

Université de Montréal

Odorama V2 : Tentative de médiation technologique de la synesthésie tactile-olfactive

Par

Géraldine Piguet

Département de communication

Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté dans le cadre de l'obtention du grade de Maître des Sciences (M. Sc.) en sciences de la communication, option recherche-crédation

Novembre 2019

© Géraldine Piguet, 2019

Université de Montréal

Département de communication, Faculté des arts et des sciences

Ce mémoire intitulé

Odorama V2 :

Tentative de médiation technologique de la synesthésie tactile-olfactive

Présenté par

Géraldine Piguet

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes

Line Grenier

Présidente-rapporteuse

Aleksandra Kaminska

Directrice de recherche

Thierry Bardini

Membre du jury

RÉSUMÉ

La synesthésie est une condition neurocognitive bénigne où les sujets porteurs de cette différence expérimentent des associations sensorielles de manière automatique, involontaire et idiosyncratique. Chez eux, les informations issues d'une modalité sensorielle telle que la vue, entraînent simultanément l'expression des modalités d'autres sens, tel que l'odorat. Cette particularité serait présente chez environ 4 % de la population mondiale (Hubbard, 2007). Il existe des dizaines de formes répertoriées (Day, 2011) et la teneur de leur expression varie d'un individu à l'autre (Simner, 2013). La synesthésie tactile-olfactive est présente chez 0,3 % des synesthètes (Day, 2011). Elle entraîne des perceptions olfactives selon les textures et autres sensations tactiles. La synesthésie a plusieurs impacts sur le quotidien des synesthètes, car elle affecte notamment leur façon de percevoir et de ressentir leur environnement. Puisqu'il s'agit d'une forme de développement neurocognitif alternatif (Ward, 2019), il peut être considéré comme un type de neurodiversité à part entière. Les expériences synesthésiques sont difficilement exprimables par le langage, ce qui peut provoquer un sentiment d'exclusion (Nielsen et al., 2013). Une des façons de favoriser l'inclusion est l'empathie (Masten, Morelli et Eisenberg, 2011), qui peut être suscitée grâce à des œuvres et des expositions artistiques qui impliquent l'engagement physique des spectateurs (Raboison, 2014). Nous avons donc tenté de créer une expérience artistique permettant aux participants d'expérimenter avec leur corps les effets de la synesthésie tactile-olfactive. Cependant, il n'existait pas de média capable de réaliser la médiation de ce phénomène sensoriel. Nous nous sommes donc attelées à la conception et à la réalisation d'un tel artefact. En appliquant la méthodologie de la recherche-création, et en particulier les principes du mouvement *DIY* du « faire », nous avons créé un prototype de machine simulant les effets de la synesthésie tactile-olfactive. Toutefois, cette entreprise de création d'un dispositif de médiation technologique s'est révélée ardue et notre création finale ne ressemble pas exactement au prototype que nous espérions produire. Nous sommes allées aussi loin que nos compétences techniques nous le permettaient pour livrer un objet qui nécessiterait des améliorations futures. Le présent mémoire présente le cadre conceptuel et théorique ainsi que le processus de création dudit artefact. Grâce aux enseignements tirés de l'analyse de notre pratique, nous concluons qu'il existe plusieurs enjeux sociaux et techniques dans la pratique du « faire » en tant que méthode de création d'artefacts technologiques. Nous discutons finalement le rôle qu'un tel projet de recherche-création peut jouer dans la

sensibilisation du public vis-à-vis des phénomènes neurocognitifs que sont la synesthésie et la neurodiversité.

Mots clés : Recherche-crédation ; Synesthésie ; Perception ; Sens ; Inclusion ; Prototype ; Média ; Médiation ; Neurodiversité, DIY/Making

ABSTRACT

Synesthesia is a benign neurological condition in which subjects experience an automatic, involuntary and idiosyncratic cross-activation of the senses. For them, the information from one sensory modality (e.g. sight) triggers a response from another sensory modality (e.g. smell). This condition is estimated to be present in at least 4% of the population (Hubbard, 2007). Dozens of forms of synesthesia exist, and their expression varies from one individual to the next (Simner, 2013). Smell-touch synesthesia affects around 0.3% of the synesthete population (Day, 2011). It induces olfactory perceptions according to textures and other tactile sensations. Synesthesia impacts the day-to-day lives of synesthetes, as it affects the way they perceive and feel their environment. Since it is a form of divergent neurocognitive development (Ward, 2019), it can be considered a form of neurodiversity. Like any form of neurodiversity, its manifestations are difficult to express with language. This can lead to feelings of exclusion (Day, 2005; Nielsen et al., 2013). One way to promote inclusion is through empathy (Masten, Morelli, & Eisenberg, 2011), which can be facilitated through physically engaging artworks and exhibitions (Raboisson, 2014). Our goal was to create an artistic experience that allows participants to physically experience the reality of touch-smell synesthesia. However, as there was no media able to mediate this sensory phenomenon, we tried to understand how to design and build one. By applying a research-creation methodology, and in particular the principles of the DIY “maker movement,” we intended to create a prototype capable of simulating the effects of touch-smell synesthesia. However, this process of creating a device for the technological mediation of the senses proved to be a difficult one, and our final prototype is not exactly what we hoped to produce. We went as far as our technical skills allowed us to and we delivered an object that would require some future improvements. This present Master’s thesis presents the conceptual and theoretical frameworks as well as the process of creating this artefact. Based on the lessons learned from our practice analysis, we conclude that there are several social and technical issues that need to be addressed in the “maker” practice as a method for creating technological artifacts. Finally, we discuss the role that such a research-creation project can play in raising public awareness of synesthesia and neurodiversity.

Keywords: Research-creation; Synesthesia; Perception; Inclusion; Senses; Prototype; Media; Mediation; Neurodiversity; DIY; Maker Movement

Table des matières

RÉSUMÉ	- 3 -
ABSTRACT	- 5 -
LISTE DES FIGURES	- 8 -
LISTE DES ABBRÉVIATIONS	- 9 -
REMARQUE PRÉLIMINAIRE	- 9 -
REMERCIEMENTS	- 10 -
INTRODUCTION	- 11 -
I. PERCEPTION, NEURODIVERSITÉ ET SYNESTHÉSIE : UNE HISTOIRE DE SENS	- 14 -
1. <i>La perception</i>	- 14 -
a. Les différentes approches de la perception	- 14 -
b. Les sens : des organes de perceptions socialement définis	- 18 -
c. L'odorat et le toucher, des sens essentiels au développement de l'humain	- 21 -
2. <i>Neurodiversité : des fonctionnements neurocognitifs différents</i>	- 27 -
a. Définition et historique	- 27 -
b. Les manifestations sensorielles de la neuroatypie	- 30 -
3. <i>La synesthésie : un type particulier de neurodiversité</i>	- 31 -
a. Historique et caractéristiques du phénomène	- 31 -
b. L'incarnation de la subjectivité	- 34 -
c. La synesthésie tactile-olfactive	- 36 -
II. MEDIAS ET MEDIATION : COMMUNIQUER SES EXPERIENCES PERCEPTUELLES	- 40 -
1. <i>Le langage comme premier vecteur d'expression des perceptions</i>	- 40 -
2. <i>Les médias comme extension des sens</i>	- 44 -
a. Les médias : limite et conditionnement	- 44 -
b. Les technologies haptique et olfactive	- 48 -
3. <i>L'art et la synesthésie : tentative d'expression de l'indicible</i>	- 53 -
a. Art comme médiation de la subjectivité sensorielle	- 53 -
b. Les vertus de l'art expérientiel : l'engagement du corps du spectateur	- 58 -
III. LE PROTOTYPAGE COMME METHODOLOGIE	- 63 -
1. <i>Le prototype et ses enjeux</i>	- 63 -
2. <i>L'approche de recherche-crédation : les avantages de la création dans la recherche académique</i>	- 67 -
a. Définition et caractéristiques	- 67 -
b. Le chercheur au cœur du processus de recherche-crédation dans le but de produire de nouvelles formes de connaissances	- 71 -
3. <i>Le mouvement maker et la culture du « faire »</i>	- 74 -
a. Les grands principes	- 74 -
b. Notre méthodologie de travail et son application	- 77 -
IV. OV2 : VARIATIONS TECHNOLOGIQUES SUR LA SYNESTHESIE TACTILE-OLFACTIVE	- 81 -
1. <i>Design initial envisagé du second prototype</i>	- 81 -
a. Notre plan initial au début de cette seconde phase de prototypage	- 81 -

b.	Les enjeux techniques : réalité de la pratique	- 87 -
2.	<i>Comment notre design a évolué en fonction de la pratique</i>	- 91 -
a.	Un projet, plusieurs manières de l'envisager	- 91 -
b.	Le design actuel	- 95 -
c.	La base de notre code	- 100 -
V.	L'APPRENTISSAGE SAUVAGE : LIMITES ET EFFETS COLLATERAUX	- 104 -
1.	<i>Expérimenter les limites structurelles du « faire » par notre pratique</i>	- 104 -
a.	Une méthode insuffisante d'enseignement de la création technologique	- 104 -
b.	Un manque d'inclusion et de représentativité dans la pratique	- 108 -
c.	La programmation informatique : les enjeux d'une nouvelle traduction du réel	- 110 -
2.	<i>L'effet collatéral : sensibiliser à la neurodiversité et à la synesthésie</i>	- 113 -
	CONCLUSION	- 116 -
	BIBLIOGRAPHIE	- 118 -
	ANNEXES	- 147 -

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : FREQUENCE DES FORMES DE SYNESTHESIES REPERTORIEES PAR LE SITE INTERNET SYNESTHESIA BATTERY ET ETUDIEES (NOVICH, CHENG, & EAGLEMAN, 2011, P. 356).....	- 33 -
FIGURE 2: EXEMPLE DE RESULTATS D'ASSOCIATION GRAPHEME-COULEUR AU TEST SYNESTHESIA BATTERY	- 35 -
FIGURE 3 : SCHEMA REPRESENTANT LE MODELE CREASEARCH (LECHOT HIRT, 2010, P.76)- 70 -	
FIGURE 4 LES ETAPES D'UNE REALISATION (MITCHAM, 1994, P. 220).....	- 77 -
FIGURE 5 : PHOTOGRAPHIE D'UNE SEANCE DE TRAVAIL AVEC FELIX-ANTOINE SUR LE PROTOTYPE OV2	- 80 -
FIGURE 6: PHOTOGRAPHIE DE L'EXPERIENCE - BOITES EN CARTONS CONTENANT LES TEXTURES (MUSSON, 2011).....	- 83 -
FIGURE 7 : PHOTOGRAPHIE D'UN ENSEMBLE DE CAPTEURS CAPACITIFS (« KIT DE CAPTEURS CAPACITIF DE TOUCHE POUR ARDUINO DFROBOT », S.D.)	- 85 -
FIGURE 8 : PHOTOGRAPHIE D'UNE CARTOUCHE D'ODEUR SENSORWAKE (NATHALIE, 2018).....	- 86 -
FIGURE 9 : SCHEMA DU PROJET INITIAL DE LA PARTIE FIXE DE L'EXPERIENCE OV2	- 86 -
FIGURE 10 : SCHEMA DU PROJET INITIAL DE LA PARTIE MOBILE DE L'EXPERIENCE OV2... - 87 -	
FIGURE 11 : PHOTOGRAPHIE D'UN ARDUINO UNO CONNECTE A UNE BATTERIE A PILES AA (JHA, 2015).....	- 88 -
FIGURE 12 : PHOTOGRAPHIE D'UN EMETTEUR ET D'UN TRANSMETTEUR 433MHZ («433MHZ RF KIT D'EMETTEUR AVEC RECEPTEUR POUR ARDUINO ARM MCU SANS FIL », S.D).....	- 93 -
FIGURE 13 : PHOTOGRAPHIE D'UN ARDUINO NANO (JHA, 2015).....	- 93 -
FIGURE 14 : PHOTOGRAPHIE D'UN CAPTEUR ULTRASONIQUE (« UNIVERSAL ULTRASONIC SENSOR MODULE HC-SR04 DISTANCE MEASURING SENSOR FOR ARDUINO », S.D) - 93 -	
FIGURE 15 : PHOTOGRAPHIE D'UN MICROCONTROLEUR CONTENU DANS LES BOITES ROBOTINACAN (DOUECK, 2019).....	- 94 -
FIGURE 16 : EXTRAIT DE L'INTERFACE DE PROGRAMMATION SNAP (DOUECK, 2019)....	- 94 -
FIGURE 17 : SCHEMA DE LA PARTIE FIXE DU PROTOTYPE DE L'EXPERIENCE OV2	- 97 -
FIGURE 18 : PHOTOGRAPHIE DE NOTRE BRANCHEMENT ELECTRONIQUE POUR LA PARTIE FIXE	- 97 -
FIGURE 19 : SCHEMA PROPORTIONNE DE LA PARTIE MOBILE DU PROTOTYPE DE L'EXPERIENCE OV2 - BOITIER CONTENANT TOUS LES COMPOSANTS ELECTRONIQUES.....	- 98 -
FIGURE 20 : PHOTOGRAPHIE DE NOTRE BRANCHEMENT ELECTRONIQUE DE LA PARTIE MOBILE	- 99 -
FIGURE 21 : PHOTOGRAPHIE PRESENTANT LES BRANCHEMENTS ELECTRONIQUES DES TROIS CAPTEURS ET DE LA PARTIE MOBILE	- 99 -
FIGURE 22 : PHOTOGRAPHIE DU BRANCHEMENT DU PROJET 2.....	- 151 -
FIGURE 23 : PHOTOGRAPHIE DU BRANCHEMENT DU PROJET 3.....	- 152 -
FIGURE 24 : SCHEMA A MAIN LEVEE REPRESENTANT LE FONCTIONNEMENT DE OV1 - 153 -	

