



HAL
open science

Sentiment des limites et immersion imaginative dans l'expérience de Rêverie Augmentée : une approche biomorphique du corps virtuel

Nathalie Delprat

► To cite this version:

Nathalie Delprat. Sentiment des limites et immersion imaginative dans l'expérience de Rêverie Augmentée : une approche biomorphique du corps virtuel. Biomorphisme: Approches sensibles et conceptuelles des formes du vivant, A paraître. hal-02495486v1

HAL Id: hal-02495486

<https://hal.science/hal-02495486v1>

Submitted on 2 Mar 2020 (v1), last revised 10 Nov 2020 (v2)

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

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

Sentiment des limites et immersion imaginative dans l'expérience de Rêverie Augmentée : une approche biomorphique du corps virtuel

Nathalie Delprat

Sorbonne Université, UPMC Univ.Paris 6, UFR Ingénierie
LIMSI-CNRS, UPR3251, BP133, 91403 Orsay Cedex, France
nathalie.delprat@limsi.fr

Article rédigé pour le volume des contributions théoriques au projet « Biomorphisme : Approches sensibles et conceptuelles des formes du vivant » à la suite du colloque qui s'est tenu à Marseille du 22 au 25 janvier 2019 à l'IMERA et à la Friche Belle de Mai. A paraître aux éditions NAIMA en juin 2020.

Le développement des technologies numériques et des environnements virtuels a changé radicalement notre rapport au sensible par l'expérience d'un nouveau type d'hybridation corps-image issu de l'interaction d'une personne avec un dispositif de simulation. La diffusion rapide de ces technologies dans le grand public, en particulier avec les casques de réalité virtuelle, et leur utilisation dans le domaine de la santé, soulèvent la question essentielle de leurs répercussions sur l'individu. Les enjeux cruciaux qui en découlent ne peuvent être abordés uniquement par le biais de la réflexion philosophique et de l'expérimentation scientifique. Il est aussi nécessaire d'engager la mise en relation des imaginaires que seules l'expérience esthétique et la création artistique peuvent créer. Dans les applications scientifiques ou industrielles de réalité virtuelle, la problématique de l'imaginaire a été d'emblée mise de côté au profit de l'efficacité et du réalisme laissant pendant longtemps le soin aux artistes d'explorer cet aspect difficile à quantifier¹. Dans un cadre opératoire et performatif, l'environnement virtuel est conçu comme un décor interactif qui place la personne dans une fiction réaliste dont elle est un des personnages agissant, ou plutôt réagissant, dans un scénario qui va évoluer selon son comportement. Le sujet est donc à la fois l'interface et l'objet de l'expérience *par* et *dans* l'image qu'il modifie du fait de sa présence et de ses mouvements. Il peut y être *in-corporé* en voyant « au travers » d'elle², ou bien y être *re-présenté* par l'intermédiaire d'un avatar à forme humaine. Le sentiment d'immersion dans l'espace virtuel, comme pour l'identification avec l'avatar, sera d'autant plus fort qu'une cohérence optimale sera réalisée entre action et perception par les retours d'effet sur l'image³. Pour cela, un système de capture du mouvement

¹ on peut citer dès les années 1990, les travaux pionniers des artistes M. Benayoun ou ceux de C. Davies.

² vision dite à la première personne, on peut aussi simuler une partie du corps (les mains ou les jambes si elles sont dans le champ de vision)

³ le contenu visuel peut être enrichi par l'addition de rendus audio ou tactiles qui vont renforcer la crédibilité perceptive de l'interaction par la combinaison des différentes modalités sensorielles

détecte la position de la personne et permet de réaliser la correspondance⁴ formelle et dynamique la plus fidèle possible entre le corps réel et sa *re-production* virtuelle.

Le projet en recherche et création que je mène depuis plusieurs années sur les liens entre matérialité virtuelle, conscience corporelle et imaginaire offre un renversement de perspective en déplaçant la condition de réalisme de la forme à la matière qui va générer le corps virtuel (Delprat 2014 & 2015). L'idée est de proposer une représentation matérielle du corps qui reproduise exactement les mouvements de la personne mais avec les qualités physiques des matières élémentaires simulées. Expérimenter un corps-nuage, se transformer en flamme ou devenir gouttelettes d'eau ne procède pas de la seule modification formelle du corps mais change virtuellement son état. Cette transformation de la densité corporelle, en favorisant l'accord entre les temporalités du corps et celles de l'élément qui le matérialise, va permettre d'augmenter sensoriellement l'imaginaire des propriétés du médium virtuel dans l'interaction avec un *avatar matériel* ou *avatar-matière*. La combinaison des retours sensoriels avec cet imaginaire imagé *substantialisé* peut affecter jusqu'au sentiment même de soi, ouvrant des pistes radicalement novatrices dans l'exploration de la conscience corporelle, notamment par la modification virtuelle des frontières corps-moi. Pour dépasser les objectifs de performance ou de conditionnement et leur opposer un contrepois poétique - *poiétique* -, le projet interroge la coévolution homme-machine dans le contexte d'une approche art-science-philosophie inspirée par les travaux de Gaston Bachelard sur l'imagination matérielle et la poétique de la rêverie (Bachelard 1942, 1943, 1948, 1957, 1960 & 1961). La problématique étudiée se déploie dans la mise en œuvre d'une *écotechnie* du virtuel (Nancy, 2001) qui puisse préserver et enrichir la dimension créatrice et imaginative du sujet, tout en développant un regard critique et transdisciplinaire sur les enjeux ontologiques d'une *virtualisation matérielle* du corps.

Le corps dans l'image : l'illusion de l'appartenance

Avec l'objectif premier de réaliser le meilleur ajustement possible de la simulation à la perception, les applications conventionnelles de réalité virtuelle ont apporté des outils performants pour l'analyse des processus sensori-moteurs, des mécanismes de perception ou des fonctions cognitives de haut niveau comme les actions ciblées vers des objets et l'adaptation comportementale à des situations particulières⁵. Les environnements virtuels ont aussi permis d'étudier des illusions perceptives, en rapport avec à la représentation du corps, en provoquant

