne, 2012)) et description du matériel de collecte de données.
3. **Phase d'exploration (2 jours)** : captures des données relatives :
 - aux expériences d'interaction avec le robot (cartes d'expériences à remplir à chaque interaction avec le robot),
 - à la façon dont les participants ont interagi avec le robot (logs),
 - à leur vision du robot idéal (boîte à idées et fiche du robot idéal).
4. **Phase post-exploration** : questionnaire sur la perception des robots en général afin de mesurer s'il y avait un changement par rapport à leur opinion d'avant l'exploration, entretien sur la perception d'un robot chez eux.

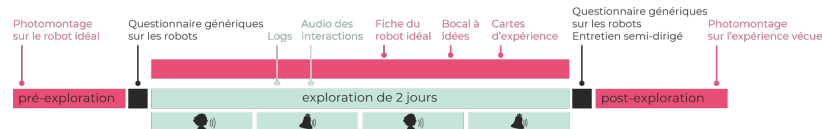


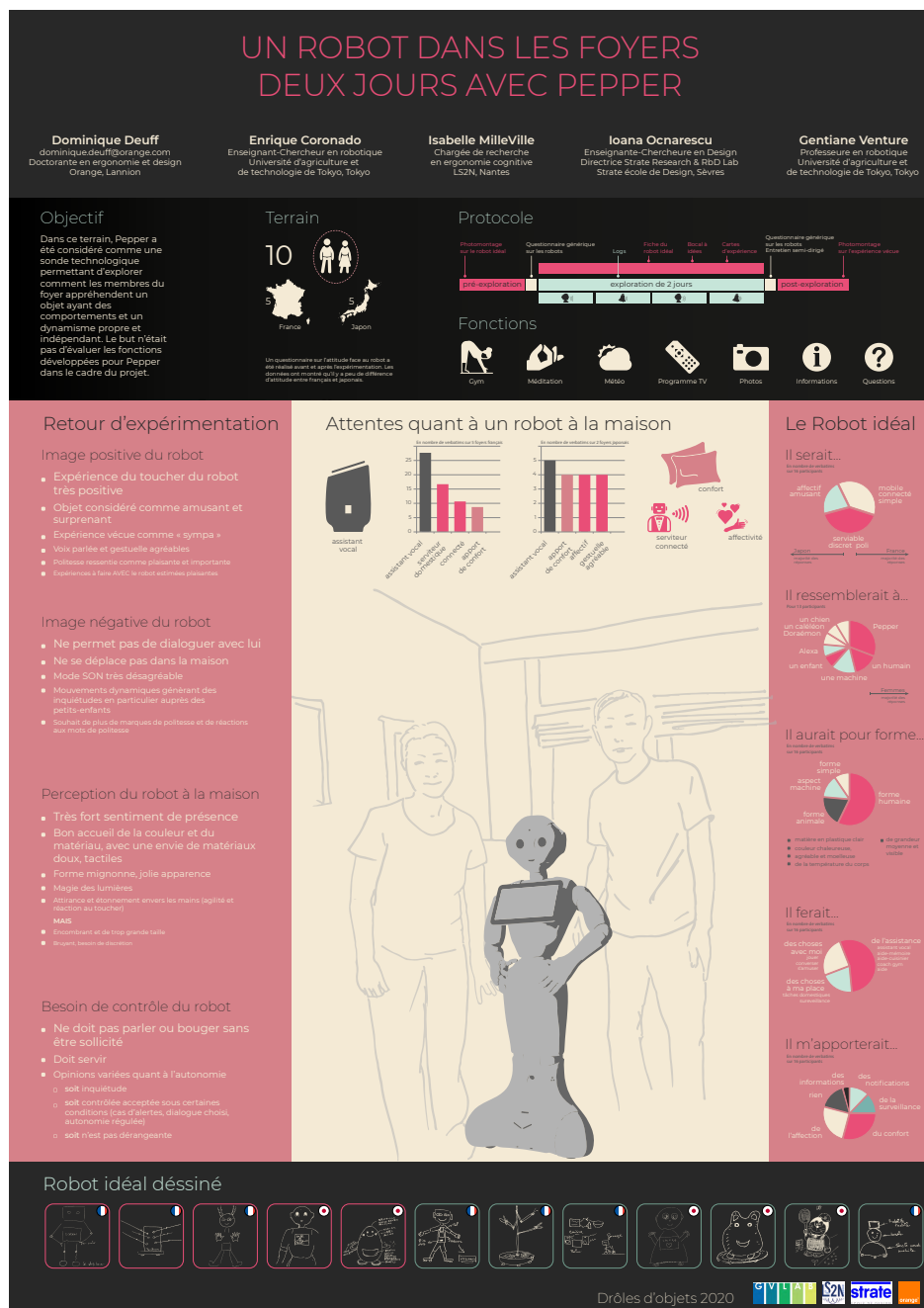
Figure 1 : Phases et outils méthodologiques impliqués dans l'exploration.