LISTE DES ABBRÉVIATIONS

DESS ACT : DESS Arts, création et technologies

DIY : *Do-it-yourself*

OV1 : Odorama V1, premier prototype

OV2 : Odorama V2, second prototype

RC : Recherche-création

REMARQUE PRÉLIMINAIRE

Dans ce présent mémoire, le masculin est utilisé comme neutre dans le seul objectif de ne pas alourdir le texte.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce projet de recherche-crédation et l'écriture de ce mémoire ont été possibles grâce au soutien de plusieurs personnes auxquelles je voudrais adresser ma reconnaissance.

Tout d'abord, je tiens à témoigner toute ma gratitude à ma directrice de recherche, la professeure Aleksandra Kaminska, pour son accompagnement bienveillant, son écoute et ses conseils avisés qui ont nourri ma réflexion tout au long de mon parcours.

Je remercie également Marianne Cloutier pour m'avoir suggéré de transformer mon DESS en maîtrise et avoir été la première à croire en mon projet.

Je souhaite aussi exprimer ma reconnaissance envers les professeurs et le personnel administratif du Département de communication, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de ma maîtrise.

Par ailleurs, je remercie chaleureusement Félix-Antoine Goudreault car sans son aide précieuse mon prototype n'aurait jamais existé. J'adresse aussi toute ma reconnaissance à mes camarades de l'Artefact Lab qui m'ont accompagnée intellectuellement et moralement durant la réalisation de mon projet et ma rédaction.

Enfin, un énorme merci à tous mes amis de France et du Québec, ainsi qu'à ma famille, pour votre soutien affectif, moral et financier. Sans vous, rien de tout cela n'aurait existé.

INTRODUCTION

My name is [M] and I'm a synesthete. I have had it for as long as I can remember and I now have many, many different kinds. When I was first diagnosed with it, no one in my family really understood it and some even didn't accept it.

I was told not to talk about it and to just keep it a secret.

(M., 2019)¹

La synesthésie, du grec *sunaisthêsis*, signifiant « perception simultanée » est une condition neurologique où certaines perceptions sensorielles « déclenchent des sensations qui ne leur sont pas directement reliées » (Howes et Classen, 2014, p. 153). En d'autres termes, la stimulation d'un sens, comme la vue, entraîne l'activation d'un autre sens, comme le toucher. Par exemple, en voyant la couleur rouge, la personne synesthète qui vit avec la forme de synesthésie couleur → toucher pourra sentir une pression au niveau de son cou. Ce phénomène concernerait environ 4 % de la population mondiale (Hubbard, 2007) d'après les récentes estimations des neuroscientifiques occidentaux. Les recherches actuelles attribuent cette particularité à un développement cognitif divergent (Ward, 2019 ; Rouw et Scholte, 2007 ; Hubbard, 2007), ce qui en fait un type de neurodiversité à part entière. Par « neurodiversité » nous faisons référence au mouvement social d'affirmation de la pluralité des fonctionnements neurologiques des individus (Lacroix, 2019) qui cherche à faire reconnaître le fait que les divergences cognitives ne sont pas des maladies ou troubles, mais bien des identités au même titre que le genre (Chamak, 2015).

Si elle n'est pas considérée comme une pathologie par le corps médical, la synesthésie change tout de même le quotidien des synesthètes (personnes expérimentant la synesthésie), qui gèrent émotionnellement plus ou moins bien cette particularité sensorielle. Tel que l'autisme, la synesthésie est une différence invisible qui affecte à la fois la façon dont les personnes perçoivent le monde, comment elles le ressentent, mais également la manière dont elles sont perçues par les

¹ Toutes les citations en début de parties sont extraites de témoignages des membres du forum privé de discussion *The Synesthesia List*, une liste de communication par courriel qui regroupe des personnes concernées par la synesthésie. Cette liste est administrée par le chercheur Sean Day et permet aux membres d'échanger librement entre eux. Le forum n'étant pas public, nous avons anonymisé les citations.

autres. Les témoignages des synesthètes font état de sentiments négatifs à leur rencontre de la part de leur entourage, allant de l'incompréhension à l'isolement (Day, 2005 ; Nielsen et al., 2013). En effet, une des caractéristiques de la synesthésie est son ineffabilité. Il est compliqué de transmettre par les mots les spécificités nos expériences perceptuelles, d'autant plus lorsqu'elles sont à ce point particulières qu'elles ne résonnent chez aucun de nos interlocuteurs. Ainsi, au-delà des impacts négatifs dont peuvent souffrir les synesthètes, ce phénomène perceptif illustre la complexité de la perception humaine, qui diverge grandement d'une personne à l'autre.

Cela nous a amené à concevoir un projet de recherche-création dans l'objectif de participer à une meilleure inclusion des personnes synesthètes et à créer une expérience artistique où les participants auraient la possibilité d'expérimenter une partie de la réalité de ces personnes. En effet, l'inclusion passe par une meilleure compréhension d'un phénomène. Elle nécessite de susciter l'empathie d'un public à l'égard d'un autre afin de l'amener à se défaire de ses préjugés et à acquérir des comportements pro-sociaux (Masten, Morelli et Einseinberg, 2011). Par empathie, nous entendons : « a complex form of psychological inference that enables us to understand the personal experiences of another person through cognitive, evaluative and affective processes » (Danziger, Prkachin et Willer, 2006, p. 2494). Comportement qui semble être intensifié lorsque l'acteur d'une expérience est impliqué personnellement au cœur de celle-ci (Asai, 2019). Ayant constaté que les mots ne pourraient extérioriser l'étendue de la subjectivité perceptive des synesthètes, nous avons choisi de passer par d'autres médias pour communiquer. Nous avons donc élaboré une expérience artistique où le participant vivrait avec son corps la réalité de l'autre via des dispositifs technologiques. Notre but étant de toucher au plus profond d'eux-mêmes les spectateurs pour susciter l'émotion pure et pour intriguer, nous avons choisi de nous concentrer sur une forme de synesthésie précise, celle tactile-olfactive. L'odorat et le toucher étant les sens les plus « primaires », comme nous le verrons, nous avons opté pour la création d'une œuvre utilisant ces deux sens trop souvent laissés de côté pour des raisons culturelles. Cependant, il n'existait aucune machine, aucun dispositif technologique capable de simuler les effets de ce type de synesthésie, ce qui nous a obligé à en créer un : *Odorama V2*. Le présent document porte donc sur comment nous avons tenté de concevoir et de réaliser un prototype capable de faire vivre une expérience artificielle de synesthésie tactile-olfactive à des participants. Nous nous sommes attelées à donner vie à une machine capable de libérer certaines odeurs suivant des textures touchées par les participants à l'exposition. Ceci s'est avéré être un véritable défi technologique, qui nous a poussées dans nos

retranchements et nous a demandé de repousser nos propres limites créatives et d'apprentissages. Nous présentons ici les résultats de ce processus de recherche-crédation.

Afin de réaliser nos ambitions, nous avons d'abord eu besoin de comprendre en profondeur le phénomène de la synesthésie. Pour cela, il fallait plonger dans la compréhension du fonctionnement de la perception humaine, dans l'optique d'identifier les particularités perceptives et sensorielles des personnes neuro-divergentes, et particulièrement celles des synesthètes. Dans un second temps, nous avons investigué la façon dont la perception est médiée grâce aux sens. Puisque le langage est le premier vecteur d'expression de la subjectivité et que nous avons choisi de nous en passer pour nous soustraire à ses limitations, nous nous sommes intéressées aux technologies de médiation utilisées pour reproduire les perceptions et les communiquer. Une fois cela réalisé, nous nous sommes interrogées sur la portée symbolique de ce que représente la création d'un prototype. Notre méthodologie de travail s'inscrivant dans le cadre de la recherche-crédation, mais aussi plus précisément dans celle du mouvement du « faire », nous avons exploré ces aspects. Enfin, nous sommes rentrées dans le vif du sujet en mettant en application ce que nous avons appris. Notre présentons donc en quatrième partie le design de notre prototype, son fonctionnement et ses étapes de réalisation. Malheureusement, nous n'avons pu matérialiser le prototype que nous avons imaginé. Comme nous l'explicitons dans la partie citée précédemment, nous avons connu de nombreuses difficultés qui nous ont menées à un résultat qui diffère de nos ambitions initiales. Bien que l'aboutissement de nos travaux ne soit pas celui que nous avons escompté, notre prototype demeure cependant un exemple valide de tentative de médiation technologique d'un phénomène perceptif complexe. Ainsi, tout ce processus réflexif et créatif n'aura pas été vain et nous présenterons dans une dernière partie, les conclusions que nous avons tirées de notre propre pratique.

I. PERCEPTION, NEURODIVERSITÉ ET SYNESTHÉSIE : UNE HISTOIRE DE SENS

For patients who reported symptoms while in a hospital psych unit, I would say that synesthesia is typically not “treated”, that many people don’t know they have it, most appreciate it, and that it is an “additive” to the sensory system, not a detriment.

(K., 2019)

Avant de pouvoir concevoir un prototype qui simulerait les effets de la synesthésie tactile-olfactive, il est nécessaire de comprendre les tenants et les aboutissants de ce phénomène qu’est la synesthésie. Pour cela, il est primordial d’entendre le fonctionnement perceptif typique des humains. Nous verrons ainsi que la perception est un phénomène complexe qui donne lieu à plusieurs théories explicatives différentes et qu’il est essentiel de saisir que les sens sont culturellement conditionnés. Ce qui est d’autant plus vrai pour le toucher et l’odorat. Une fois les bases posées, nous pourrons développer la notion de neurodiversité et ses manifestations sensorielles et perceptives. Enfin, nous pourrons approfondir les particularités de synesthésie, cette forme de neurodiversité riche en enseignements sur la perception humaine.

1. La perception

a. Les différentes approches de la perception

La synesthésie est un phénomène perceptif. Cela signifie que les sujets concernés par cette particularité expérimentent des perceptions sensorielles différentes des personnes non synesthètes. Nous reviendrons ultérieurement sur ce que ces différences impliquent concrètement tant au niveau physiologique que social. Cependant, avant de nous intéresser à ce particularisme, il est essentiel de comprendre les rouages d’une perception dite « normale » et d’évoquer les enjeux qui lui sont liés. La perception est, de fait, une notion complexe qui est discutée depuis la nuit des temps aussi bien par les sciences sociales et humaines que par les sciences dites « dures ». Cela pour une bonne

raison : il en va de notre rapport au monde et aux autres (Pecqueux, 2013). Après tout, c'est en captant grâce à nos organes sensoriels les informations disponibles dans notre environnement et en les intégrant, que nous sommes en mesure d'appréhender tout ce qui nous entoure. Ainsi, le philosophe états-unien John Heil, résumant l'acte de percevoir, affirme :

“Perceiving” is a general term, a technical – or, at any rate, quasitechnical – expression covering what one does with one’s senses. To perceive something is, at the very least, to sense it one way or another: to see it, hear it, feel it, taste it, or smell it. (2011, p.136)

Toutefois, il n'existe pas de consensus sur le fonctionnement du processus perceptif, qui malgré le développement des neurosciences et l'enrichissement continu des sciences cognitives, persiste à soulever de nombreuses questions. Sans prétention aucune d'être exhaustive face à la complexité de ce débat, nous pointerons ici quelques enjeux persistants qui nous intéressent dans le cadre de notre recherche. Le cerveau est-il le personnage principal du théâtre de la perception ? Quelle est l'importance des acquis sociaux sur la façon dont nous percevons le monde, peut-on parler d'une influence ou d'une dictature ? Percevoir est-il un acte ou un état, en ce sens où le sujet est-il maître des informations qu'il recueille ou ne fait-il que les recevoir passivement ?