⁴ le mapping temps-réel

⁵ par exemple, simulation d'opérations chirurgicales ou simulateur de conduite dans le brouillard

des ambiguïtés entre les informations extéroceptives issues de différentes modalités sensorielles. C'est ainsi qu'une extension des recherches sur l'interaction entre *corps et environnement virtuel* vers les liens entre *corps virtuel et conscience corporelle* s'est produite. Des protocoles spécifiques en neurosciences cognitives ont été mis au point pour créer l'illusion de s'approprier un corps transformé virtuellement dans son entier (ou l'une de ses parties) (Kilteni, Maselli, Kording & Slater, 2015). On peut citer, parmi bien d'autres, l'illusion d'avoir une queue de chat dans le dos (Steptoe, Steed & Slater, 2013), de se retrouver dans le corps d'un enfant de quatre ans (Banakou, Groten & Slater, 2013), dans celui d'une poupée Barbie ou d'un géant de quatre mètres (Van der Hoort, Guterstam & Ehrsson, 2011), ou encore de changer de couleur de peau (Kilteni, Bergstrom & Slater, 2013). De fait, l'étude du sentiment de présence dans un espace dématérialisé s'est déplacée vers celle du sentiment d'être incarné dans un corps virtuel à partir d'une transformation morphologique, d'échelle ou d'apparence. Cette illusion d'appartenance du corps - *body ownership illusion* - peut être renforcée par l'agentivité⁶ (Tsakaris, Prahbhu & Haggard, 2006) dans le contrôle actif de ce nouveau corps, en demandant par exemple au sujet de bloquer des balles avec sa queue de chat ou de jouer du tam-tam dans sa nouvelle peau. Parmi les manipulations globales du corps - *full-body illusions* -, des illusions de sortie hors du corps peuvent être déclenchées en exploitant des conflits inter-sensoriels à l'aide de stimuli visuo-tactiles synchrones. Ces illusions vont impacter à la fois le sentiment d'appartenance du corps mais aussi le sentiment de localisation du moi, c'est-à-dire la sensation d'être réellement situé à l'endroit où se trouve l'avatar. Je citerai l'expérience dans laquelle le sujet est debout avec un casque de réalité virtuelle et voit l'image de son corps de dos, filmé par une caméra ou simulé numériquement par un avatar (Lenggenhager, Tadi, Metzinger & Blanke, 2008). Lorsque le dos du participant est touché de façon répétée avec une baguette et qu'il voit en même temps un mouvement identique sur le dos de l'avatar, il s'identifie en quelques minutes à celui-ci en transposant les informations tactiles qu'il ressent au corps virtuel qu'il observe⁷. Le cerveau minimise ainsi une incohérence perceptive en réajustant les informations sensorielles reçues sur une seule modalité, en général la vision. En effet, si le sujet est déplacé dans le noir et qu'on lui demande ensuite de revenir à sa position initiale, il va inévitablement se mettre sur la position du corps virtuel qu'il a visualisé auparavant. On peut donc dire que pendant toute la durée de l'expérience, le sujet se perçoit au-

⁶ sentiment d'être l'agent de ses actions

⁷ le déclenchement visuo-tactile d'illusions d'appartenance d'un corps artificiel ou d'une partie du corps s'inspire des travaux de Botvinick et Cohen (1998) sur l'illusion de la main en caoutchouc (voir revue dans Ijsselstein, de Kort & Haans, 2006)

devant de son corps réel et qu'il localise son moi au-dedans du corps virtuel, c'est-à-dire qu'il se sent présent hors de ses propres frontières corporelles.

Manipulations virtuelles du moi

L'unité spatiale entre le corps physique et le volume dans lequel nous situons notre moi est essentielle pour construire un référentiel corporel à partir duquel nous percevons le monde et développons le sentiment d'appartenance de notre corps. C'est la raison pour laquelle induire virtuellement l'illusion d'une dissociation corps-moi chez des sujets sains permet d'expérimenter les liens complexes entre ressentis du corps et sentiment de soi. Le contexte immersif d'un casque de réalité virtuelle est bien adapté pour déclencher ce type de dissociation en offrant l'isolement visuel des sujets de l'image de leur corps réel. Dans le cas de la stimulation visuo-tactile synchrone, utilisée entre autres dans l'illusion de la sortie hors du corps, on demande aux participants de rester immobiles, parfois en position couchée ou assise, afin que leur attention soit entièrement focalisée sur les deux modalités sensorielles stimulées, c'est-à-dire la vision et le toucher. Leur *présence passive* favorise ainsi l'illusion de l'extériorisation de leur moi. Ceci pose inévitablement la question de savoir quel niveau du sentiment de soi ces conditions expérimentales affectent et ce qu'elles permettent d'expérimenter comme forme minimale de conscience corporelle (Blanke, Metzinger, 2009). Le débat actuel est vif à ce sujet et de multiples interprétations sont avancées, rendant compte de la difficulté d'intégrer les différentes composantes du processus de sentiment de soi et de définir celles qui sont déterminantes pour le modéliser (Oxford, 2017)⁸. La plupart des protocoles en neurosciences utilisant des dispositifs de réalité virtuelle se sont concentrés sur les mécanismes de perception du corps de l'extérieur (entrées extéroceptives) et se sont peu intéressés au rôle de la perception du corps de l'intérieur (signaux intéroceptifs)⁹. Ce n'est que récemment que l'influence d'une partie de cette information sur la dimension extéroceptive a été explorée en projetant sur le corps de l'avatar des signaux cardiaques ou respiratoires en synchronie avec les battements de cœur ou la respiration du sujet. Il a été montré qu'extérioriser ces signaux renforce l'identification avec le corps virtuel et permet de confirmer le rôle de l'intéroception dans le sentiment d'appartenance du corps (Tajadura-Jiménez, Tsakaris, 2014). Par contre et de façon logique, il a été établi que moins les personnes sont réceptives à leur état interne, plus elles peuvent s'identifier au corps de leur avatar. Une manière de constater cette

⁸ cf. conférence <https://senseofselfoxford.wordpress.com>

⁹ produits par le milieu intérieur, les viscères et les muscles lisses (comme intérieur des artères, intestins, bronches)

identification est de faire subir une menace corporelle à l'avatar (sa queue de chat brûle, il reçoit une gifle ou un coup de marteau sur la main) ce qui entraîne inévitablement une réaction de peur et de retrait de la personne. En d'autres termes, lorsque les participants acceptent de se laisser faire et « oublient » leurs corps, ils sont sujets à des illusions qui peuvent aller jusqu'à un « transfert spatial » de leur moi (Kitelni, Groeten & Slater 2012). C'est la clé de ce que j'appellerai *la neutralisation affective du corps réel* qui devient transparent au profit du corps virtuel, accomplissant d'une certaine façon le vieux rêve d'une immersion parfaite du sujet, non pas dans un espace simulé mais dans un avatar d'apparence humaine.