Les résultats obtenus ont montré que les participants recherchent un assistant vocal, un serveur poli et serviable. L'étude a confirmé que lorsque l'interaction est difficile, elle génère beaucoup de frustration et d'insatisfaction en raison d'un écart entre la forme qui suggère que le robot pourrait parler, et les capacités réelles du robot. Les participants préfèrent que l'objet ne soit pas trop grand, mais qu'il soit visible. Des expressions d'affectivité envers le robot sont apparues au cours des entretiens. En ce qui concerne le comportement du robot, la plupart des participants ont exprimé la nécessité de garder un contrôle total sur le robot, tout en reconnaissant qu'ils étaient, dans certains cas, sensibles au fait d'être interpellés par le robot.

Commission Européenne (2012). Public attitudes towards robots, Special Eurobarometer 382.

Gaver, B., Dunne, T., & Pacenti, E. (1999). Cultural Probes. Interactions Magazine, (pp.21-29), février.

Hutchinson, H., Mackay, W., Westerlund, B., Bederson, B., Druin, A., Plaisant, C., Beaudouin-Lafon, M., Conversy, S., Evans, H., Hansen, H., Roussel, N. and Eiderbäck, B. (2003). Technology probes: inspiring design for and with families. In Proceedings of CHI '03, (pp. 17-24).



Yokobo

Bienvenu dans notre maison

Dominique Deuff (Orange, Lannion)

Corentin Aznar (Strate école de Design, Sèvres)

Dora Garcin (Strate école de Design, Sèvres)

Ioana Ocnarescu (Strate école de Design, Sèvres)

Isabelle Milleville (LS2N, Nantes)

Gentiane Venture (Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo)

Dans le cadre de travaux sur le vivre ensemble avec des « machines sociales », c'est-à-dire des machines qui s'intègrent dans la société, nous interrogeons l'impact, l'acceptabilité et la perception au quotidien de ce type de machines dans le logement de couples de retraités. Pour mener à bien ces travaux, nous utilisons une approche centrée utilisateurs en quatre phases intégrant des démarches de design (Deuff et al. 1, 2020). Les deux premières phases, *Étudier* et *Modéliser*, ont amené à la compréhension du terrain et ont ramené notre question de recherche à l'idée d'une machine visant à resserrer les liens entre les humains. Les deux phases suivantes, *Concevoir* et *Évaluer*, concernent la construction d'une solution permettant d'évaluer le rapprochement entre deux personnes grâce à une telle machine. Suite à notre communication précédente (Deuff et al. 2, 2020), ce papier se penche sur la phase 3 de l'approche, *Concevoir*, qui a abouti à la conception d'un objet à comportements localisé dans l'entrée des logements de couples de retraités.

Cette conception a pour socle un ensemble de connaissances de nature variée :

- Les connaissances empiriques issues des terrains des phases précédentes sur la vie en retraite et la perception d'un robot chez soi (Deuff et al. 3, 2020),
- Des insights issus d'un atelier menés lors de workshops d'ErgoIA 2019,
- Un rapport sur les humains et les robots rassemblant un savoir sur les robots, la façon dont ils sont perçus, l'imaginaire qui les entoure et les questions d'éthique,
- Des travaux inspirants s'interrogeant sur la valeur, la nature et la fonction de tels objets robotisés (Grimmaud, 2015 ; Youssef & Ohshima & Okada, 2014 ; Kaplan 2005 ; Mondala et al., 2015).