Henri Piéron, psychologue français, postule l'idée que « toute perception est une gnose » (Piéron, 1951). Par « gnose », l'encyclopédie médicale *Vulgaris Médical* entend « la capacité qui permet de reconnaître, de percevoir, grâce à l'utilisation de l'un des sens (toucher, vue etc.) la forme d'un objet ». Percevoir, ce serait donc reconnaître un objet par l'intermédiaire des sens. Cette notion de « reconnaissance » signifie donc identifier quelque chose, car avant de la reconnaître, il faut au préalable la connaître et donc en avoir déjà eu l'expérience. Ce qui sous-entend que le sujet qui perçoit possède déjà des représentations mentales antérieures de l'environnement pour pouvoir le percevoir. Les propos des constructivistes de l'École de Palo Alto s'inscrivent dans cette même mouvance. Pour eux, percevoir c'est « reconnaître ». Dans son article « Introduction à un constructivisme radical » pour l'ouvrage collectif *Invention de la réalité, contributions au constructivisme*, Ernst von Glasersfeld affirme qu'il est encore impossible de savoir si une image transmise par nos sens correspond à la réalité « objective » et que pourtant cette interrogation est « le point crucial de toute théorie de la connaissance » (1988, p. 22). S'il est impossible de savoir concrètement ce que nous percevons du monde en tant qu'individu — par exemple, les couleurs que nous percevons sont-elles les mêmes pour chacun d'entre nous ? — alors nous pouvons

affirmer que « ... la découverte que notre environnement, tel que nous le percevons, est notre invention » (Watzlawick, 1988, p. 8).

Toutefois, il est possible de considérer la perception sous un angle différent. James J. Gibson, psychologue états-unien et père de l'« approche écologique de la perception visuelle », prend une tout autre direction concernant la définition de la perception en affirmant que percevoir revient à recueillir les informations sensorielles de notre environnement via différentes formes de stimulus physiques (Heil, 2011, p. 142). Dans cette approche, la perception se veut directe. En d'autres termes, « there is enough information in our environment to make sense of the world in a direct way » (McLeod, 2018, paragr. 50). Ce que chacun perçoit est ce qui est, il n'est pas nécessaire de passer par un processus d'interprétation et de représentation. Gibson met en avant le fait que les données sont présentes dans le monde de manière brute et non à l'intérieur de celui qui les perçoit. C'est dans cette même réflexion que s'inscrivent les réflexions des philosophes John Langshaw Austin et Hilary Putnam. Ainsi, Putnam souligne dans l'ouvrage collectif *Le Réalisme à visage humain* que :

[...] le fait même de poser en principe qu'il doit y avoir des « états perceptuels » (...) fait intervenir l'idée que ces états sont à l'intérieur de nous ; et c'est précisément la vision dont James essayait de nous délivrer de l'emprise. Il est stupéfiant de constater à quel point il est difficile de revenir à l'idée qu'après tout nous percevons normalement ce qui se trouve là-bas dehors, et non quelque chose qui est « ici, dedans ». (1994, p. 448)

Ces visions diamétralement opposées sont l'incarnation d'un débat qui se joue entre deux approches de la perception. Les partisans de ce que l'on nomme le « bottom-up processing », du « traitement du bas vers le haut », pensent que c'est le contenu des informations sensorielles perçues directement qui vient modifier les représentations qui se forment dans l'esprit d'un sujet sur le monde qui l'entoure. Tandis que chercheurs en faveur du « top-down processing » sont persuadés que ce sont les représentations, les concepts déjà présents dans l'esprit du sujet, qui produisent et modifient directement sa perception (Palmer, 1999). Cependant, la distinction entre ces deux points de vue semble parfois artificielle, aucune des deux ne permettant de saisir l'étendue complète du phénomène perceptif. Ainsi, l'émergence des sciences cognitives et des neurosciences en particulier, a permis de nouvelles perspectives sur ce thème. Grâce entre autres au développement de l'imagerie médicale, il est dorénavant possible de localiser les aires du cerveau

responsables du traitement de l'information sensorielle, mais également de réaliser que celles-ci ne sont pas les seules à être impliquées dans la perception. L'acte de percevoir en tant que tel, impliquerait plusieurs aires cérébrales et non uniquement celles dédiées spécifiquement au traitement des signaux en provenance de chaque organe sensoriel. C'est ce qu'évoquent les neuropsychologues Karsten Rauss et Gilles Pourtois dans leur article intitulé « What is bottom-up and what is top-down in predictive coding? » :

Thus, rather than relying on a fixed hierarchy for processing all types of stimuli and performing all sorts of tasks, it seems likely that the system uses different hierarchies for different tasks. This does not mean that the notion of processing hierarchies is obsolete, but that hierarchical processing should be seen as a conceptual simplification. (2013, p. 2)

À l'issue de leur étude, ils concluent donc à l'interdépendance mutuelle et constante des interactions entre les processus « bottom-up » et « top-down » (Rauss et Pourtois, 2013). La perception est donc un processus complexe, à la fois dépendant des structures internes du sujet qui perçoit, de son environnement mais également de son corps tout entier. En effet, il serait limitant de tout ramener au fonctionnement cérébral. « What perception is, however, is not a process in the brain, but a kind of skillful activity on the part of the animal as a whole » (Noë, 2006, p. 2). En effet, nos processus perceptuels dépendent dans une certaine mesure de nos structures corporelles (Shapiro, 2004). Par exemple, le simple fait d'avoir deux yeux positionnés en avant de nos visages, nous permet d'avoir une vision binoculaire. Nos oreilles ne nous permettent de ne percevoir qu'un certain type de fréquences sonores, définissant ainsi ce que sera notre sens de l'audition. Le rôle essentiel du corps dans la perception est approfondi avec la théorie éactive de la cognition (Varela, Thompson et Rosch, 1991). Par cognition, nous entendons les mécanismes qui permettent aux individus « de comprendre et d'acquérir des connaissances, ainsi que de les traiter » (Stuart-Hamilton, 1995, p. 20). Ces derniers sont en lien direct avec les phénomènes perceptifs, qui eux-mêmes influencent et sont influencés par l'environnement dans lequel les êtres évoluent. Selon Thompson, les structures et les processus cognitifs émergent de l'action sensorimotrice constante qu'entreprend l'individu (2005). En effet, selon cette théorie, ce sont les actes sensorimoteurs des sujets qui permettent la perception complète d'un phénomène. Le mouvement constant et involontaire de nos yeux nous permettent de voir l'entièreté de notre environnement. Pour percevoir par le toucher un cube, nous devons être actifs en le triturant, le sous-pesant, le pressant,

etc... Alors, seulement sa forme se révèle à nous (Noë, 2006). L'organisme du sujet met donc en place des boucles de rétroaction qui lient la perception à l'action. Ainsi, la pleine perception se fait de manière dynamique. Le sociologue David Le Breton soulignait dans son article « Pour une anthropologie des sens » que :

Le monde est l'émanation d'un corps qui le traduit en termes de perceptions et de sens, l'un n'allant pas sans l'autre. Le corps est un filtre sémantique. Nos perceptions sensorielles, enchevêtrées à des significations, dessinent les limites fluctuantes de l'environnement où nous vivons. (2007, p. 47)

Nos investigations nous amènent également à penser que l'environnement où nous vivons et les expériences que nous faisons dessinent en retour les limites de notre corps. C'est ce qu'établissent plusieurs études, dont certaines mettent en évidence que les animaux soumis à un entraînement particulier voient leurs réponses neuronales dans les cortex sensoriels primaires être modifiées durablement par celui-ci (Crist et al., 2001 ; Li et al., 2004). Cette tendance tend également à se vérifier chez les humains (Schwartz et al., 2002 ; Pourtois et al., 2008 ; Bao et al., 2010). Ceci démontre que nos processus perceptifs primaires restent malléables au cours de notre existence. Nous pouvons donc parler d'un processus « neurodynamique » (Stafford, p. 180) où le cerveau, l'environnement et le corps entier du sujet interagissent ensemble pour générer des perceptions. La perception serait ainsi un processus incarné qui implique de nombreuses composantes. S'il semble reconnu unanimement que nos organes sensoriels sont à la base de la captation de l'information et que le cerveau est au cœur de son traitement primaire, d'autres paramètres interviennent dans la construction du réel. Nous avons ainsi pu noter que les mouvements du corps et les expériences physiques ont des effets sur l'action perceptive, ainsi que l'environnement. Toutefois, il existe une autre composante importante à nommer, c'est celle de l'influence de la société.

b. Les sens : des organes de perceptions socialement définis

Si la perception du réel se fait via nos sens, premiers capteurs et récepteurs des stimuli qui nous entourent constamment, ces derniers ont été catégorisés et utilisés de différentes manières au cours des siècles et selon les aires géographiques, mettant ainsi en lumière leur construction sociale.

Nous noterons en premier lieu que leur nombre et leur définition ne font pas l'unanimité ni dans le temps, ni dans les différentes cultures. En effet, comme le soulève le sociologue Alain Corbin dans son ouvrage *Le Miasme et la jonquille* qui retrace l'histoire de l'olfaction aux 18^{ème} et 19^{ème} siècle en Occident, « l'usage des sens, leur hiérarchie vécue ont une histoire ; en cette matière rien ne va de soi... » (1982, p. 3). Le nombre même de sens que nous possédons est en constante discussion. En Occident, la thèse qui a longtemps prédominé est celle héritée de la classification établie par le philosophe Aristote dans son ouvrage *De l'âme (De Anima)* daté à environ 350 AEC, où il affirmait qu'il n'existait que cinq sens : la vue, le toucher, l'odorat, l'ouïe et le goût. Cependant, les récentes avancées scientifiques offrent dorénavant une compréhension plus complexe de ce qu'est un sens. Dès le 20^{ème} siècle, des psychologues tels que Gibson dans son œuvre *The Senses Considered as Perceptual Systems* (1966) remettent en question la classification préalablement établie en postulant l'idée novatrice qu'il existe des sens internes au-delà de ceux déjà répertoriés. Cette idée est reprise par Renate Zimmer qui établit une répartition entre sept « systèmes sensoriels », qui inclut la proprioception et le sens vestibulaire aux cinq sens déjà reconnus (cité dans Holz, 2007, p. 194). Bruce Durie, chercheur à l'université de Glasgow et écrivain, remet également en question le nombre de sens répertoriés en s'appuyant sur la définition complexe de ce qu'est un sens, et sur la difficulté de les classer : « Vision could be viewed as one sense, or four, or more. The more we study our sense organs, the more senses we appear to have » (2005, paragr. 7). Pour François le Corre dont la thèse en sciences cognitives *Distinguer les sens : individuation et classification* se concentre sur cette épineuse question, il existe bien des sens internes tels que l'équilibriception (le sens de l'équilibre), la proprioception (notre capacité à percevoir nos membres dans l'espace), la thermoperception (le sens qui nous permet de ressentir la chaleur) et la nociperception (le sens de la douleur). Cette reconnaissance de l'existence et leur répartition des sens sont également conditionnées par nos origines culturelles. En effet, toutes les civilisations ne s'accordent pas sur l'existence des mêmes sens, ni ne leur accordent la même importance. Kathryn Geurts, anthropologue, s'est par exemple rendu compte que les Anlo-Ewe, un peuple du Ghana, reconnaissaient l'existence de l'équilibriception et qu'ils le considéraient « comme une capacité qui permet de différencier les êtres humains des autres animaux non-humains » (Le Corre, 2014, p. 67).