De façon métaphorique, on peut avancer que la manipulation du sentiment de soi à travers l'illusion seule d'appartenance¹⁰ ne peut être effective qu'avec « *de l'existence refroidie* », pour reprendre l'expression de Merleau-Ponty (Merleau-Ponty, 1960) concernant la différence entre « *la présence qui appartient au vécu* » (p.92) et ce qu'un enregistrement conserve de cette présence¹¹. Non pas que cette manipulation ne soit pas vécue intérieurement mais elle implique de figer par la dimension perceptive ce que l'on cherche à manipuler, en minimisant les effets éventuels de modulations émotionnelles produites par la dimension imaginative. Il y a certes des choses à apprendre sur le fonctionnement du cerveau grâce à la possibilité de simuler un transfert dans un autre corps ou une sortie de corps (Slater, Sanchez-Vives, 2014). Les études menées ont permis par exemple d'explorer les mécanismes d'intégration des signaux proprioceptifs, vestibulaires et visuels qui participent à la construction du sentiment de soi (Lopez, Blanke, 2010), (Slater, Spanlang, Sanchez-Vives & Blanke, 2010). De manière plus critique, on pourrait dire que cette approche procède d'une vision cognitiviste et mécaniste de l'humain, principalement centrée sur les interactions sensorimotrices en lien avec le toucher fin et la proprioception (Stapleton, 2013). Elle s'applique à manipuler des objets (un corps, un moi) ou tout du moins des enveloppes (un contenant corporel, un moi global) et cherche à atteindre ce qui pourrait faire sujet à minima en laissant de côté les aspects intéroceptifs, et plus généralement *l'intériorité corporelle*, à l'origine des émotions qui participent elles-mêmes de l'image du corps et de la représentation du moi (Damasio, 1994, 1999, 2010). Alain Milon¹², qui a travaillé sur la dématérialisation du corps dans le virtuel, souligne l'aspect circulaire du problème et résume bien la situation en remarquant que : « *s'il est nécessaire de libérer le corps, c'est uniquement pour affirmer une vie intérieure plus riche, tout en continuant à comprendre que le corps reste...une présence.* » (Milon, 2005 cité p.14 dans Hansen, 2009). La difficulté

¹⁰ à travers l'identification et la localisation du moi

¹¹ Merleau-Ponty évoque un enregistrement audio

¹² philosophe français, enseignant-chercheur à l'université Paris-Nanterre

réside donc dans la possibilité de développer un protocole qui permette d'étudier la boucle rétroactive entre l'expérience perceptive globale et les détails du ressenti émotionnel à une échelle plus fine, c'est-à-dire à un niveau du processus de construction du sentiment de soi beaucoup moins accessible par l'expérience scientifique. En amont du discours narratif et des émotions répertoriées, ce ressenti constitue *la trace organique* d'un vécu singulier, une trace qui se prête d'autant moins à une analyse ciblée qu'elle transparaît comme un sentiment diffus, souvent éphémère et trop instable pour ne pas s'évanouir lorsqu'on tente de la cerner.

ELEMENTA : des avatars-nuage aux avatars-matière

Le projet ELEMENTA¹³ étudie l'impact sensoriel et émotionnel d'une transformation virtuelle de la densité corporelle sous forme d'une matière élémentaire (eau, air, feu) en s'appuyant sur le dispositif RêvA, développé au LIMSI-CNRS depuis plusieurs années dans le cadre de la thématique VIDA¹⁴ (Delprat, 2019). Ce dispositif interactif permet de capturer les mouvements d'une personne et de projeter sur grand écran son avatar-matière qui représente son corps avec le rendu visuel et dynamique de la matière simulée. Aucun port de casque ou de lunettes stéréoscopiques n'est nécessaire. La capture du mouvement par une caméra Kinect permet de construire le squelette numérique de la personne et un générateur de particules réalise la simulation graphique en temps-réel (Delprat, 2019). Les particules étant émises au niveau des points du squelette, la représentation virtuelle du corps est intrinsèquement liée aux gestes de la personne et à ses déplacements. Sa forme va évoluer selon les propriétés de la matière simulée, et il est ainsi possible de « vivre » son corps dans différentes matérialités (cf. figures 1 et 2). Dans le cas de la matière nuage avec laquelle ces recherches ont commencé (Delprat, 2014), l'avatar peut conserver une forme proche de la silhouette humaine (*avatar-cumulus*), être plus enveloppant (*avatar-stratus*) ou complètement abstrait avec une représentation du haut du corps par des lignes horizontales (*avatar-cirrus*). Grâce à la modification des paramètres d'un type de nuage donné, la personne peut tester différentes dynamiques avec des avatars évanescents ou au contraire très compacts et peu réactifs. L'ajout d'un effet audio-visuel de vent contrôlé avec les mains et d'un effet d'échelle qui dépend de la position du participant par rapport à l'écran permet de déplacer le corps virtuel dans l'espace, de s'y fondre ou d'en provoquer la dispersion¹⁵. Les nouveaux rendus graphiques de matières développés récemment

¹³ projet financé en 2018 par la MSH Paris-Saclay (lauréat de l'appel à projet Maturation, 2017)

¹⁴ Virtualité, Interaction, Design et Art : <https://vida.limsi.fr>

¹⁵ vidéo avec des avatars-nuage (LIMSI-CNRS) : https://youtu.be/hwSR_ihy-wI

ont permis de générer des avatars-flamme, bulles et gouttelettes d'eau¹⁶. Un mode de contrôle de la matière par le souffle et la voix est en train d'être implémenté et un séquenceur interactif a été intégré au programme. Ces avancées informatiques vont donner de nouvelles possibilités de correspondance entre sons, matières et gestes. Elles vont aussi offrir une grande liberté dans la configuration temporelle des séquences pour la mise au point de protocoles scientifiques et la création d'œuvres artistiques. Les nouveaux avatars ont d'abord été testés au LIMSI à Orsay puis avec cinq danseurs du PNSD¹⁷ pendant des sessions de travail au LMA à Marseille¹⁸. Ils ont constitué une partie des éléments de l'installation interactive *Murmure*¹⁹ présentée au public lors de l'exposition Biomorphisme à la Friche-Belle de Mai à Marseille, entre novembre 2018 et février 2019 (Delprat, 2020)²⁰.