Sur la base de ces connaissances, la conception a été menée à travers trois étapes :

1. La recherche d'un concept : elle a consisté en quatre étapes de divergence-convergence. Une première étape d'idéation a servi à centrer les deux étapes de conception suivantes sur trois axes (« je suis en connexion avec mon conjoint », « la nature dans la maison », « la maison exprime l'état du foyer »). Suite à la génération de 24 concepts, le choix s'est porté sur un concept d'objet à comportements, vecteur de lien entre le couple placé dans une pièce précise,

l'entrée de la maison ; lieu de passage mais aussi lieu d'accueil, invitant les personnes présentes à ressentir « l'âme » de la maison.

2. Le maquetage de l'objet : la deuxième phase est un ensemble d'aller-retours entre des réflexions sur la forme, la matière et l'interaction, afin de préciser l'objet reflétant ce concept, nommé Yokobo (contraction de « yokoso » - accueil en japonais- et la phonétique de « robot »). Au fur et à mesure de la concrétisation de l'objet, des questions techniques se sont posées nécessitant une revue de la forme et des interactions. Cette phase de maquetage a permis d'aboutir à une maquette pour laquelle tous les points de difficulté ont été résolus.
3. Le prototypage de l'objet à expérimenter : Afin de réaliser une version finale du prototype à expérimenter, les développements du service complet se font en méthode agile dans le but de permettre des ajustements en laboratoire, avant de placer Yokobo dans deux familles pour des tests de stabilité sur une période longue.

Cette approche design a abouti à un objet à comportements à la fois ancré dans les données, mais également exploratoire de par sa forme et son fonctionnement essentiellement basé sur des mouvements, en décalage avec les robots compagnons souvent proposés pour la maison.

- Deuff, D., Ocnarescu, I., Coronado, E., Rincon-Ardila, L., Milleville-Pennel, I., Venture, G., (2020). Designerly way of thinking in a robotics research project, *Journal of Robotics Society*
- Deuff, D., Milleville-Pennel, I., Ocnarescu, I., Venture, G. (2020). Concevoir un objet à comportements pour les foyers de jeunes retraités. *Drôles d'objets 2020*.
- Deuff, D., Coronado, E., Milleville-Pennel, I., Ocnarescu, I., Venture, G. (2020) Un robot dans les foyers - Deux jours avec Pepper. *Drôles d'objets 2020*.
- Grimaud, E. (2015). Les robots oscillent entre vivant et inerte. *Multitudes*, 1 (58), 45-58.
- Kaplan, F. (2005). Everyday robotics : Robots as everyday objects. *Proc.of the 2005 Joint Conference on Smart Objects and Ambient Intelligence*, 59-64.
- Mondala, F., Fink, J., Lemaignan, S., Mansolino, D., Wille, F., and Franinovic, K. (2016). Ranger, an Example of Integration of Robotics into the Home Ecosystem. *New Trends in Medical and Service Robots*, 181-189.
- Youssef, K., Ohshima, N., Okada, M. (2014). Concepts and Applications of Human-Dependent Robots, *16th International Conference, HCI International 2014*, 2, 435-444.

YŌKOBŌ

BIENVENU DANS NOTRE MAISON

Dominique Deuff
dominique.deuff@orange.com
Doctorante en ergonomie et design
Orange, Lannion

Corentin Aznar
Dora Garcin
Étudiants en design
Strate école de Design, Sévres

Ioana Ocnărescu
Enseignante-Chercheuse en Design
Directrice Strate Research & R&D Lab
Strate école de Design, Sévres

Isabelle Milleville
Chargée de recherche
en ergonomie cognitive
LS2N, Nantes

Gentiane Venture
Professeure en robotique
Université d'agriculture et
de technologie de Tokyo, Tokyo

Contexte

Yōkobo est un objet conçu dans le cadre d'un projet collaboratif entre Orange et le CV Lab, laboratoire de robotique, de l'Université d'agriculture et de technologie de Tokyo.

Objectif

L'objectif du projet est d'identifier l'impact de ce type d'objet en mouvement auprès d'un couple vivant dans un habitat connecté.

Description

Yōkobo est un objet du quotidien, dont la fonction première est celle de vide-poche ; c'est-à-dire un bol tangible qui peut contenir des clés et de la petite monnaie.