En outre, nos cultures d'origines jouent un rôle prépondérant dans la valeur sociale octroyée à chacun de nos sens, et donc conditionnent la façon dont nous usons de nos sens. En effet, chaque

société met en avant le sens qui lui semble le plus noble. En Occident, depuis qu'Aristote, nous avons bâti une société dite « oculocentriste » où nous accordons une place prépondérante à la vision dans notre perception. David Howes et Constance Classen affirment ainsi dans leur ouvrage *Ways of Sensing: Understanding the Senses in Society* (2014) que la vue a été exaltée comme le plus « noble » des sens et associée à la fois à la vie spirituelle et à l'illumination intellectuelle. En effet, dès la Grèce antique, Aristote affirme que la vue est le seul sens qui permet de s'extraire du monde animal et d'établir une distance avec l'objet de connaissance. Son classement place en seconde position l'ouïe, puis viennent le goût et l'odorat, considérés comme des sens primitifs, réminiscences de notre animalité primale, et enfin le toucher, affirmé comme le sens plus bas (Paterson, 2007). En 1790, le philosophe Emmanuel Kant confirme cette hiérarchie dans son œuvre majeure *Critique de la faculté de juger* qui pose les fondements de l'esthétique telle que nous la connaissons actuellement. Il y réaffirme la supériorité de la vision, car selon lui moins nous sommes conscients de nos corps quand nous percevons, plus libres nous sommes de penser et de former des jugements esthétiques sur les choses que nous percevons (Howes et Classen, 2014). La vue est alors magnifiée comme le meilleur vecteur pour ce faire. Au 20^{ème} siècle, la psychologue cognitive Yvette Hatwell, dans son article *Traité de psychologie expérimentale*, constate que 83 % des informations sont perçues par la vision, 11 % par l'audition, 3,5 % par l'odorat, 1,5 % par le toucher et 1 % par le goût (1994, p. 546). Ce qui vient ainsi renforcer la place prédominante de la vue dans nos sociétés occidentales. Toutefois, sous d'autres latitudes, chacun des sens n'a pas la même importance car chaque communauté construit sa propre compréhension du réel en choisissant ce qui est considéré comme prioritaire. Par exemple, au Congo chez le peuple Pende, le sens le plus valorisé est celui de l'odorat (Howes et Classen, 2014). Pour les Aiviliks, peuple autochtone du Grand Nord canadien, le monde a été créé par le son (Le Breton, 2006) et leur outil principal de perception de leur environnement est donc l'ouïe. Ces distinctions selon les espaces culturels et les périodes nous prouvent le caractère artificiel de la hiérarchie des sens. C'est dans une double optique que nous avons choisi de centrer notre travail de recherche sur le toucher et l'olfaction, ces deux sens considérés comme les sens les « plus bas » (Parterson, 2007). D'une part, avec notre projet, nous souhaitons interroger à notre niveau les rapports de force entre les sens établis dans notre société occidentale. D'autre part, nous voulions également nous adresser aux sens les plus « primaires » pour communiquer des émotions « brutes » s'éloignant le plus possible de l'intellect.

c. L'odorat et le toucher, des sens essentiels au développement de l'humain

En premier lieu, nous noterons que le potentiel créatif de l'odorat et du toucher semble parfois sous-estimé. Pourtant, comme l'affirment Howes et Classen : « There is no reason to think that this ability to transmit and receive ideas through the so-called lower senses is restricted to those who lack the senses of sight and hearing » (2014, p. 3). Comme nous l'avons précédemment mentionné, chaque sens possède des caractéristiques particulières et est chargé de significations. Afin de mieux saisir les enjeux de ceux sur lesquels nous avons travaillé, nous évoquerons ici les enjeux culturels et sociaux qui leur sont attachés.

Le toucher, ce sens à la réputation ambiguë car connoté sensuellement, est pourtant mis en avant comme le sens le plus fondamental chez les animaux. Dès 1551, Conrad Gessner met en avant dans son encyclopédie zoologique *Historia Animalium* le fait que ce qui distingue une éponge d'une plante, c'est sa capacité à toucher. Pour Richad Sorabji, un organisme est incapable de développer un autre sens, en l'absence du toucher (1992). En somme, « touch is acknowledged not only as indispensable (*De Anima* 434b-22), but as prior to the other sensory modalities » (Paterson, 2007, p. 17). Chez l'humain, il joue notamment un rôle essentiel dans le développement de la personnalité et de l'individuation. En effet, l'organe réceptif du toucher est la peau, or l'intégralité de notre corps en est composée. C'est donc elle qui crée une barrière entre notre intériorité et l'altérité. Le philosophe autrichien Edmund Husserl reconnaissait déjà au toucher une place fondamentale dans la constitution de l'être, en postulant l'idée que « le corps ne peut se constituer en tant que tel originairement que dans le toucher et dans tout ce qui trouve sa localisation avec les sensations du toucher » (Husserl, 1982, pp. 213-214). Ce rôle premier est d'ailleurs reconnu en matière d'éducation et dès la prime enfance, « touch can be a primary (unlearned) reinforcer, and as a goal for action, is one of the foundations of emotion and motivation » (Rolls, 2005, cité dans Rolls, 2010, p. 237).

D'autre part, chez une personne sans altération physique de cette condition, le sens du toucher est constamment en fonction à partir d'un certain seuil de détection. Ainsi, nous détectons très rapidement ce qui entre en contact avec nous que ce soit la température extérieure ou nos propres vêtements, même lorsque ces derniers exercent une pression très basse. Les informations tactiles pénètrent constamment de manière inconsciente notre esprit, nous permettant de nous éclairer sur les composantes de l'environnement dont nous faisons partie. Définir ce qu'est

le toucher se révèle pourtant plus difficile qu'il n'y paraît. D'après Mark Paterson, ce que nous décrivons présentement n'est qu'un des aspects du toucher, celui lié aux « sensations cutanées » (2007, p. 21). Or, le toucher inclut d'autres sens internes que nous avons déjà évoqué comme la proprioception, qu'il définit comme « la conscience de la position de notre corps dans l'espace », la kinesthésie, qui est « la conscience du mouvement au travers de l'effort musculaire » et l'équilibriperception qu'il nomme « vestibular sense », le sens de l'équilibre. Toutefois, nos recherches se concentrent sur les textures et donc sur la tactilité issue de la perception directe cutanée. Pour saisir la portée du toucher, il faut s'intéresser aux organes de réception des données tactiles. En effet, nous percevons le toucher grâce à notre peau et à nos muqueuses internes. Par exemple, lorsque nous mangeons, les textures des aliments sont perçues par les capteurs sensoriels que nous avons dans la bouche et qui n'ont rien à voir avec le goût (Rolls, 2010). Si nous recevons en permanence des stimulus sensoriels sans le vouloir sur toutes les parties de notre corps de manière passive, la main est souvent envisagée comme la partie du corps dédiée en particulier à l'exploration et à la connaissance du monde physique (voir par exemple Sennett, 2010). Notre capacité de détection du toucher y est si fine que lorsqu'un objet que nous portons nous glisse des doigts, nous accroissons automatiquement la pression exercée par nos doigts pour le retenir en moins de 70 ms (Debrégeas, Prevost et Scheibert, 2009). Dès lors, ce membre est perçu tel un moyen d'avoir un « toucher actif » (Valade, 2016, p. 36).

Malgré le rôle essentiel du toucher dans la vie humaine, notre société le condamne fortement autant qu'il le redoute. Les relations tactiles entre humains sont, en effet, très codifiées dans nos communautés. Howes et Classen postulent l'idée que ce rejet serait lié notamment à la sensualité du toucher, mais également à son caractère intime et réciproque : « Touch is intimate and reciprocal: when we touch someone, that person feels our touch » (2014, p. 8). Il est certain que poser sa main sur quelqu'un dénote toujours une certaine intimité entre les personnes, car nous refusons la majorité des contacts physiques avec les étrangers. Après tout, toucher signifie toujours être touché par l'objet ou la personne avec qui nous interagissons. Ainsi, le contact tactile révèle aussi bien l'existence de la chose ou de la personne que je touche, que de la mienne. Il est également bon de soulever le fait que le toucher est un moyen de communication puissant qui peut affecter le comportement et l'état affectif d'une personne comme le démontrent des recherches sur les effets du toucher affectif positif sur l'estime de soi (Boudreault et Ntetu 2006). Le toucher est caractérisé comme « affectif » lorsqu'il est jugé positivement ou négativement par les personnes qui

l'expérimentent, c'est-à-dire qu'il génère un affect. Le toucher « positif » est ressenti comme une récompense tandis que celui « négatif » est évité, même s'il n'est pas douloureux à proprement parler (notamment dans le cas d'une surface froide qui est seulement désagréable) (Rolls, 2010). D'autant plus qu'en matière de toucher affectif, il n'est pas nécessaire d'être directement touché pour en ressentir les effets. Des études sur l'empathie mettent en évidence que les aires cérébrales en lien avec le toucher peuvent s'activer par anticipation d'un contact (Carlsson et al., 2000) ou si le sujet le visualise (Yoo et al., 2003 ; Singer et al., 2004 ; Bufalari et al., 2007). Ce sens joue donc un rôle essentiel dans le développement cognitif et affectif des êtres humains. Malgré ses intérêts évidents en termes de vecteur d'émotion, l'art et les musées traditionnels laissent généralement de côté le sens du toucher. Depuis le 19^{ème} siècle, les œuvres d'art sont faites pour être regardées, admirées, en laissant le spectateur éloigné d'une distance (réelle ou symbolique) suffisante pour qu'il ne puisse poser sa main dessus. Cette mise à distance muséale s'explique en partie par le fait que dès le 16^{ème} siècle, la réforme protestante condamna le rapport physique qu'entretenaient les croyants avec leurs icônes jusque-là. Ils assimilèrent alors ces signes physiques de dévotion à de l'idolâtrie (Howes et Classen, 2014, p. 19). La distance devint alors la norme. Le toucher fut classifié comme dangereux et trompeur car uniquement chargé de plaisir.

L'odorat est, lui aussi, un sens qui a été discrédité depuis le début de la Grèce Antique. Comme le souligne Alain Corbin dans le *Miasme et la jonquille* : « La disqualification de l'odorat, sens de l'animalité selon Buffon, exclu par Kant du champ de l'esthétique, considéré plus tard par les physiologistes comme un simple résidu de l'évolution, affecté par Freud à l'analité, a jeté l'interdit sur le discours que tiennent les odeurs » (1982, p. 267). Ainsi, en matière de création, l'odorat est lui aussi un sens peu exploré, mis à part au travers de la parfumerie, qui consiste à créer des odeurs agréables et qui malgré son rôle essentiel dans notre environnement social n'a jamais été élevé au rang des Beaux-Arts. Pourtant, l'odorat est un sens qui mérite que l'on s'y intéresse.

Tout d'abord, d'un point de vue physiologique, il nous faut pointer du doigt l'incroyable vivacité des récepteurs olfactifs qui peuplent notre nez. Des millions d'entre eux tapissent l'intérieur de nos nez et, contrairement à ceux de la vue qui sont séparés par la cornée et ceux auditifs qui sont séparés par les tympans, ceux-ci sont directement en contact avec notre environnement (Gibbons, 1986). Par ailleurs, les neurones du nez sont les seuls à se régénérer spontanément en cas d'accident. Ces récepteurs sont capables de capter des milliers d'informations

en une seule fois. Chaque odeur, même la plus courante comme celle du chocolat ou d'une rose est composée de quatre à six mille molécules (Chastrette, 1981) et nous sommes capables d'en distinguer au moins trois mille (Firestein, 2003, cité dans Jones, 2010) à chaque inspiration. Ces mêmes récepteurs nasaux peuvent identifier et reconnaître l'émotion que certains isomères chimiques produisent sur nos corps, avant même que notre cerveau puisse conscientiser dans notre esprit ce qui se passe (Jones, 2010). Si le processus de perception des odeurs par les cellules de nos muqueuses nasales est bien documenté, le traitement de ces informations par le cerveau est un peu moins certain.