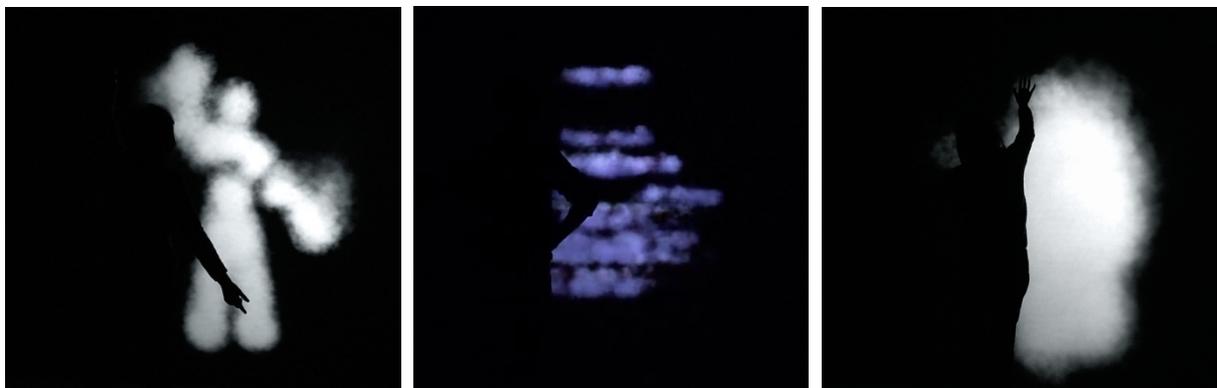


Figure 1 : avatar-cumulus

avatar-cirrus

avatar-stratus

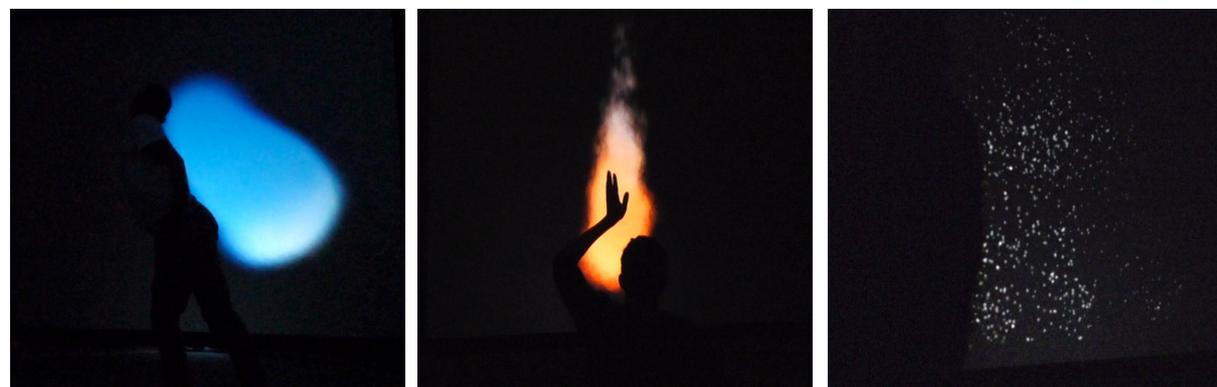


Figure 2 : avatar-bulle

avatar-flamme

avatar-gouttes

crédit photos : nathalie delprat

¹⁶ collaborations de N. Ladevèze, responsable informatique du projet ELEMENTA, et Y. Okuya (LIMSI-CNRS), J-M. Couturier (BlueYeti)

¹⁷ E. Bussinet, H. Maetani, H. Nunogaki, A. Peluso et I. Prandi, Pôle National Supérieur de Danse Rosella Hightower (PNSD, partenaire du projet) et Ballet National de Marseille (BNMNEXT), encadrés par Flora Aubry.

¹⁸ collaboration P. Sanchez, Lab. de Mécanique et d'Acoustique à Marseille (LMA-CNRS, partenaire du projet)

¹⁹ installation interactive, N. Delprat 2018 (cf. catalogue de l'exposition Biomorphisme)

²⁰ dans le cadre du partenariat avec le projet Biomorphisme (Centre Gilles Gaston Granger, CGGG, Aix-Marseille) porté par J. Bernard (philosophe, CGGG) et S. Pic (artiste, Marseille)

Effacement virtuel des frontières corporelles

Plusieurs campagnes de tests menées sur une cinquantaine de personnes avec les avatars-nuage ont montré l'influence des propriétés de la matière sur les mouvements et l'état émotionnel des sujets. Elles ont mis notamment à jour l'existence d'illusions perceptives spécifiques en lien direct avec la matière simulée. Le protocole expérimental, les résultats et les différentes pistes d'analyse sont présentés dans (Delprat, 2019). Très brièvement, on peut souligner que pour une grande majorité de participants, l'expérience est jugée agréable voire très agréable, avec des sensations de voler, de légèreté ainsi que des ressentis de la matière à l'intérieur du corps. Une minorité d'entre eux décrit des sentiments plus déstabilisants et parfois angoissants de « *corps qui se vide* » (12%), « *qui se morcelle* » (15%) avec des avatars aux limites floues, trouées ou fuyantes comme par exemple l'avatar-cirrus et l'avatar-stratus avec vent. Dans ces cas, les matières nuage permettent d'expérimenter l'effacement virtuel des frontières corporelles avec pour certains des sensations très troublantes. Cela peut aller d'un sentiment de perte des repères corporels « [...] *tout est flou, même mon corps, il n'y a pas de limites, il n'y a rien*²¹ » jusqu'à la perturbation du sentiment de soi : « [...] *quelque chose qui m'échappe comme si je perdais des bouts de mon être, des lambeaux de mon être qui s'en vont* » ou encore de perte de l'unité corporelle « [...] *je ne me sentais pas coupée physiquement mais c'est comme si, psychiquement je ne ressentais plus mes bras, mes jambes, même si je sais que je marchais toute entière* ». Il peut aussi y avoir un sentiment de perte de contenance : « [...] *cela me donnait l'impression d'être sans substance, sans enveloppe* ». Pour la plupart des sujets, ces sentiments sont difficiles à verbaliser et n'ont jamais été éprouvés, sauf peut-être à évoquer pour quelques-uns le passage du sommeil à la conscience « [...] *dans ce moment, où on quitte un moment de rêve et on revient à la réalité, on se réveille. Ce moment où on n'est pas trop sûr de ce qui s'en va et de ce qui arrive dans ce qu'on perçoit, dans le flou des perceptions qu'on a, et du coup cette impression d'étrange, d'étrangeté* ». L'ensemble des entretiens recueillis apporte de multiples témoignages de l'impact de l'expérience, à des niveaux divers et selon le type de nuage, sur l'image que nous avons de notre corps et de la représentation du moi que nous en formons. La question est d'arriver à comprendre de quelle façon les différences dans le traitement du corps virtuel - notamment à travers la question des frontières - affectent ces représentations, souvent de manière brève mais avec une reproductibilité qui diminue le poids que pourrait avoir l'effet de surprise²². Même si les ressentis exprimés sont suffisamment différenciés pour faire apparaître

²¹ extraits d'entretiens recueillis pendant le protocole (cf. Delprat, 2019)

²² le protocole comprend deux séquences successives de 12 mn, chacune suivie d'un entretien de 10mn environ

des caractéristiques spécifiques selon le nuage testé, il reste à expliquer les écarts dans les seuils individuels de perturbation des frontières corps-moi et dans la valeur positive ou négative du vécu émotionnel associé.