Yōkobo effectue des mouvements spontanés et imprévisibles perçus comme ayant un comportement indépendant qui conduit à l'idée qu'il a une volonté et une intention qui lui sont propres. Il ne dispose pas de modalité vocale ; l'habitat connecté pouvant disposer d'un assistant vocal.

Positionnement

Installé à l'entrée de la maison, Yōkobo est une présence qui accueille les visiteurs. Objet qui se veut discret, il est issu de l'informatique ambiante tout en ayant une présence persistante. C'est un objet qui s'inscrit dans la mouvance de la « slow technology », c'est-à-dire que comprendre et intégrer Yōkobo dans sa vie nécessite de prendre du temps et d'accepter de ne pas avoir une réponse claire et instantanée à une action.

Yōkobo

=

yōko-so
(« bienvenu » en japonais)

+

ro-bo-t

VIDE-POCHE

Fonction tangible qui recueille clés, menue monnaie et petits objets



ACCUEIL DES VISITEURS

Accueil des visiteurs par mimétisme des mouvements des visiteurs



EXPRESSION DE L'ÉTAT DE LA MAISON

Représentation sous forme de mouvements des données issues d'objets connectés de la maison



MESSAGER DE TRACES

Échange de traces (messages sous formes de mouvements) entre les conjoints du foyer







« marquer les petits moments de la vie et souligner l'hospitalité de la maison »

Un objet en décalage

FORME
Non-antropomorphique



MODALITÉ
Mouvement
Lumière
Non-vocal



MATÉRIAUX
Matériaux naturels
Céramique



TENDANCE
« Slow technology »



VISION
L'humain au centre
L'objet vecteur



Drôles d'objets 2021



Concevoir un objet à comportements pour les foyers de jeunes retraités

Dominique Deuff (Orange, Lannion)

Isabelle Milleville (LS2N, Nantes)

Ioana Ocnarescu (Strate Design, Sèvres)

Gentiane Venture (GVlab, Tokyo)

Dans le cadre de travaux de recherche réalisés en collaboration, nous nous interrogeons sur le vivre ensemble avec des « machines sociales », c'est-à-dire des machines dont le but est de pouvoir être utilisées dans la société, en nous focalisant sur leur impact dans les foyers (logements personnels), sur leur acceptabilité et perception au quotidien.

Ces études ont pour terrain les logements de jeunes retraités ; « jeunes » étant pris dans le sens de retraités depuis peu. Le choix de ce terrain nous a semblé intéressant du fait que la période de la retraite amène les conjoints à partager soudainement une proximité continue dans leur maison, impliquant une remise en question des modes de vie et des habitudes, ainsi qu'une restructuration de la vie sociale (Caradec, 2017). La question de l'introduction et du rôle d'une machine sociale au sein du foyer se pose donc tout particulièrement à cette période charnière dans le couple.

Les travaux de recherche que nous menons s'inscrivent dans un cadre écologique et se fondent sur les travaux de J. Forlizzi (2008) qui propose un modèle basé sur la théorie de l'écologie sociale qui étudie les relations entre les êtres vivants et leur environnement. Tout produit est ainsi vu comme faisant partie du système écologique, et comme un des acteurs des relations sociales complexes opérant dans ce système.

Ainsi, pour concevoir une machine qui soit ancrée dans notre contexte, nous avons d'abord mené deux terrains entre mai 2018 et août 2019 (l'un portant sur la vie en retraite à la maison, et l'autre sur la perception d'un robot dans ces mêmes foyers). Ils ont pour objectifs de nous permettre de comprendre la systémique des foyers analysés et d'obtenir des éléments saillants et inspirants afin d'identifier une problématique sur laquelle s'appuyer pour déterminer une fonction claire et pertinente à la machine que nous voulons construire.

Nous nous sommes également inspirés des travaux de recherche suivants :

- E. Grimmaud (2015) nous propose de considérer plutôt les machines sociales comme des « objets à comportements » et, d'envisager ces objets comme des machines qui peuvent défaillir et dont il faut, par l'expérience des signaux de « machinitude », comprendre le comportement.