Many aspects of the process that allows a smell-picture of the outside world to be produced in the brain are clear. Minute, volatile, odorant molecules must enter the nose and make contact with the specialized receptors, the cilia of the olfactory sensory neurons lining the nasal cavity. What we perceive as odoriferous substances produce more free-floating molecules affecting human receptors. Exactly how this process triggers the reaction it does and how brain synthesizes that information into a coherent smell-picture remains a source of complex debate. (Arning, 2006, p. 98)

En outre, l'odeur captée vient toujours provoquer une réponse émotionnelle de manière inconsciente chez le sujet qui la perçoit. Bien que nous soyons capables de nous souvenir d'un grand nombre d'odeurs, nous ne sommes conscients de celles-ci que dans les étapes d'encodage et de reconnaissance de celles-ci (Zucco, 2007). Le reste du temps, elles échappent à notre conscience. Les stimuli olfactifs sont, en effet, traités dans des parties de notre cerveau considérées comme « primitives », appelées sub-corticales et qui font partie du système limbique (Holz, 2007). Oliver Sacks, dans son ouvrage *An Anthropologist on Mars : Seven Paradoxical Tales*, évoque, lui aussi, la même idée :

[...] the percepts of smells, generated in a very primitive (ancient would be less stigmatizing) part of the brain – the “smell brain”, or rhinencephalon — may not go through the complex, multistage memory systems of the medial temporal lobe. Olfactory memories, neurally, are almost indelible; thus, they may be remembered despite amnesia. (2012, p. 47)

Le si célèbre exemple de la « madeleine de Proust » fait référence directement à ce concept. Les effluves chauds de cette gourmandise qui cuit au four font revivre à l'écrivain un de ses souvenirs d'enfance avec force et soudaineté. La mémoire olfactive jouit donc de caractéristiques

exceptionnelles. Les recherches du professeur de psychologie Gesualdo M. Zucco se sont concentrées à comprendre ce phénomène propre à la mémoire olfactive. Dans l'article, « Odor Memory » pour l'ouvrage collectif *Speaking of Color and Odors*, il en résume les spécificités qui en font un type de mémoire particulière. Nous retiendrons de celles-ci trois aspects qui nous paraissent importants : la rétention maximale d'un souvenir olfactif (il est plus difficile d'oublier une odeur qu'une image ou un mot), une résistance aux interférences rétroactives (les premiers souvenirs d'une odeur restent ceux gardés en mémoire, même si l'individu est de nouveau exposé à la même odeur) et une acquisition des souvenirs olfactif indépendant de l'intentionnalité de la personne (nous enregistrons des odeurs en mémoire sans le vouloir intentionnellement) (Zucco, 2007, p. 161). Celles-ci expliquent la ténacité des souvenirs olfactifs. Dans les cas de traumatismes l'odeur peut rester ancrée *ad vitam aeternam* dans l'esprit de la victime, empêchant par exemple les soldats souffrant de syndrome de stress post-traumatique de manger du barbecue car l'odeur leur rappelle trop celle de la chair brûlée (Vettraino-Soulard, 1999).

Sans doute est-ce pour toutes ces raisons que l'odorat a toujours été jugé durement par nos sociétés occidentales. Les perceptions olfactives sont perçues comme trop fugaces pour être décrites facilement et elles sont associées à la part « bestiale » de l'humain, inutiles dans l'état social (Corbin, 1982). Dès les Lumières, l'idée selon laquelle la société occidentale s'avance vers le progrès de l'humain en se défaisant de ses primitifs liens avec le statut animal s'impose, et avec elle la nécessité de s'éloigner du monde des odeurs. Car sentir permet d'identifier un danger potentiel autour de nous. Une odeur pestilentielle permet de connaître l'état de décomposition d'un aliment et ainsi de se préserver d'une possible maladie. Une autre composante importante de l'odorat est son lien avec la sexualité. Comme le résume Patrice Tran Ba Huy, dans *Contribution à la psychologie de l'amour*, « l'olfaction joue (...) un rôle primordial dans la libido » (2000, p. 94). Ces préjugés négatifs à l'encontre de l'olfaction mènent à un abaissement progressif du seuil de tolérance olfactive dans nos sociétés jusqu'à nous conduire à vivre à présent dans des environnements pour la plupart « désodorisés ».

L'abaissement du seuil de la tolérance olfactive constitue un fait historique très bien perçu, très bien décrit : dans la ville, les odeurs pestides des excréments deviennent intolérables aux habitants alors que personne ne songeait à se plaindre précédemment. (Corbin, 1982, p. 69)

L'historien de l'odorat situe cette désodorisation progressive aux 18^{ème} et 19^{ème} siècles. Ce refoulement progressif de ce sens l'a relégué au second plan. Ainsi, l'éducation en matière d'odorat

est absente dans nos écoles. Si les enfants apprennent très tôt à distinguer et à nommer les couleurs, à lire et écrire les notes de musique, rien n'est fait pour donner des clés de compréhension sur ce qu'ils hument. Cependant, son potentiel est progressivement réhabilité et son rôle essentiel dans le quotidien de l'humain commence à intéresser une partie grandissante de la population en raison de ses caractéristiques particulières : importance de l'odorat dans le désir amoureux via la perception des phéromones (Herz et Inzlicht, 2002 ; Grammer et al., 2005) ou encore rôle décisif dans l'influence des émotions et des comportements des consommateurs (Alaoui-Ismaïli et al., 1997 ; Rétiveau et al., 2004). Ainsi, la place que nous accordons à l'olfaction évolue depuis quelques temps, tout en restant encore très réduite.

Évoquer un phénomène perceptif comme la synesthésie demandait donc que nous nous intéressions au fonctionnement du processus perceptuel chez l'humain. Avant de parler des variations, il nous fallait en saisir les règles élémentaires. Comme nous l'avons vu, il s'agit d'un processus dynamique qui implique autant le corps du sujet, via ses organes sensoriels et son cerveau, que son « esprit » via les structures sociales de la société dans laquelle il évolue qui conditionnent et définissent l'utilisation des sens. La perception est, par ailleurs, essentielle à la cognition. Une multitude de paramètres sont donc à prendre en compte dans le processus perceptuel. Ces variables peuvent considérablement influencer ce qui est perçu et la manière dont cela l'est. Ainsi, si un de ces paramètres tel que le traitement neurologique de l'information, fonctionne différemment, il est évident que les perceptions s'en trouveront modifiées.

2. Neurodiversité : des fonctionnements neurocognitifs différents

a. Définition et historique

La perception est conditionnée par le corps entier et en particulier par le cerveau de celui qui perçoit. Tel qu'évoqué précédemment, les fonctionnements des aires cérébrales impliquées dans les phénomènes perceptifs et les processus cognitifs sont sujets à être modifiés par l'environnement dans lequel évolue le sujet qui perçoit (approche éactive de la perception, influence culturelle etc...). Ainsi, les variations de ce qui l'entoure s'incarnent dans le corps du sujet d'une manière ou d'une autre, soit dans la façon de traiter les informations, soit dans la captation même de l'information perceptuelle. Nous verrons que la réciproque est vraie : les particularités physiques, notamment neurologiques, ont une influence sur les perceptions des sujets. Comprendre la variété des perceptions revient alors à investiguer les manifestations, mais également les raisons corporelles et cérébrales de ces variations. La neurodiversité est une de celles-ci. Elle produit chez les sujets différentes formes d'altération dans les processus perceptuels et notamment sensoriels. Cependant, avant de pouvoir approfondir les effets sensoriels chez les sujets vivant avec une forme de neurodiversité, revenons brièvement sur ce que celle-ci signifie.

La notion de neurodiversité est originellement associée à une vision non-pathologique de l'autisme. En effet, le trouble du spectre autistique est répertorié comme une pathologie par le DSM-5, le manuel de diagnostic et de statistique des troubles mentaux de l'association américaine de psychiatrie. La neurodiversité s'oppose à cette catégorisation médicale en revendiquant l'idée selon laquelle l'autisme n'est pas une maladie, mais seulement qu'un exemple parmi d'autres de fonctionnements neurologiques et cognitifs différents et qu'il n'en existe aucun qui pourrait être qualifié de « normal » (Baron-Cohen, 2017). La naissance de cette dénomination est attribuée à une étudiante en sociologie, Judy Singer et au journaliste Harvey Blume. Elle est apparue pour la première fois dans une publication que signe Blume dans le magazine *The Atlantic* en 1998 (Chamak, 2015). À cette époque, le terme fait référence pour la première fois à un état de la connaissance scientifique en liant l'autisme au cerveau, tout en voyant émerger de manière inédite un discours des personnes concernées sur leur condition, qui refusent ainsi d'être réduites à leur qualité d'objets d'étude. Judy Singer, elle-même diagnostiquée autiste asperger, rejette le statut de personne souffrant d'un trouble du développement pour revendiquer un fonctionnement neurocognitif certes alternatif, mais non-pathologique. Le terme se démocratise rapidement sur les

forums des pays anglo-saxons regroupant des personnes dites autistes de « haut niveau ». Le mouvement se développe ensuite comme une revendication qui vise à obtenir la reconnaissance de droits, et à changer la condition des personnes autistes, considérées comme une minorité opprimée. Les chercheurs suédois Pier Jaarsma et Stellan Welin, spécialistes des questions en lien avec l'autisme, résument la notion de neurodiversité de la sorte :

What we call the neurodiversity claim consists of at least two parts. One is related to the idea that there are indeed neurological (or brain-wiring) differences among the human population. Being autistic is one of them. One aspect of the neurodiversity claim is that autism (or some other neurological condition) is a natural variation among humans. Being neurodiverse or neurotypical (“normal”) are just different ways of existing as humans. The second aspect of the neurodiversity claim is related to the rights, nondiscrimination and other more political issues. The two aspects often go together. (2012, p. 21)

Denis Forest, philosophe français, précise, lui, que « la notion est évaluative (la diversité est bonne en soi) » (2016, p. 413), ce qui en fait une diversité revendiquée en dehors de toute origine traumatique. Cette perspective est en soi révolutionnaire dans la mesure où il a longtemps été admis que l'autisme serait le fruit d'un trauma vécu enfant. La littérature scientifique des années 1940 attribuait même l'origine de l'autisme aux mères « réfrigérateurs » des enfants autistes, c'est-à-dire des mères qui se montreraient trop froides avec leur progéniture (Jaarsma et Welin, 2012). En reconnaissant que la différence de comportement est le fruit d'un fonctionnement neurocognitif différent, la neurodiversité rompt avec cette façon de penser et met en avant le fait qu'il existe une certaine diversité indubitable, de base naturelle telle qu'elle est reconnue par la science. De cette affirmation, s'est développé le courant de pensée selon lequel l'autisme ne serait qu'un fonctionnement neurocognitif différent et qu'il en existe une multitude. La notion de neurodiversité s'est depuis étendue afin d'inclure d'autres types de fonctionnements neurocognitifs alternatifs que l'autisme. Selon le site BRAIN.HE (Best Resources for Achievement and Intervention, Neurodiversity in Higher Education), un site internet anglais fondé par le Conseil de financement de l'enseignement supérieur en Angleterre pour partager des bonnes pratiques en matière d'éducation, les formes de neurodiversités répertoriées à date sont l'autisme, le syndrome d'Asperger, le trouble du déficit d'attention avec ou sans hyperactivité, la dyscalculie, la dysgraphie, la dyspraxie, le syndrome Meares-Irlen, la dépression, les TOC, la dysphasie, la synesthésie et le syndrome Gilles de la Tourette. Ce qui revient à inclure un grand nombre de troubles considérés par le corps médical comme des maladies mentales. Ainsi, là où le corps

médical voit une pathologie, les partisans de la neurodiversité voient des richesses liées à une myriade de fonctionnements variés, qu'il faut inclure dans la société et respecter au même titre que les différentes orientations sexuelles ou de genre. De là, sont nés les termes « neurotypique » et « neuroatypique », néologisme directement traduit de l'anglais « neurotypical » et « neuroatypical ». Le premier renvoi à des personnes ne présentant pas de trouble autistique ou autre type de trouble selon la catégorisation médicale, et par extension ayant un fonctionnement cognitif « normal ». Cependant, par « normal » l'assertion renvoie exclusivement à la « majorité » des humains (Forest, 2016). Par-là, elle cherche à s'émanciper du rapport opposant les sujets « sains » à des sujets « pathologiques ». Dans cette conception, les neuroatypiques ne sont donc plus des personnes ayant un problème, mais des êtres dont le fonctionnement neurocognitif varie de celui de la plus grande partie de la population humaine. Les caractéristiques qui les définissaient comme des personnes en situation de handicap, se transforment alors en de simples éléments de leur identité qui peuvent être revendiqués fièrement (Ekblad, 2013).