Sentiment de perte des limites : un vécu en « profondeur »

La corrélation entre les qualités matérielles de l'avatar-nuage et les ressentis de la personne réside en partie dans le sentiment d'appartenance mais aussi dans les mécanismes de reconnaissance de soi comme c'est le cas lorsqu'on se regarde dans un miroir. La nouveauté de l'expérience proposée est que le miroir n'a pas seulement un effet de transformation spatiale de l'information visuelle mais affecte la forme du corps par la *substance propre* du « reflet » simulé. Certaines personnes peuvent rester dans le contrôle distancié de cette représentation virtuellement substantialisée en ayant des sensations principalement engendrées par la dimension kinesthésique de l'interaction, comme dans la sensation de voler, ou à travers des illusions provoquées par des stimuli visuo-proprioceptifs contradictoires qui peuvent donner par exemple le sentiment d'être poussé sur un côté alors que le corps réel est fixe et que le nuage est balayé par le vent. Lorsque le sujet reste immobile face à son avatar, notamment avec le stratus de forme enveloppante, des états émotionnels associés à des sensations de bien-être comme la sérénité, le calme, ou l'impression de flotter, peuvent aussi apparaître. Pour les participants qui arrivent à lâcher prise tout en restant focalisés sur leurs ressentis, la connexion avec l'image se réalise au-delà du simple jeu de contrôle d'un reflet flou ou d'une masse déformable. A la relation spatiale et agentive basée sur le schéma corporel²³ s'ajoute une composante émotionnelle plus importante avec des degrés divers de projection du sujet dans le nuage qui peuvent aller de la sensation subtile de *s'y retrouver* au sentiment d'y être *intimement lié*, même lorsque la forme est très éloignée de la silhouette humaine « *c'est un peu étrange, [...] ce n'était pas moi à proprement parler mais il y a quand même quelque chose de moi* », « *[...]j'étais là mais en même temps j'étais le nuage et c'était comme si les deux se reconnectaient* ». Comme mentionnés précédemment, des sentiments plus angoissants d'effacement des frontières peuvent aussi apparaître, que cela soit par rapport aux limites corporelles « *au début de voir l'avatar filer comme ça, c'était presque comme si je me vidais [...]* » ou par rapport à l'unité du sentiment même de soi, « *c'était très perturbant, alors j'ai essayé de pas bouger pour ne pas perdre des bouts de moi, mais en fait ça partait quand même et du coup cela trouble un peu, j'ai le sentiment de me perdre* ». L'impact de l'avatar-matière

²³ cartographie « dynamique » du corps par le cerveau à partir des postures et des mouvements dans l'espace

sur la représentation des limites du corps, et par la même de son enveloppe protectrice, produit chez certaines personnes des sensations corporelles spontanées comme des picotements dans la paume des mains, des fourmillements dans la nuque ou encore de la chaleur à l'intérieur du corps (Delprat, 2019). Ces réactions cutanées dans l'épaisseur du derme, de ce qu'Antonio Damasio nomme « *la peau viscérale* » par opposition avec la peau comme surface de contact (Damasio, 1994), représentent un effet de régulation du métabolisme interne et sont un moyen pour l'organisme de rétablir une représentation stable des limites du corps réel en reprenant *de l'intérieur* le contrôle des frontières (Michael, Naveteur, Dupuy & Jacquot, 2015). Ces sensations, basées principalement sur des informations intéroceptives, sont jugées positivement comme apaisantes et plutôt agréables par ceux qui les ressentent. Par contre, on peut supposer que des sujets ayant une sensibilité intéroceptive moindre (Tsakiris, Critchley, 2016) n'arrivent pas à réajuster rapidement l'image de leurs références corporelles, ce qui peut les conduire au sentiment désagréable de perte de l'entité corps-moi par morcellement, dissipation ou dislocation. Dans l'incapacité de percevoir suffisamment l'état présent de leurs corps, ils semblent « émotionnellement débordés »²⁴ par l'interaction avec leur avatar matériel et décrivent ce qui s'apparente à une perturbation momentanée de la représentation de leur moi. Les retours d'expérience recueillis lors des protocoles expérimentaux (Delprat 2019) suggèrent que cette *virtualisation en profondeur* du moi²⁵ pourrait fournir un outil pertinent pour étudier le rôle de la dimension intéroceptive dans le processus complexe de la construction du sentiment de soi - concept *d'inner-self* (Tajadura-Jiménez, Tsakiris, 2014) (Craig, 2002) -. L'idée, que j'ai formulée dès les résultats du premier protocole, est que l'interaction avec un avatar-matière engage le sujet au niveau *des sentiments d'arrière-plan* (Damasio, 1994, 1999, 2010) qui nous renseignent en permanence sur l'état global de notre corps sans que nous y prêtions attention, excepté lorsque ce dernier est altéré ou perturbé. Selon Damasio, ces sentiments serviraient de cadre référence à l'émergence d'un *moi-noyau* conscient d'exister mais aussi de posséder un corps avec des frontières définies, qu'il peut contrôler et qui lui apporte une perspective singulière sur le monde extérieur. Ce stade transitoire dans le processus d'élaboration du sentiment de soi précède la construction verbale, les références autobiographiques et le sens du passé et du futur. Il ajoute cependant une tonalité émotionnelle, *un vécu conscient* et *qualitatif* de la perception du corps dans l'instant, entre bien-être et

²⁴ au sens biologique de la réponse de l'organisme à une modification du corps, réelle ou imaginée

²⁵ je choisis ce terme par opposition à *la virtualisation en surface* du moi des full-body illusions qui manipulent un moi-enveloppe, en jouant plus sur la dimension extéroceptive qu'intéroceptive

douleur, relaxation et tension, légèreté et lourdeur, lassitude ou énergie²⁶ qui serait selon lui à la base de l'expérience subjective. A côté des théories autour du *self-embodiment* qui ont mis en évidence le rôle de la sensibilité intéroceptive dans le sentiment d'appartenance du corps et dans la modulation des frontières entre soi et les autres (cf références dans Tajadura-Jiménez, Tsakiris, 2014), les recherches en psychologie clinique et en psychiatrie sur le vécu du sentiment des frontières peuvent aussi donner des pistes d'analyse. Parmi ces approches, le concept de *Moi-peau* développé en psychologie psychanalytique par Didier Anzieu permet de travailler sur les liens métaphoriques entre la peau comme *enveloppe corporelle* limitante, contenante et *l'enveloppe psychique* garante d'un espace intime unifié, à la frontière perméable et plus ou moins rigide selon l'histoire du développement psychique de la personne depuis les échanges précoces - notamment tactiles - entre la mère et le nourrisson (Anzieu, 1985)(Chabert, Cupa, Kaës & Roussillon, 2007). La question de la variabilité interindividuelle des seuils psychiques de *perméabilité* ou de *barrière* qui participent de l'expérience subjective des limites de soi avec le monde ou avec les autres, a fait l'objet de peu d'expérimentations du fait de la difficulté à construire des tests psychométriques donnant des résultats statistiquement pertinents (Krzewska, Dolińska-Zygmunt, 2013). L'identification avec un avatar-nuage aux contours mal définis et mouvants pourrait servir de support à ce type d'étude à travers la manipulation virtuelle du sentiment des frontières fluctuantes entre le *Moi-psychique* et le *Moi-corporel*²⁷. Elle pourrait aider notamment à trouver des critères indicatifs permettant de discerner les personnes ayant une fragilité ou un manque de stabilité de l'image de leur corps dus à d'éventuelles carences²⁸ ou troubles des fonctions de leur *Moi-peau*. Il y a là une grille d'analyse que j'ai commencée à explorer (Delprat, 2019) et qui est complémentaire de celle des neurosciences pour arriver à mieux cerner ce qui fait l'originalité et la spécificité du vécu de l'interaction avec les avatars-nuage.