- M. Okada s'intéresse quant à lui à la notion de « robots faibles », c'est-à-dire à des objets ayant des gestuelles dont la perception de faiblesse oblige l'humain à interagir et à s'impliquer dans l'action initiée par le robot (Youssef & Ohshima & Okada, 2014).
- Enfin, Mondala et al. (2015) proposent des travaux autour de la notion de « robjets ». Cette notion prend le parti d'utiliser un objet du quotidien et d'y ajouter des comportements plutôt que d'essayer d'intégrer une machine existante dans un écosystème établi et stable.

Dans le contexte qui est le nôtre, nous visons la conception d'une machine de type « objet à comportements » qui permette la réalisation d'une expérimentation sur le long terme dans des foyers, afin d'en mesurer l'impact sur le système formé par l'habitat et ses occupants. Cet objet devra être stable du point de vue de la programmation, mais pourra être faible dans son comportement lors de la réalisation de sa fonction, afin de mener l'humain à s'impliquer dans l'atteinte de son objectif. Enfin, cet objet pourrait s'inspirer des objets existants dans le quotidien de la maison pour faciliter son intégration et son acceptation.

Suite à l'analyse des données issues des études terrains précédemment cités, pour mener à bien la conception de cet objet, nous avons mené un processus de design en équipe pluridisciplinaire (design UX, design d'objet, roboticien, ergonome) basé sur des ateliers d'idéation, d'identification de concepts et de maquettage. Chaque étape du processus a permis de s'interroger sur l'expérience à vivre, un concept sous-jacent à proposer, les interactions et comportements à mettre en œuvre, et enfin sur la forme et la matière rendant tangible l'objet à comportement portant cette expérience.

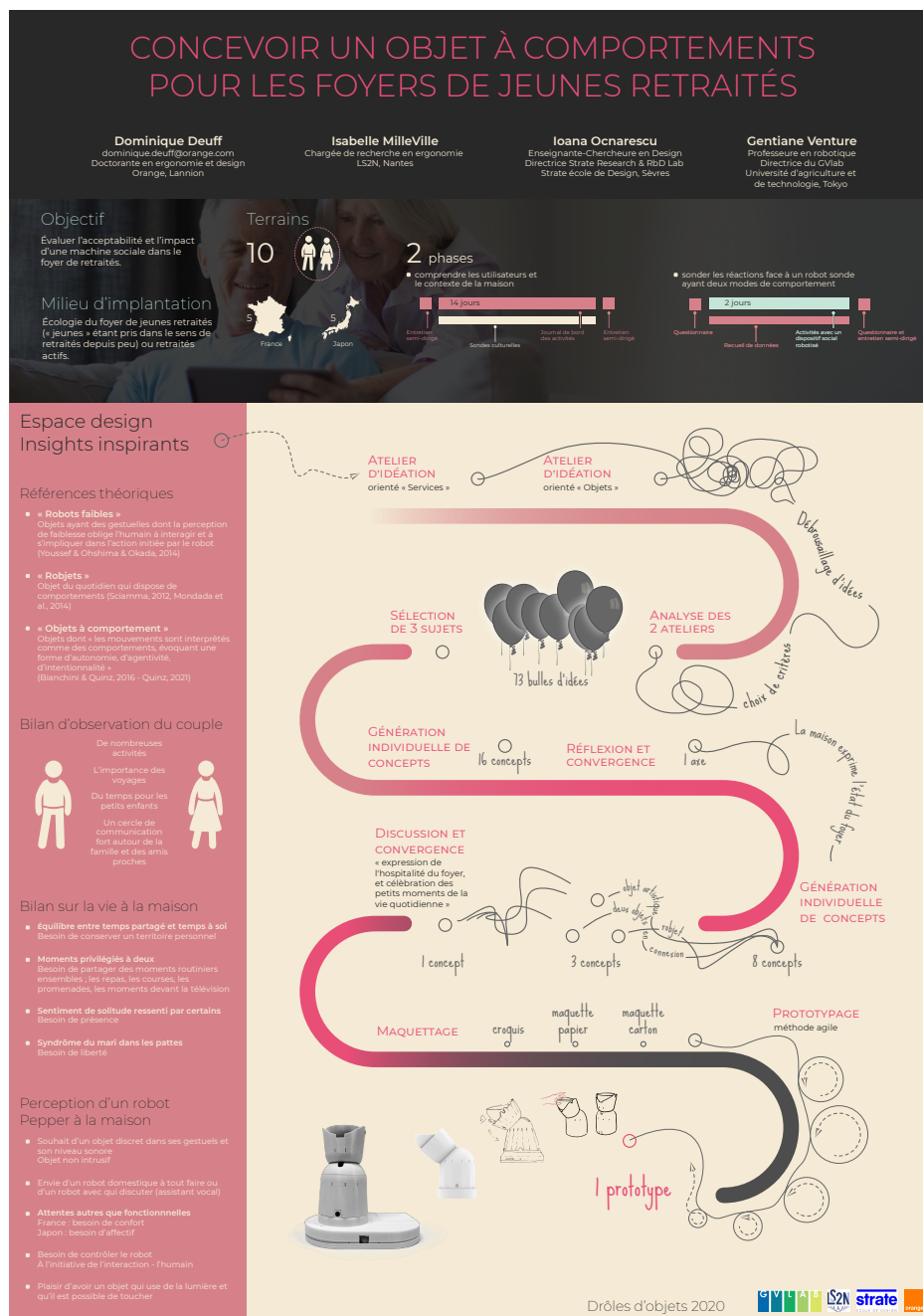
Caradec, V. (2017). L'épreuve de la retraite - Transformations sociétales, expériences individuelles. *Nouvelle revue de psychosociologie*, 23 (1), 17-29.