En outre, il est bon de préciser que la notion de « neurodiversité » ne fait pas l'unanimité dans le corps médical et reste controversée (Jaarsma et Welin, 2012), car il n'existe pas de définition scientifiquement approuvée (Armstrong, 2010). Une autre critique faite au mouvement de la neurodiversité est que s'il peut correspondre très bien aux personnes neurodiverses dites de « haut niveau », qui sont insérées dans la société et bénéficient d'une qualité de vie égale aux personnes neurotypiques, elle semble laisser de côté toutes les personnes catégorisées comme autistes (ou autre neurodiverses) de « bas niveau », qui ont besoin de soins réguliers parfois d'une manière intensive et dont l'autonomie est limitée².

La notion de neurodiversité, bien qu'existant depuis plus de vingt ans reste encore sujette à débat au sein de la communauté scientifique. Cependant, le fait que cette appellation soit née de personnes elles-mêmes concernées et qu'elle se soit transformée en un véritable mouvement international de revendication du droit à la différence, lui confère une certaine légitimité. La

² La catégorisation en tant que handicap par le DSM, permet dans de nombreux pays d'obtenir des soins médicaux qui s'avèrent nécessaires au bien-être des personnes. Ainsi, Brigitte Chamak, sociologue française et auteure de l'article « Le concept de neurodiversité ou l'éloge de la différence » s'interroge :

Cette orientation ne se réalise-t-elle pas au détriment de ceux qui restent très dépendants et pour lesquelles les familles se trouvent en grande difficulté parce qu'elles ne trouvent pas de solutions à des situations parfois dramatiques ? Cette destigmatisation a-t-elle pour conséquences l'occultation des problèmes soulevés par des personnes souffrant de formes d'autisme sévère ? (2015)

possibilité de reconnaître comme une simple particularité ce que la majorité associe à une maladie est un bel exemple de la relativité des perceptions du réel et de la construction sociale de ce qui est « normal ».

b. Les manifestations sensorielles de la neuroatypie

De nombreux aspects de la vie des personnes neuroatypiques sont affectés par leur condition. Un d'entre eux est la perception sensorielle. Pour comprendre la façon dont cette neurodiversité s'exprime au niveau du processus perceptuel des personnes concernées, nous continuerons avec l'exemple de l'autisme, qui est la forme de neurodiversité la plus connue à l'heure actuelle. Ainsi, le DSM-5 qui catégorise les troubles du spectre autistique comme une maladie avec des symptômes qui lui sont propres, inclut dorénavant l'hyper-sensibilité et l'hypo-sensibilité comme tels (American Psychiatric Association, 2013). Ils sont regroupés sous l'étiquette « sensing processing dysfunction » ou SPD. Cette dénomination s'applique à une variété de formes de fonctionnements alternatifs, qui peuvent être divisés en trois catégories : les difficultés à gérer la réception des informations sensorielles, les difficultés à comprendre ces informations et les difficultés du contrôle moteur qui dépend des données sensorielles (Tavassoli et al., 2019). Une étude comparative entre les enfants concernés par le syndrome d'Asperger (ASD : Asperger Syndrome Disorder) et ceux qui ne le sont pas, conclut que quatre-vingt-quinze pourcents des sujets diagnostiqués avec ce trouble présentent à un degré variable des dysfonctions du processus sensoriel (Tomchek et Dunn, 2007). L'hyper-sensibilité sensorielle des sujets se traduit de plusieurs manières et suscite souvent des réactions violentes des personnes affectées par celles-ci. L'hyper-sensibilité se produit souvent au niveau de l'audition, ce qui pousse les personnes à se couvrir les oreilles en conséquence du bruit d'un aspirateur ou d'un mixeur ressenti comme assourdissant, ainsi qu'au niveau des sensations tactiles, ce qui peut se traduire par un évitement du toucher des autres ou encore une impossibilité à supporter certains types de tissus (Tavassoli et al., 2019). Cette hyper-sensibilité est un trait partagé avec les personnes synesthètes. Avant d'entrer dans le détail des particularités de la synesthésie, il est bon de préciser que l'autisme et la synesthésie sont des conditions associées. Bien que toutes les personnes sur le spectre autistique ne soient pas synesthètes et que toutes les personnes synesthètes ne soient pas autistes, les recherches démontrent que des liens existent clairement : « Both groups also reported a similar pattern of both increased

hyper- and hypo-sensitivities across multiple senses. [...] atypical sensory sensitivity is an important shared feature between autism and synaesthesia. » (Ward et al., 2017, p. 2). Cependant, l'exacte nature des mécanismes cognitifs impliqués dans les traits étudiés (l'attention et l'hyper-sensibilité) n'est pas certaine (Ward et al., 2018).

3. La synesthésie : un type particulier de neurodiversité

a. Historique et caractéristiques du phénomène

À l'instar l'autisme, la synesthésie est un type de développement neurocognitif particulier, ce qui pourrait être apparenté à une forme de neurodiversité. Cependant, elle n'est pas considérée comme un trouble du développement, mais simplement comme une spécificité. Dans les pays occidentaux où les sens sont traditionnellement pensés comme étant séparés les uns des autres, la synesthésie est d'abord vue comme une étrangeté. Cela n'a pas toujours été le cas, car cette particularité a longtemps été ignorée ou perçue comme un trouble de santé mentale. Le physicien allemand Max Nordau allait même jusqu'à considérer la synesthésie comme le symptôme du déclin et de la dégénérescence de la culture, d'autant plus qu'il l'associait avec mépris aux artistes et à des traits de personnalité efféminés (Howes et Classen, 2014). Cela n'a pourtant pas empêché les scientifiques d'étudier la question depuis le 19^{ème} siècle, bien qu'il n'y ait aucune raison de croire que la synesthésie n'ait pas toujours existée. Richard Cytowic, neuroscientifique états-unien spécialiste de la synesthésie estime que la première mention dans la littérature de ce phénomène date de 1872. Le poète Henry David Thoreau, dans une lettre adressée à son ami Waldo Emerson, lui écrit à propos de sa fille Ellen Emerson qui lui aurait demandé s'il utilisait des « mots colorés » (Cytowic, 2018, p. 20). En 1880, Sir Francis Galton, publie la première étude relevant d'un test systématique sur des personnes synesthètes en se concentrant sur les trois formes qui se révéleront être les plus courantes : l'audition colorée, l'association graphème-couleur et la spatio-localisation des chiffres (Day, 2011). L'intérêt du corps scientifique pour la synesthésie a vivement contribué à la crédibilisation de cette particularité. À l'heure actuelle, une certaine méconnaissance de ce type de fonctionnement cérébral par les professionnels de santé persiste et conduit parfois à des erreurs de diagnostic dramatiques pouvant mener jusqu'à l'internement (Day, 2005).

Toutefois, l'intérêt de la recherche envers la synesthésie est grandissant, comme en atteste la multiplication récente du nombre d'articles sur la synesthésie publiés. Entre 1850 et 1990, à peine plus d'une vingtaine ont été publiées. Ce chiffre a grimpé à 80 dans les années 2000, pour finalement atteindre 200 en 2010 (Cytowic, 2018, p. 22). Le développement de l'imagerie médicale y est pour beaucoup. Elle a en effet permis de prouver d'une manière considérée comme objective la véracité des propos des synesthètes.

Grâce aux travaux de Cytowic (1989), il est désormais possible de « diagnostiquer » et de caractériser la synesthésie. Les critères sont les suivants :

- la synesthésie est involontaire et automatique. Les synesthètes ne contrôlent pas quand et comment se manifeste leur synesthésie ;
- les perceptions synesthésiques se déploient dans tout l'espace extra personnel du synesthète, c'est-à-dire autour de lui ;
- les perceptions synesthésiques sont consistantes et génériques ;
- la synesthésie est mémorable. Les synesthètes sont conscients des manifestations qu'ils perçoivent et s'en souviennent ;
- la synesthésie n'est pas linguistique et en quelque sorte ineffable. Il est difficile pour les synesthètes de décrire ce qu'ils vivent.

Le nombre exact de forme de synesthésie n'est pas connu et varie selon les études. Sean Day, sur son site personnel répertorie soixante-treize formes de synesthésies, tandis que Cytowic et Eagleman estiment le nombre de formes de synesthésie entre soixante et cent-cinquante (2009). Afin de représenter cette multiplicité des relations possibles qui se nouent entre les sens des synesthètes, une convention de notation a été mise au point. Le sens qui déclenche les effets synesthésiques est appelé « l'inducer » tandis que le sens qui est stimulé, est appelé le « concurrent » (Cytowic, 1989).

Figure 1 : Fréquence des formes de synesthésies répertoriées par le site internet Synesthesia Battery et étudiées (Novich, Cheng, & Eagleman, 2011, p. 356)

	Inclusive (n = 19,133)	Stringent (n = 12,127)
Numbers→ Colour	0.46	0.39
Weekdays→ Colour	0.42	0.37
Months→ Colour	0.41	0.34
Letters→ Colour	0.36	0.29
Emotion→ Colour	0.34	0.27
Personalities→ Colour	0.34	0.27
Spatial	0.31	0.32
Pain→ Colour	0.23	0.18
Instrument→ Colour	0.18	0.05
Smell→ Colour	0.18	0.13
Taste→ Colour	0.18	0.13
Chords→ Colour	0.16	0.01
Music Pitch→ Colour	0.16	0.03
Temperature→ Colour	0.16	0.11
Orgasm→ Colour	0.13	0.11
Vision→ Sound	0.13	0.09
Sound→ Touch	0.12	0.10
Vision→ Smell	0.11	0.09
Vision→ Taste	0.11	0.09
Touch→ Colour	0.09	0.06
Sound→ Taste	0.08	0.07
Sound→ Smell	0.07	0.05

Si les causes de la synesthésie ne sont pas encore entièrement connues, il est néanmoins prouvé que ce phénomène perceptif n'est dû à aucun dysfonctionnement sensoriel. Les organes sensoriels des synesthètes fonctionnent correctement. C'est dans le traitement de l'information perçues par les sens que les différences se produisent. Ce ne serait pour autant pas dû à une structure cérébrale divergente, mais lié à son fonctionnement. À l'heure actuelle, les chercheurs proposent plusieurs hypothèses pour expliquer la synesthésie. La première explication possible serait la théorie de l'activation croisée (Cohen et Dehaene, 2004) où les expériences synesthésiques refléteraient une activation croisée entre les aires cérébrales sous-tendant la perception des inducteurs et des concurrents (Caspar et Kolinsky, 2013, p. 646). La seconde théorie est celle du manque d'inhibition entre les différentes aires cérébrales (Grossenbacher et Lovelace, 2001). Chez les synesthètes les connexions qui sont normalement inhibées chez les sujets non synesthètes ne le seraient pas, ce qui provoquerait l'activation de ces aires. Cependant, comme le concluent Caspar et Kolinsky dans leur article, « quelle qu'en soit l'explication la plus plausible, il faut toutefois relever que les résultats des études réalisées jusqu'ici sur les bases neurales de la synesthésie sont moins cohérents et ont montré une réalité bien plus complexe... » (2013, p. 647). Il est également

avancé l'idée que ces différences de fonctionnement neurocognitifs trouveraient leur origine dans le génome des synesthètes. En effet, l'étude de Barnett et al. (2008) met en évidence une cause génétique à la synesthésie, sans pouvoir identifier exactement le ou les gènes responsables.

b. L'incarnation de la subjectivité

La synesthésie est un phénomène éminemment subjectif. Il concerne la perception qu'une personne a du réel et consiste en l'association simultanée de deux ou de plusieurs de ses sens d'une manière propre à chaque individu. Les personnes peuvent partager les mêmes formes de synesthésie sans pour autant avoir des manifestations similaires.

La diversité des manifestations d'un même type de synesthésie se retrouve dans toutes les formes que prend ce phénomène. Prenons l'exemple de la synesthésie la plus courante sous nos latitudes qui est celle qui associe les graphèmes aux couleurs. Dans ce type de synesthésie, de nombreuses variables d'expressions existent. D'abord, les graphèmes peuvent renvoyer aux lettres et aux chiffres, seulement aux lettres, ou uniquement aux chiffres. Chez un même sujet parlant plusieurs langues, les couleurs peuvent se transférer d'un alphabet à l'autre ou au contraire se contredire lors de l'apprentissage (Witthoft & Winawer, 2006). Les graphèmes possèdent une couleur différente selon les synesthètes (Cytowic et Eagleman, 2009). En outre, la façon de percevoir cette couleur celle-ci varie d'une personne à l'autre. La couleur peut être « vue » sous la forme d'une perception interne comme dans une image mentale ou peut être projetée dans le champ de vision pour venir se superposer à la vue du synesthète (Dixon et al., 2004 ; Ramachandran & Hubbard, 2001). Cette variété d'expressions chez les sujets s'applique à tous les types de synesthésie, même les plus rares telle que celle note de musique → personnalité. Pour une personne, la clé de Sol peut être perçue comme un être puissant et de couleur bleue nuit, opaque de cuir verni, tandis que pour une autre, la même note sera plutôt douce, respectueuse et sérieuse.