Immersion imaginative : entre attention et rêverie

Que cela soit du côté des sensations corporelles ou du ressenti psychique, la perception de l'expérience peut varier pour chaque personne selon le contexte ou l'humeur du moment. Il n'y a pas eu encore de répétition du protocole sur plusieurs jours ou plusieurs semaines pour quantifier précisément ces variations et évaluer leurs effets. Dans tous les cas, cette perception

²⁶ paires de qualificatifs énumérées par Damasio et dont une grande partie est apparue dans les entretiens, c'est d'ailleurs de cette façon que j'ai été amenée à m'intéresser aux sentiments d'arrière-plan

²⁷ termes choisis par Anzieu

²⁸ une étude pilote du côté de la psychopathologie et de la psychiatrie devrait bientôt démarrer pour approfondir ces aspects psychiques et pour donner des pistes pour l'adaptation du protocole à certaines pathologies.

dépend fortement du niveau d'engagement dans l'image qui s'appuie lui-même sur le degré d'attention porté au corps, et plus particulièrement à l'état d'arrière-plan. Pour faire émerger les sentiments qui y sont associés et donc tendre vers un niveau fondamental de la perception consciente du corps, il faut écarter tout acte guidé, analysé ou commenté en direct et garder uniquement un contact sensoriel avec l'image à travers un minimum de gestes ou bien par l'alternance entre mouvement et immobilité. L'état le plus propice pour trouver cet équilibre est celui d'une *rêverie active* qui offre la liberté et la disponibilité suffisantes pour s'immerger imaginativement dans un corps-nuage et en éprouver les qualités matérielles par l'action. En d'autres termes, il ne s'agit pas simplement de laisser vagabonder son esprit - concept de *mind-wandering* (Mason, Norton, Van Horn, Wegner, Grafton & Macrae, 2007) - mais d'ancrer ce vagabondage dans la substance dynamique de l'élément qui le porte, en restant concentré sur ses ressentis. C'est ainsi que se définit ce que j'ai appelé *l'expérience de Rêverie Augmentée* en référence d'une part aux travaux théorique de Gaston Bachelard sur la rêverie des éléments qui ont nourri cette recherche depuis le début (Delprat, 2015), et d'autre part aux applications technologiques de Réalité Augmentée qui enrichissent notre perception par l'ajout au monde réel de composantes virtuelles²⁹. Avec les avatars-matière, c'est l'imaginaire qui est sensoriellement³⁰ augmenté par le virtuel et prend de fait une place essentielle dans la boucle d'action-perception. Cette proposition reste très atypique dans le cadre d'une recherche scientifique et nécessite de développer une nouvelle méthodologie prenant en compte ce changement radical de perspective dans l'utilisation d'un dispositif de simulation interactive. En déplaçant le point de vue vers une position intermédiaire entre sujet agissant et sujet rêvant, l'expérience de Rêverie Augmentée se situe au-delà d'une simulation du réel qui chercherait dans le réalisme de l'image l'ancrage d'une illusion perceptive d'un vécu dématérialisé, tel que développé dans de nombreux protocoles et se trouve en-deça d'une fantaisie qui serait sans rapport au réel et générerait un imaginaire singulier auquel la personne adhère ou pas, comme cela peut être le cas dans des installations artistiques. En termes bachelardiens, c'est avant tout *l'adhésion intime* à l'image par la rêverie qui va déterminer le degré d'immersion du sujet dans l'avatar-nuage à travers une *participation substantielle* qui convoque le corps de l'intérieur et nous fait connaître « *toute une perspective d'antécédence d'être* » (p.93, Bachelard, 1960). L'intention n'est pas de chercher à tromper la perception pour faire mieux ressentir un nouveau mode d'être mais de s'appuyer sur *la dimension imaginaire* de l'expérience subjective et de

²⁹ comme dans les jeux vidéo ou sur les téléphones portables (par exemple, intégrer virtuellement un meuble dans une maison pour choisir son emplacement)

³⁰ pour être précis, il faudrait parler d'augmentation somato-sensorielle

l'impact qu'elle peut avoir sur la conscience corporelle pour atteindre des strates profondes du sentiment même de soi.

Matérialité de la forme et approche biomorphique

Contrairement à la plupart des représentations du corps simulées dans les dispositifs virtuels, le corps-nuage ne se réduit pas à une forme aux contours bien délimités. Il se déploie dans un espace qui va s'étendre ou se concentrer selon les propriétés de la matière et les mouvements du participant, permettant ainsi d'expérimenter la *malléabilité plastique* de l'image virtuelle, de s'y projeter, de se laisser porter ou envahir par elle. Cette indifférenciation entre matière et espace peut participer du sentiment de l'effacement des frontières par la difficulté de séparer le dedans et le dehors qui vont se mélanger d'autant plus que la matière est dynamique et qu'un effet de vent peut venir amplifier l'équilibre instable de la représentation virtuelle. La différence de postures entre les personnes qui s'adaptent à l'image mouvante de leur corps et jouent avec l'effet de puissance ou de liberté que le vent leur procure et celles (une minorité) qui restent statiques sans oser bouger pour de ne pas avoir le sentiment de s'éparpiller est une illustration de l'aspect ambivalent de l'expérience. Si la matière a un comportement réaliste et réagit comme on s'y attend, l'image transformée du corps qu'elle renvoie peut entrer en conflit avec les données sensorielles immédiates : cela ne peut être et pourtant je le ressens, je suis toujours moi mais mon image me dit autre chose. Il faut avoir la capacité de se (re)trouver *en empathie* avec cette projection évolutive de soi et s'accorder corporellement à la temporalité, la fluidité que la matière impulse à la forme afin de se l'approprier imaginativement (Delprat, 2015). Dans le cas contraire, la difficulté de mettre en correspondance dans l'instant l'image du corps réel et celle du corps virtuel peut créer un mal-être, un trouble et faire surgir - souvent sur un temps très bref - des sentiments angoissants de perte de l'entité corps-moi à travers le court-circuitage de la boucle corporelle par l'imaginaire. L'ajustement de l'image virtuelle à l'imagination et non pas à la perception (Wiesing, 2010) peut ainsi opérer comme un révélateur, au sens chimique du terme, de l'enfoui et de l'invisible qui vont s'exprimer par le biais de l'interfaçage avec le corps. Cette perspective d'intimité avec la matière-nuage, les possibilités de déformations continues et de transformations infinies comme la médiation de l'imaginaire dans le rapport à l'espace sont autant d'éléments qui permettent de repenser l'avatar-matière dans le cadre de ce que j'appellerai *une approche biomorphique* du corps virtuel, en particulier à travers