Forlizzi, J. (2008). The Product Ecology: Understanding Social Product Use and Supporting Design. *International Journal of Design*, 2 (1), 11-20.

Grimaud, E. (2015). Les robots oscillent entre vivant et inerte. *Multitudes*, 1 (58), 45-58.

Mondala, F., Fink, J., Lemaignan, S., Mansolino, D., Wille, F., and Franinovic, K. (2016). Ranger, an Example of Integration of Robotics into the Home Ecosystem. *New Trends in Medical and Service Robots*, 181-189.

Youssef, K., Ohshima, N., Okada, M. (2014). Concepts and Applications of Human-Dependent Robots, *16th International Conference, HCI International 2014*, 2, 435-444.



Interaction guidée par machine learning pour la composition musicale gestuelle d'objets sonores non-conventionnels

Romina Romay¹, Jean-François Trubert¹, Diane Lingrand², Lucile Sassatelli²

¹Université Côte d'Azur, CTCL

²Université Côte d'Azur, CNRS, I3S

Mots-clés : objets sonores électro-acoustiques, geste musical, musique visible, composition, réseaux de neurones artificiels, auto-encodeurs variationnels

L'analyse de la création musicale des XXe et XXIe siècles a largement mis en lumière que la notation musicale ne doit pas avoir pour but la reproduction à l'identique de sons fixés. C'est ainsi qu'est progressivement apparu un graphisme musical, visant à provoquer des processus d'interprétation à formes multiples, l'image, stimulation énigmatique pour des sons inconnus, n'ayant quasiment plus de relation avec les sons produits. C'est en particulier John Cage qui en a été le précurseur avec les graphiques de *Cartridge Music* (1960) [1] ou des *Variations I* (1958) [2]. La lecture musicale de cette musique visible dépasse ainsi la réception du texte – certes souvent difficile – pour en venir à un comportement actif et globalisant : le graphisme musical exige des musiciens une interprétation totale basée sur l'énergie. Les symboles souvent polysémiques peuvent produire des musiques différentes selon la façon dont on se laisse influencer par eux, plus activement, en changeant le type de reproduction – tantôt en s'en tenant le plus précisément possible au texte, tantôt en le sur-interprétant, voire en s'opposant à lui (ainsi dans *visible music I*). On peut aussi changer l'interprétation elle-même en comprenant autrement le texte. Ainsi, Schnebel a proposé de favoriser les « représentations imaginaires » de la musique « au moyen d'expositions » de graphismes musicaux. Ceci a fait l'objet d'un accrochage lors de l'exposition *L'œil écoute*, de mai 2017 à avril 2018 au Centre Pompidou. C'est de ce point de départ que le projet ANR GEMME (Geste Musical, Modèles et Expériences) entre l'IRCAM et l'Université Nice Sophia Antipolis, a mis en lumière et élaboré, de 2012 à 2016, les manières de composer la musique basées sur le geste des instrumentistes, et plus largement sur la notion de « geste musical ».