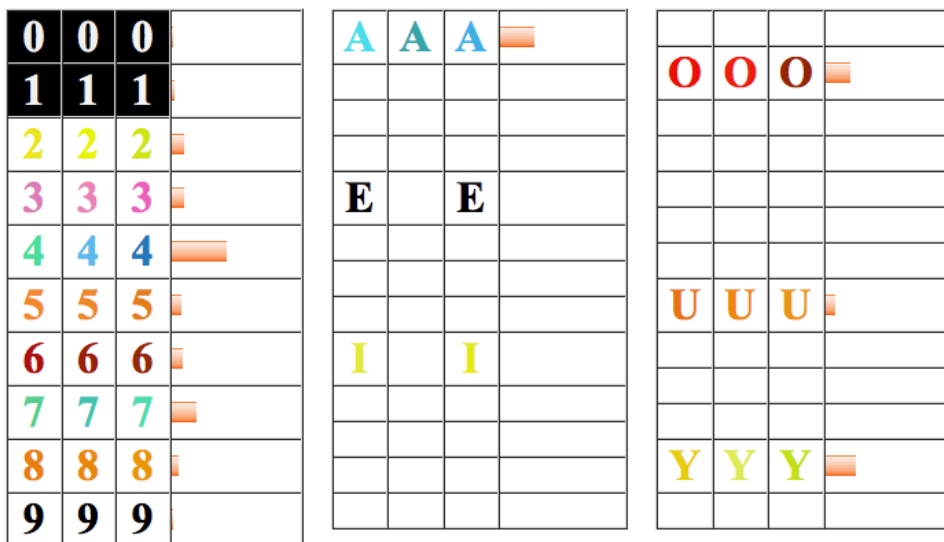
Pour tenter de mieux comprendre et de déterminer de manière objective des critères d'évaluation les chercheurs ont mis au point un test disponible en ligne (Eagleman et al., 2007)³. Intitulé « Synesthesia Battery », il permet de répertorier toutes les manifestations synesthésiques,

³ <https://www.synesthete.org>

mais également d'évaluer la consistance des propos des supposés synesthètes et donc de poser un diagnostic. Pour ce faire, les synesthètes répondent à plusieurs questions afin de savoir si ce leurs perceptions s'apparentent à la définition de la synesthésie. Ceux qui, parmi eux, décrivent des manifestations apparentées à la forme de synesthésie graphème → couleur sont ensuite invités à associer plusieurs fois d'affilées et le plus rapidement possible les lettres aux couleurs qu'ils perçoivent. Le temps d'association et l'automatisme dans le choix des réponses détermine l'objectivité. En effet, les non synesthètes mettent plus de temps pour effectuer ces associations et ne les associent pas toujours aux mêmes couleurs dans le temps (Caspar et Kolinsky, 2013). Ci-dessous, un exemple de réponse à une partie du test d'évaluation. Les lettres et chiffres contenus dans la partie droite sont présentés à la personne et dans la partie gauche apparaît le degré de récurrence d'association. Pour la personne évaluée ci-dessous, le « 4 » est un chiffre bleu, de ce type de bleu, de façon constante. Les nuances de bleu proposées restent dans les mêmes tons à chaque fois que la personne doit choisir à quelle couleur associer le « 4 ».

Figure 2: Exemple de résultats d'association graphème-couleur au test Synesthesia Battery

Grapheme Color Picker Test



La profonde subjectivité de la synesthésie est la clef de voûte de notre recherche. Malgré l'existence du test cité plus haut, aucun examen n'est « encore capable d'objectiver la synesthésie à titre individuel » (Caspar et Kolinsky, 2013, pp. 642-643) : ni la constance des associations, ni

l'IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle), ni les autres procédés utilisés, ne sont en mesure d'explicitier la particularité du phénomène pour chaque personne qui l'expérimente.

Cela fait donc de ce phénomène un formidable tremplin pour faciliter la compréhension de la pluralité des perceptions du réel. En effet, comme le soulève Cytowic dans son ouvrage intitulé *Synesthesia*, ce que nous montre la synesthésie « c'est que personne ne voit le monde comme vous le voyez » :

Eyewitnesses famously disagree on the same "facts". Other have different points of view than you do, and all are true. Synesthesia highlights how each brain filters the world in its own uniquely subjective way. (2018, p. 30)

Cependant, un des biais propres à l'humain est celui de toujours supposer que la perception de notre environnement est la même que celui de notre prochain. Sean Day s'exprime en ces termes sur le sujet :

Humans take for granted that what each of us sees, hears, tastes, smells, and otherwise perceived is very much like that of the next person. Especially at a sensory level, most of us believe that our realities are pretty much the same. (2005, p. 25)

Ainsi, en nous concentrant sur la synesthésie, nous optons pour une approche positive de la neurodiversité. Nous tentons de participer à la démocratisation des connaissances sur le sujet afin d'ouvrir la discussion sur le regard que nous portons sur les personnes vivant avec un fonctionnement neurocognitif atypique, car nous ouvrir à la différence nous permet de construire un pont pour aller à la rencontre de toutes les personnes dont le cerveau fonctionne de manière différente, ni bonne, ni meilleure, simplement d'une façon alternative.

c. La synesthésie tactile-olfactive

Parmi la multitude de formes de synesthésie, nous avons choisi de centrer nos investigations sur la forme tactile-olfactive qui associe la perception d'odeurs synesthésiques au toucher. Cela signifie que l'*inducer* est la sensation tactile et que le *concurrent* est l'odorat. Cette forme de synesthésie, très rare, ne représente que 0,35 % des synesthètes d'après les estimations des chercheurs spécialisés sur la question (Day, 2005). Aucune étude systématique sur ce type de synesthésie n'a été menée jusqu'à présent. À l'heure actuelle, nous n'avons jamais rencontré de synesthète avec cette forme de synesthésie, ni même lu d'article scientifique traitant

spécifiquement du sujet. Toutefois, au cours de nos recherches nous avons identifié deux mentions directes au phénomène. La première se trouve dans la thèse de médecine du docteur Alexandre Légraré sur les hallucinations olfactives dans la schizophrénie (2016) pour l'Académie de Tour, en France. En analysant ses résultats, il introduit la notion de synesthésie tactile-olfactive en mentionnant la possibilité que les hallucinations olfactives soient liées à la sensation de l'air pénétrant dans les narines des patients. Ce serait alors « la caresse de l'air dans les muqueuses nasales qui activeraient directement la sensation olfactive » (2016, p. 123). Par ailleurs, nous avons identifié une synesthète décrivant la synesthésie tactile-olfactive : la créatrice de parfum Dawn Spencer Hurwitz :

When I smell smells, I see colors and shapes, and I feel textures. And it goes both ways. So a lot of times, I can see a color or feel a texture and start to get a smell. So I can start to develop a perfume in my brain just from that sensation. (Spencer Hurwitz, 2013, paragr. 10)

Il est certain que d'autres synesthètes de la sorte existent. Potentiellement, toutes les formes de synesthésie sont possibles et dans quasiment toutes les combinaisons imaginables (Mroczko-Wąsowicz et Werning, 2012). Certaines formes sont répertoriées et peuplent la littérature scientifique, alors qu'elles pourraient pourtant, être considérées comme improbables. C'est le cas pour la « swimming-style synesthesia » (Nicolic et al., 2011). Nous citerons ici quelques autres exemples de synesthésie tactiles et d'autres olfactives.

Concernant le toucher, la forme la plus étudiée actuellement est la synesthésie tactile-miroir, ou *Mirror-touch synesthesia* : « Mirror-touch synesthesia (MTS) is the conscious experience of tactile sensations induced by seeing someone else touched » (Ward et Benissy, 2015, p. 118). Cette forme est connue depuis le début des années 2000. Elle a été répertoriée par plusieurs chercheurs avant d'être vérifiée par imagerie médicale en 2005 (Blakemore et al., 2005). Depuis, l'intérêt pour le corps scientifique ne se dément pas, dans la mesure où ce dernier y voit un moyen d'étudier les rouages de l'empathie chez les humains (Banissy et Ward, 2007). Ceci suscite également notre attention puisque nous cherchons nous-même à provoquer l'empathie chez nos participants par le biais d'une expérience artistique tactile.

Un autre type de synesthésie tactile où le toucher est l'*inducer* est celle tactile-couleurs. Les sujets qui l'expérimentent, voient des couleurs différentes selon les textures touchées. Concernant ce type, les recherches sont rares car peu de cas sont répertoriés. Julia Simner et Vera Ludwig

reportent en 2012, le cas de EB, une femme vivant avec cette particularité, et le compare avec un autre relevé dans la littérature scientifique précédemment, celui de TV. Les chercheuses pointent d'ailleurs la rareté de l'étude du phénomène dès le début de l'article, en stipulant que ces études incluent également les cas où le toucher est un *concurrent* (Simner et Ludwig, 2012). Leur recherche décrit, entre autres, ce que perçoit EB.

EB experiences colors in her mind's eye in response to tactile stimuli applied to the palms or fingers, or when she explores objects haptically. From our work with EB, it is clear that her experiences are complex. For example, when she held a palm-sized object made of plastic, wool and foam she said: "There are many different textures here and there are colors for each texture. The smooth plastic out-side part is a sort of blue-green silver-grey color; it's metallic. The spongy bit is yellow, the wool is another color. For some reason, the inside of the plastic is white. That's quite clear". (Simner et Ludwig, 2012, p. 168)

L'intérêt des recherches citées est qu'elles montrent également qu'il réside une correspondance dans les associations entre sensations tactiles et couleurs réalisées par les synesthètes et celles faites par les non-synesthètes. Les stimuli les plus durs et lourds sont les plus souvent associés aux couleurs les plus sombres (Ward et al., 2008). Nous avons adapté ce schéma d'association aux odeurs dans nos recherches comme nous l'expliquerons plus tard.

Les formes de synesthésie olfactives jouissent de la même rareté. Elles sont également peu étudiées et peu d'entre elles sont répertoriées. Dans nos investigations nous avons relevé l'étude d'Alex Russel, Richard J. Stevenson et Anina NRich qui s'intéresse au cas de six synesthètes pour qui les odeurs génèrent des couleurs (2015). Les chercheurs y précisent qu'aucune étude systématique sur les synesthésies où l'odeur est l'*inducer* n'a été entreprise. Cependant, la réciproque est vraie. Il n'existe pas d'étude systématique sur les synesthésies où l'odeur est le *concurrent*, et les exemples de cas ne sont pas légion non plus. Nous pouvons rapporter ici le cas d'une autre créatrice de parfum, Dawn Goldworm qui affirme que les couleurs génèrent des odeurs.

When I evaluate, I see all of the ingredients in the perfume as different colors, and I move the colors around within the structure to redesign the perfume for different audiences. The creative process that I go through with a brand is heavily based on the colors they identify with, the textures, and the emotional territory. (Goldworm dans Gaimari, 2013, parag. 7)

Des cas de synesthésie audio-olfactive sont également identifiés dans la littérature scientifique de manière anecdotique, prouvant ainsi leur existence. En 2012, les chercheurs Jackson Thomas et Sandramouli Soupramanien reportent le cas d'un patient pour qui les sons, l'*inducer* donc, entraînent des odeurs. Ainsi, le son d'une perceuse fait naître chez lui une odeur d'eau de javel. La créatrice de parfum Dana El Masri, affirme expérimenter des perceptions similaires (Vice, 2017). Cette forme de synesthésie où l'*inducer* est un son et le *concurrent* une odeur pourrait s'expliquer en partie par les racines de la parfumerie occidentale. En effet, pour composer un parfum, les parfumeurs conçoivent des « accords » basés sur des « notes » : note de tête, note de cœur, note de fond. Ce vocabulaire repris de la musique a été mis au point par Septimus Piesse, parfumeur du 19^{ème} siècle et pionnier de l'art du parfum comme nous le connaissons : « Pour faire un « bouquet accord de Do », il faut du santal, du géranium, de l'acacia, de la fleur d'oranger et du camphre, tandis qu'un « bouquet accord de Fa », nécessite musc, rose, tubéreuse, fève tonka, camphre et jonquille » (1890, p. 41). Néanmoins, il n'est pas à exclure que cette harmonisation de vocabulaire entre parfum et musique soit lui-même le fruit d'un synesthète.