la reconfiguration des frontières et la matérialité des formes (Maldonado, 2006)³¹. Si les avatars les moins anthropomorphiques provoquent les ressentis les plus marqués, c'est parce qu'ils offrent une prise, même vague et éphémère, à un approfondissement des apparences au-delà du langage et de l'imitation qui « s'in-forme » dans le processus organique de la construction du sentiment de soi. Ce retournement - ce détournement - vers et par le corps a besoin du support de l'imagination matérielle et de sa matérialisation virtuelle pour peser non pas sur le sentiment de présence mais sur la représentation même du moi à un niveau de conscience minimal. Entre ce qui se voit et ce qui reste caché, la métamorphose du corps-nuage se vit comme l'expérience sensible d'un dévoilement intérieur dans la jonction et le rééquilibrage de forces internes et de dynamiques externes, avec des intensités variables selon les personnes. C'est en ce sens qu'une *esthétique biomorphiste*, actualisée dans son rapport au vivant à travers la prise en compte de l'hybridation du sujet avec le digital, peut aider à développer un regard différent sur la manière de modéliser l'humain et d'aborder l'étude expérimentale de la conscience de soi autrement. L'enjeu est la création de valeurs éthico-esthétiques qui s'affranchissent autant que possible d'un rapport réducteur au vivant, imposé par la nature même des technologies de la représentation que sont les dispositifs de simulation interactive utilisés de façon conventionnelle. La multiplication actuelle des interactions entre les champs de la création en art et de la recherche en sciences de l'ingénieur ou des sciences humaines traduit pour une large part ce besoin de penser collectivement des problématiques éthiques qui dépassent largement les frontières disciplinaires, par exemple sur les avancées des biotechnologies, le traitement des données à grande échelle ou l'impact de l'activité humaine sur le changement climatique (Chomaz, 2018). Dans l'urgence de redéfinir notre lien au monde, l'approche biomorphique du corps virtuel sous-tend la nécessité de développer une *écotechnie* au sens écologique du terme³² qui viserait à maîtriser l'évolution homme-machine dans un environnement durable, accordé sur le temps de l'humain et non pas sur celui des innovations technoscientifiques pilotées par des enjeux économiques. Dans l'impératif épistémologique de fonder une nouvelle ontologie qui tienne compte de la virtualisation du sujet et de ses implications sur le corps connecté, réparé ou augmenté (Nancy, 2010), cette écotechnie doit fournir un cadre novateur pour repenser la dialectique du sujet et de l'objet en s'appuyant sur les interrelations entre arts et sciences en termes de *création et d'imaginaire*. Il me semble essentiel d'intégrer ces dimensions

³¹ sur l'évolution du terme *biomorphisme* dans l'histoire de l'art et son actualisation, voir argumentaire et références dans le descriptif du projet Biomorphisme - <https://biomorphisme.hypotheses.org>

³² je transpose au monde numérique les critères du programme d'écotechnie développé conjointement par l'UNESCO et la fondation Cousteau pour le développement durable des ressources naturelles

dans les protocoles expérimentaux au plus tôt dans leur conception, y compris et surtout lorsqu'ils sont à visée thérapeutique, afin de développer de nouveaux modèles de savoirs qui puissent offrir des pratiques alternatives dans la prise en charge de patients à l'aide des technologies virtuelles.



Figure 3 : *Murmure*, crédit photo : nathalie delprat

Le projet ELEMENTA n'est plus dans sa phase exploratoire de faisabilité, même si l'enrichissement du dispositif RêvA est toujours en cours et que d'autres perspectives vont apparaître avec les nouveaux avatars-matière. L'approfondissement théorique et la validation expérimentale du *paradigme de Rêverie Augmentée* se poursuit sur différents aspects à la fois dans le domaine des applications médicales, des neurosciences et de celui de l'art³³. La *mise à l'épreuve de l'humain* qui est en jeu dans ce champ de recherche et de création encore en chantier, participe d'une interrogation épistémologique plus large sur le vécu d'expériences de pensée substantialisées par le médium virtuel et sur le type de connaissances qui peut en résulter. Il est donc important d'effectuer la mise en cohérence de cette production trans/interdisciplinaire à partir de grilles d'analyse scientifiques, conceptuelles et esthétiques complémentaires³⁴. Les questions fondamentales soulevées par cette exploration m'ont conduit à faire de nombreux allers-retours, hypothèses, essais lors de la mise au point des dispositifs ou

³³ dès le début, j'ai exploré la dimension poétique de l'expérience en réalisant des vidéos et des installations artistiques dont certaines ont été présentées à l'exposition Biomorphisme (cf. catalogue de l'exposition)

³⁴ c'est que je vais m'attacher à poursuivre en 2020 dans le cadre d'une délégation CNRS au GGGG et d'une résidence courte à la Villa Médicis

des protocoles et de l'interprétation des résultats. Mettre en correspondance l'incertain et l'hétérogène, comparer une idée naissante avec des modèles existants, s'insérer dans des logiques fermées, repérer ce qui peut faire sens avant d'avoir des certitudes, risquer la fragilité et la contradiction, bifurquer grâce à des rencontres, c'est ce qui fait le sel et constitue le moteur d'une recherche radicalement nouvelle. Cependant, je n'aurais pas eu la détermination de poursuivre et de défendre cette proposition singulière si je ne m'étais pas appuyée sur les travaux de Gaston Bachelard sur la *phénoménologie de l'imagination* dont la profondeur de vue et la modernité ne se démentent pas au fur et à mesure de l'avancée du projet. Ce sillon bachelardien me conduit bien au-delà d'une mise en perspective contemporaine de la typologie de l'imagination matérielle avec les résultats d'une expérience de matérialité virtuelle, déjà riche de résultats et de potentialités. A mon sens, il nous donne quelque chose d'encore plus fécond, à savoir la direction vers laquelle il faut tendre pour créer une méthodologie qui intègre les critères de la preuve et les valeurs du sensible, en cherchant à atteindre *la dimension poétique de l'être* par un nouveau mode de connaissance qu'il reste à développer.

Références

- Anzieu, D., *Le Moi-peau* (1985). Paris : Dunod.
- Bachelard, G. (1942). *L'eau et les rêves*. Paris : Librairie Joseph Corti.
- Bachelard, G. (1943). *L'air et les songes - Essai sur l'imagination du mouvement*. Paris : Librairie Joseph Corti.
- Bachelard, G. (1948). *La terre et les rêveries de la volonté*. Paris : Librairie Joseph Corti.
- Bachelard, G. (1957). *La poétique de l'espace*. Paris : PUF.
- Bachelard G. (1960). *La poétique de la rêverie*. Paris : PUF.
- Bachelard G. (1961). *La flamme d'une chandelle*. Paris : PUF.
- Banakou, D., Groten, R. & Slater, M. (2013). Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes. *Proc. Nat. Acad Sci.*, 110 (31), 12846–12851.
- Blanke O., Metzinger T. (2009). Full-body illusions and minimal phenomenal selfhood. *Trends in Cognitive Science*, 13 (1), 7-13.
- Chabert C., Cupa D., Kaës R., Roussillon R. (Eds.). (2007). *Didier Anzieu : le Moi-peau et la psychanalyse des limites*. Le carnet Psy. Toulouse : Erès.