C'est ainsi que le geste peut être envisagé comme un intermédiaire à part entière pour la composition musicale, permettant d'interagir d'abord avec des instruments réels, mais également avec des objets sonores électro-acoustiques, mais aussi avec non plus des instruments, mais ce que nous appellerons des « dispositifs ». C'est cette catégorie d'objets – qui sous le terme « dispositif » regroupent toute une chaîne d'action et de production sonore – que nous considérons ici comme « Drôles d'objets » et pour lesquels nous présenterons dans la démonstration une manière possible d'interagir à travers le

geste. L'interaction est construite à partir d'un modèle génératif de geste obtenu avec un réseau profond de neurones artificiels.

La première étape est de sélectionner un corpus sonore à partir duquel une synthèse musicale peut être contrôlée. Pour cela, nous utilisons l'outil CataRT (*concatenative real-time*) de l'IRCAM comme système de synthèse de son [4]. Il permet, à partir d'un large corpus de sons segmentés et pour lesquels des descripteurs sont extraits, de réaliser une synthèse granulaire selon la proximité du curseur à une position cible dans l'espace (3D ou plus) des descripteurs. Cet espace de descripteurs du corpus est aussi appelé matrice sémantique des objets sonores du corpus. Nous sélectionnons donc un corpus, et une personne musicienne va générer une base de gestes correspondant à une composition musicale sur cette matrice sémantique.

La deuxième étape consiste à entraîner un réseau de neurones profond de type auto-encodeur variationnel, pour encoder la base de gestes. Lors de l'interaction d'un utilisateur non-expert avec le système, ses gestes seront utilisés pour parcourir l'espace latent des distributions. Chaque échantillon obtenu à partir de l'échantillonnage de ce parcours des distributions latentes, sera décodé (par la partie décodeur de l'auto-encodeur profond), et générera ainsi une suite de sons.

Présenter lors de la conférence ces nouvelles techniques d'interaction avec ces nouveaux objets sonores non-conventionnels sera une excellente opportunité de discuter leurs enjeux, tant d'un point de vue artistique que du point de vue de l'interaction humain-machine.

Références

- [1] John Cage, « Cartridge Music », Peters, New York, n° EP 6703, 1960.
- [2] John Cage, « Variations I », Peters, New York, n° EP 6767, 1958.
- [3] Dieter Schnebel, « Visible Music I », 1960.
- [4] IRCAM, « CataRT », disponible à : <http://imtr.ircam.fr/imtr/CataRT>

Interaction guidée par machine learning pour la composition musicale gestuelle d'objets sonores non-conventionnels

Romina Romay¹, Jean-François Trubert¹, Diane Lingrand², Lucile Sassatelli^{2,3}

¹ Université Côte d'Azur, Centre Transdisciplinaire d'Épistémologie de la Littérature (CTEL)

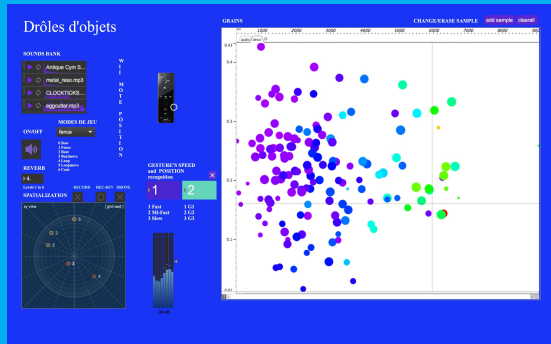
² Université Côte d'Azur, CNRS, I3S

³ Institut Universitaire de France

DRÔLES D'OBJETS

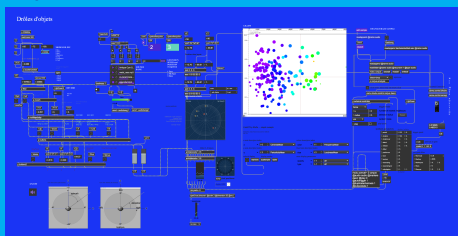
Dispositif de contrôle de la production sonore basé sur l'interaction entre un système de gestes articulés pour une télécommande Wii et un corpus sonore segmenté par des descripteurs (CatsRF), concaténation en temps réel). La synthèse granulaire repose sur la sélection d'un mode de jeu, la taille du grain et la proximité du curseur à une position cible dans l'espace des descripteurs pour déterminer le grain à jouer. Ce dernier sera traité pour l'ensemble du geste, y compris la position angulaire du contrôleur, son accélération et l'utilisation des boutons. Le traitement du son comprenant la spatialisation, la réverbération, le délai, les filtres, un enregistreur en boucle, un enregistreur inversé et un drone.

À ce système, il est ajouté un système de reconnaissance de gestes de la bibliothèque Mubu qui fonctionne avec des HMMs (hidden Markov model) hiérarchiques, pour enregistrer une bibliothèque de gestes et les reconnaître en termes d'accélération et de position angulaire.



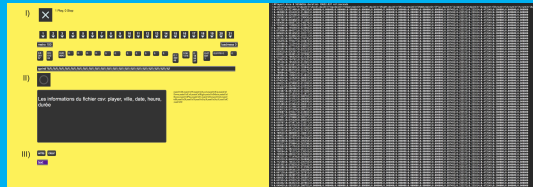
Paulo Tellerio d'Objets, mode performance

PATCH



Les données émises par la télécommande Wii, sont transférées par la médiation de "Osculator" à l'environnement Max/Msp par OSC, où elles sont mappées et mises en échelles.

ENREGISTREMENT DES DONNÉES



Les données de la télécommande utilisées dans la synthèse sonore sont enregistrées pour chaque performance dans un format de fichier .csv, avec l'ajout d'un en-tête de métadonnées concernant le numéro du joueur, la ville, la date, l'heure et la durée de la performance. Ceci est destiné à être utilisé ultérieurement pour l'entraînement d'un réseau de neurones permettant l'apprentissage du style de chaque joueur.

COMMANDES



LE TRANSFERT DE STYLE GESTUEL COMME PERSPECTIVE

- Comment faciliter la composition gestuelle à des novices de ce Drôle d'Objet?
- Comment assurer une similarité de composition musicale par rapport à des experts, tout en évitant une identité?
- Utiliser des modèles génératifs! Avec différents types de Variational Auto-Encoders (VAE), nous entraînons un modèle de réseau de neurone pour projeter les gestes en temps réel dans le même espace latent que celui caractérisant les gestes des experts, pour les decoder en nouveaux gestes... mélodieux!



7 AU 9 AVRIL 2020 - LA ROCHELLE
EN ASSOCIATION AVEC LE FESTIVAL ZERO1

DRÔLES D'OBJETS

UN NOUVEL ART DE FAIRE

CONFÉRENCE INTERDISCIPLINAIRE QUI INTERROGE LES INTERACTIONS ENTRE LES HUMAINS ET LES OBJETS ROBOTISÉS AVEC POUR AMBITION DE CROISER LES REGARDS DE L'ANTHROPOLOGIE, DE L'INFORMATIQUE, DES NEUROSCIENCES, DES ARTS, DE LA PHILOSOPHIE, DE LA PSYCHOLOGIE ET DE LA SOCIOLINGUISTIQUE



COMITÉ SCIENTIFIQUE F. ALEXANDRE S. ANZALONE V. AUCOUTURIER S. BIANCHINI P. GAUSSIER E. GRANGIER E. GRIMAUD X. HINAUT
G. MOSTAFAOUI G. NASSAU M. OCHS P. -Y. OUDEYER E. PACHERIE F. PAIS C. PELACHAUD C. PLANTIN L. SASSATELLI
S. TISSERON F. TORO J. TOULZE N. VAS-DEYRES E. ZIBETTI COMITÉ D'ORGANISATION V. ANDRÉ J. BECKER C. BENGUIGUI Y. BONIFACE
A. BOUMAZA A. DUTECH V. GIARDINO S. GROS DE BELLER D. JARAK F. LEVILLAIN A. PITTÉ M. REBUSCHI A. REVEL N. ROUGIER
F. VERHAEGEN D. VIDAL AVEC LE SOUTIEN DE AHP - PREST ATILF CNRS INRIA INTERPSY LORIA UNIVERSITÉ DE LORRAINE
UNIVERSITÉ DE LA ROCHELLE PHOTOGRAPHIE PAR NOTTExMINER COPIRIGHT PSYPHINE CC-BY 4.0 INTERNATIONAL GENERAL AUDIENCES