- Chomaz, J.-M. (2018). It is time to think the Anthropocene! A manifesto. *Leonardo Journal*, 51, 2, 217-219.
- Craig, A.D. (2002). How do you feel? Interoception: The sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 655-666.
- Damasio, A. (1994). *L'erreur de Descartes, La raison des émotions*. Paris : Odile Jacob.
- Damasio, A. (1999). *Le sentiment même de soi - Corps, émotion, conscience*. Paris : Odile Jacob.
- Damasio, A. (2010). *L'autre moi-même - Les nouvelles cartes du cerveau, de la conscience et des émotions*. Paris: Odile Jacob.
- De Vignemont F. (2016). Pain and the bodily self. In *Pain and the conscious brain*, Ed.: L. Garcia-Larrea. Publisher: IASP Press.
- Delprat, N., (2014). Walking clouds and Augmented Reverie. *Leonardo MIT Press Journal*, 47, (1).
- Delprat, N. (2015), Imagination matérielle et images virtuelles : la Rêverie Augmentée de l'être nuageux, colloque *Bachelard 2012: le surrationalisme 50 ans après*, ENS-ULM, Paris, Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01233281/document>
- Delprat, N. (2016). Temporalités du virtuel et réalités du corps : de l'être nuageux aux doubles de Narcisse, colloque *Le sujet digital*, Université Paris 8, Paris. Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01289318/document>
- Delprat, N. (2019). Effacement virtuel des frontières corporelles et sentiment de soi dans l'expérience de l'avatar-nuage. 46^{ème} *Journées annuelles de thérapie psychomotrice : le corps et ses représentations*, Antibes, octobre 2017. Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02146012/document>
- Delprat, N. (2019). Quand l'art et la science inventent ensemble d'autres explorations de soi, entretien réalisé par S. Allemand. In *MSH Paris-Saclay, 5 ans d'interdisciplinarité sur un plateau*. Cachan : MSH Paris-Saclay Editions, 97-104. Disponible sur : <http://msh-paris-saclay.fr/la-msh-paris-saclay-publie-son-livre-anniversaire-5-ans-dinterdisciplinarite-sur-un-plateau/>
- Delprat, N. (2020) à paraître. *Catalogue de l'exposition Biomorphisme*, Friche-Belle de Mai Marseille, 10 novembre 2018-10 février 2019, édité par les éditions NAIMA, bientôt disponible en ligne
- Hansen, M. (2006). *Bodies in code - Interfaces with digital media*. New York : Routledge.
- Ijsselstein, W.A., de Kort, Y.A.W. & Haans, A. (2006). Is this my hand I see before me? The rubber hand illusion in Reality, Virtual Reality, and Mixed Reality. *Presence*, 15 (4), 455-464.

- Kitelni, K., Groeten, K., Slater, M. (2012). The sense of embodiment in Virtual Reality. *Presence*, 21(4), 373–387.
- Kiltner K., Bergstrom I., Slater, M. (2013). Drumming in immersive virtual reality: the body shapes the way we play. *Visualization and Computer Graphics*, 19 (4), 597-605.
- Kiltner, K., Maselli, A., Kording, K.P., Slater, M. (2015). Over my fake body: body ownership illusions for studying the multisensory basis of own-body perception. *Frontiers in human neuroscience*, 9: 03.
- Krzewska I., Dolińska-Zygmunt G. (2013). Sense of Body Boundaries Survey: construction and psychometric values . *Polish Journal of Applied Psychology*, 11(3), 93-110.
- Lenggenhager, B., Tadi, T., Metzinger, T., Blanke, O. (2007). Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness. *Science*, 317, 1096–1099.
- Lopez C., Blanke O. (2010). Influence de la position corporelle sur la perception des espaces corporel et extra-corporel et sur la conscience de soi, *Revue de Neuropsychologie*. 2 (3), 195-202.
- Maldonado G. (2006). *Le cercle et l'amibe - Le biomorphisme dans l'art des années 1930*. Coll. L'art et l'Essai. Paris: CTHS-INHA.
- Mason M., Norton M., Van Horn J., Wegner D., Grafton S., Macrae N. (2007). Wandering Minds: The Default Network and Stimulus-Independent Thought. *Science*, 315, 393-395.
- Merleau-Ponty, M. (1969). *La prose du monde*, Paris : Gallimard.
- Michael, G.A., Naveteur, J., Dupuy, M.A., Jacquot, L. (2015). My heart is in my hands: The interoceptive nature of the spontaneous sensations felt on the hands. *Physiology & Behavior*, 143, 113-120.
- Milon A. (2005). *Réalité virtuelle : Avec ou sans le corps*. coll. « Le corps, plus que jamais ». Paris : Autrement.
- Nancy J-L. (2010), *Corpus*. Paris: Editions Métailié.
- Slater, M., Sanchez-Vives, M.V. (2014). Transcending the Self in Immersive Virtual Reality. *IEEE Computer*, 47 (7), 24-30.
- Slater M., Spanlang B., Sanchez-Vives M.V., Blanke O. (2010). First Person Experience of Body Transfer in Virtual Reality. *PLoS ONE* 5(5): e10564.
- Stapleton M. (2013). Steps to a « Properly Embodied » Cognitive Science. *Cognitive Systems Research*. 22-23, 1-11.
- Stephoe W., Steed A., Slater M. (2013). Human tails: ownership and control of extended

- humanoid avatars. *IEEE Trans Vis Comput Graph* 19 (4), 583-590.
- Tajadura-Jiménez A., Tsakiris M., (2014): Balancing the « inner » and the « outer » self: interoceptive sensitivity modulates self-other boundaries. *Journal of Experimental Psychology: General*. 143(2), 736-744.
- Tsakiris M. Critchley H. (2016). Interoception beyond homeostasis: affect, cognition, and mental health. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 371: 20160002.
- Tsakiris M., Prabhu G., Haggard P. (2006). Having a body versus moving a body : How agency structures body-ownership. *Consciousness and cognition*, 15, 423-432.
- Van der Hoort, B., Guterstam, A. & Ehrsson, H. H. (2011). Being barbie: The size of one's own body determines the perceived size of the world. *Plos One* 6 (5), e20195.
- Wiesing L. (2010). *Artificial Presence: Philosophical Studies in Image Theory*. California: Stanford University Press.