La rareté de la synesthésie tactile-olfactive pourrait contribuer à en faire un phénomène anecdotique. Cependant, elle est une des incarnations de la très vaste variété des perceptions humaines. Comme nous l'avons démontré, les sens sont à la base de notre processus perceptuel. Une altération de ces derniers et ce que nous captions et comprenons du réel change. La synesthésie, bien qu'influençant les sens n'est pas directement liée aux organes sensoriels, mais plutôt au centre de traitement des informations sensorielles qu'est le cerveau. Le développement neurocognitif des synesthètes apparaît être différent. Cette forme de neuroatypie, bien qu'encore mystérieuse pour le corps médical, est une source de grande diversité dans les perceptions. Néanmoins, à la différence des autres formes de neurodiversité que nous avons évoquée précédemment, la synesthésie est une condition jugée favorablement par le corps scientifique, voire comme un ajout positif aux sens par certains. Si ce phénomène perceptuel met en évidence le fait que personne ne perçoit le monde de la même manière, il manifeste aussi la difficulté qu'il existe à partager notre subjectivité. En effet, une des caractéristiques de la synesthésie est son caractère ineffable. Ainsi, elle contribue à montrer l'impossibilité de communiquer aux autres la totalité de notre expérience perceptive par le langage.

II. MEDIAS ET MEDIATION : COMMUNIQUER SES EXPERIENCES PERCEPTUELLES

My native country is Austria. It's funny that you mention your synesthetic genders of the cutlery because they exactly correspond to my synesthesia. Actually, I've never thought about it before, but I immediately knew, what you were talking about. My synesthetic genders and personalities (+ colors, sounds, characteristics) also depend on the different languages.

(K., 2019)

La complexité des expériences perceptives et sensorielles des personnes neurotypiques rend compliquée l'expression de celles-ci. Cette difficulté à transmettre son réel est accentuée chez les synesthètes puisque leurs perceptions sont si particulières qu'elles sont étrangères aux autres qui ne peuvent les rapprocher à leur propre réel. Pourtant, la communication est le propre de l'humain qui cherche toujours à sortir de lui-même. Alors, comment procéder pour se soustraire à ces limitations ? Le langage semble être le premier vecteur de communication. Il est le premier des médias d'après Marshall McLuhan (1977). Nous en explorerons donc les limites afin d'explicitier les raisons qui nous poussent à nous en passer dans notre création. Cela nous amènera à questionner les liens qui unissent nos sens haptique et olfactif aux médias que nous, humains, créons. Cette difficile transmission de l'expérience perceptive ouvrira alors la porte à l'expression artistique comme moyen d'étendre le champ des possibles de la médiation de la synesthésie.

1. Le langage comme premier vecteur d'expression des perceptions

Tout ce que nous expérimentons, tout ce que nous percevons, s'inscrit en nous. Que nous en soyons conscients ou non, nous sommes constamment en train d'emmagasiner des informations sur ce qui nous entoure et nous affecte. Nous éprouvons alors le besoin fondamental de communiquer aux autres, de projeter hors de nous cette vie intérieure. Il existe chez l'humain une nécessité absolue à partager des messages cognitifs et affectifs pour pouvoir établir des relations avec autrui (Henderson, 1994). Pour communiquer aux autres ce que nous vivons, notre arme de prédilection est le langage. Pour le philosophe et épistémologue français Georges Gusdorf, le langage « est une

fonction psychologique correspondant à la mise en œuvre d'un ensemble de dispositifs anatomiques et physiologiques, se prolongeant en montages intellectuels pour se systématiser en un complexe exercice d'ensemble » (1977, p. 8). Ce « système d'expression parlée particulier à telle ou telle communauté humaine » (Gusdorf, 1977, p. 8), repose sur des mots, un vocabulaire et une grammaire. Le langage implique ainsi toutes les facettes de l'humain : son corps, son intellect et ses émotions. Plusieurs facteurs influencent le langage, certains physiques, tel que la capacité à fonctionner des sens de celui qui communique, d'autres psychologiques, tels que la conception du monde que tout un chacun se construit et les expériences vécues, ou encore des facteurs socioculturels, tels que la culture ou le statut social. Marshall McLuhan affirme qu'il est le moyen de base d'expression, la technique fondatrice créée par l'humain pour instaurer une voie de communication avec ses semblables : « Les mots sont des systèmes complexes de métaphores et de symboles qui expriment ou extériorisent sensoriellement l'expérience. Ils constituent l'expérience de la clarté. La traduction de l'expérience sensorielle directe en symboles vocaux permet d'évoquer et de recouvrer le monde entier à n'importe quel moment » (1977, p. 80). Ainsi, grâce à une combinaison de sons, ou de mouvements dans le cas du langage des signes, nous sommes en mesure de générer une traduction de ce que nous ressentons afin que les autres puissent s'approprier notre ressenti et le comprendre. En ce sens, nous nous extériorisons de nous-mêmes. Cependant, chaque langage possède une structure propre et reflète par celle-ci une vision du monde.

[N]ous projetons dans le monde, la plupart du temps inconsciemment, la structure du langage que nous employons. Du fait que nous estimons la structure de notre propre langage habituel comme allant tellement de soi, particulièrement si nous sommes nés dans le milieu qui l'utilise, il est parfois difficile de réaliser combien les peuples munis d'autres structures de langage conçoivent le monde différemment. (Korzybsky, 1998, p. 209)

Edward Sapir, instigateur de la très discutée théorie Sapir-Whorf, propose ainsi l'idée que ce que nous percevons est en grande partie conditionné par nos habitudes linguistiques car celles-ci nous prédisposent à un certain type d'interprétations (1929). Whorf poussera plus loin cette théorie en se basant sur la diversité linguistique existante dans le monde et en mettant en avant le fait que les comportements des locuteurs des différentes langues face à un stimuli perceptuel varient suivant leur idiome (Whorf, 1956). Il appuie ses propos sur une étude de la structure de diverses langues et conclut à un fort conditionnement par la langue parlée. Ces travaux ont été vivement critiqués,

notamment à cause de leur modèle de recherche. En 1969, les chercheurs Brent Berlin et Paul Kay proposent une autre étude, basée sur la nomination des couleurs primaires dans vingt langues différentes. Leurs conclusions réfutent celles de Whorf et prétendent mettre en évidence l'existence d'un universalisme des couleurs primaires. À leur tour, leur modèle de recherche est remis en cause : pas assez de sujets interrogés pour valider l'hypothèse et des locuteurs vivants pour la plupart aux États-Unis (Panoff-Eliet, 1971). Cependant, depuis, d'autres recherches sur l'influence de la langue sur la perception sont venues réhabiliter en partie la théorie Sapir-Whorf (voir Davies et al., 1998 ; Boroditsky, Fuhrman et McCormick, 2010).

Bien que la question ne soit toujours pas tranchée et penche présentement plutôt vers une vision néo-whorfienne (Robert cité par Garcia, 2016), nous ne pouvons laisser de côté le fait que dans la construction-même d'un langage, des choix sont opérés par rapport à la totalité du réel. Ainsi, chaque langue se retrouve être *a minima* un prisme variable qui vient se focaliser sur tel ou tel aspect d'une chose.

Ainsi, la communication de nos perceptions par le langage se trouve rapidement conditionné par le manque de terme capable de les exprimer. Et s'il y a un sens pour lequel le vocabulaire est réduit, c'est bien l'odorat : « Odors have no description in natural sciences that can give any 'measurement' to the presented stimuli » (Chastrette, 1981 dans Dubois, 2007, p. 171). L'artiste Sissel Toolas, spécialisée en art olfactif et polyglotte maîtrisant neuf langues, affirme qu'il n'y a aucune langue qui décrive parfaitement les odeurs (Jones, 2006). En effet, lorsque nous décrivons une odeur, nous la rapportons constamment à quelque chose qui existe sous une autre forme. Nous pouvons revendiquer qu'une chose est « rouge », alors que nous dirons d'une chose qu'elle sent « comme le citron » ou « comme la pomme ». Nous ne parlons pas de la couleur d'un objet comme étant « de la même couleur qu'une tomate/fraise » pour signifier sa rougeur. Cette particularité de l'olfaction a été étudié par Zucco, qui la justifie par des raisons neurophysiologiques notamment par sa gestion par le système limbique (2007). Pourtant, en comparant les langues les unes avec les autres, il est possible d'identifier des groupes sociaux qui catégorisent mieux les odeurs que nous. Dans leur étude basée sur l'encodage des sens dans vingt langues différentes issues d'aires géographiques très différentes, les chercheurs Asifa Majid et al., mettent en évidence l'existence de treize classements distincts dans le nombre de termes existants pour catégoriser les sens : « In Malay, for example, shape is the most codable of the senses on average and smell is the least codable, but in Umpila the exact opposite pattern holds — smell is

the most codable and shape is the least » (2018, p. 11372). Chaque société se concentre donc sur un ou certains sens et les priorise dans son langage.

Si la relativité linguistique vient nous apprendre quelque chose sur les limites du langage via la multiplicité de vocabulaires et de conceptions du monde, elle n'en occulte pas pour autant les limitations inhérentes au langage en lui-même. En effet, si nous revenons à la perception des couleurs, je ne peux jamais être certaine que le bleu que le « bleu » que je perçois est le même que celui d'autrui (Wittgenstein, 1983). La couleur est une propriété qui m'est propre. L'objet n'a pas de couleur en tant que tel, il est « bleu » pour *moi* en tant qu'individu. Les couleurs n'existent pas physiquement. Ce sont des longueurs d'ondes différentes qui pour moi, selon mes capacités physiques et intellectuelles, sont vues de telles ou telles couleurs. Un daltonien ou une personne atteinte d'achromatopsie ne verront pas les mêmes couleurs que moi. Et sans être atteint d'une quelconque pathologie, je ne serai jamais certaine que ma subjectivité soit identique à celle de mon interlocuteur. Je ne peux uniquement que convaincre mon interlocuteur de partager les conventions langagières d'une façon assez stable pour qu'elles fonctionnent (Jones, 2006). Le langage est fondé sur des conventions sociales qui comportent des limites, la première étant que l'on « peut infirmer qu'autrui suit une régie donnée, mais non pas confirmer positivement quel sens très précis il lui donne » (Livet, 1997, p. 256). En effet, son comportement manifeste viendra infirmer la règle s'il ne la respecte pas. Toutefois, s'il la respecte, cela ne voudra pas dire que sa subjectivité est identique à la mienne. Cela signifiera seulement qu'il est en accord avec moi pour agir selon la convention, en aucun cas qu'il l'a comprise de la même manière que moi. En s'appuyant sur ce principe, nous pouvons déceler les limites des études sur la perception des couleurs précédemment citées. En effet, elles ne reposent que sur des principes de catégorisations et donc de reconnaissance. Cela signifie que le sujet est mis en présence d'une expérience qu'il a déjà connue auparavant. « Quand Fechner demandait si un stimulus était plus petit ou plus grand qu'un autre, il croyait avoir recours à l'introspection alors qu'il n'étudiait que le jugement, on dit aujourd'hui la décision du sujet » (Fraisie, 2005, p. 22). Ainsi, il « connaît » déjà le rouge, même s'il ne le nomme pas de la sorte ou n'a pas de mot pour le catégoriser. Cependant, comment parler du rouge à quelqu'un qui ne l'a jamais perçu. En ce sens, les recherches sur les perceptions en psychologie semblent se concentrer sur la réaction verbale du sujet face à son environnement.

Cette dernière ne peut être considérée ni comme de simple décalque de la nature physique du stimulus (il n'y a pas de rouge en physique, mais une onde de 720

μ), ni comme la traduction d'un spectacle intérieur (le daltonien nomme rouges les objets qu'il a appris être rouges, sans que sa sensation corresponde à l'expérience commune du rouge, ainsi qu'on peut le déceler dans les cas de confusion). (Fraisie, 2005, p.23)

Alors, force est de constater qu'il réside toujours une part d'indicible, d'ineffable, dans l'expérience perceptuelle de chacun. Si nous nous entendons pour en partager les conventions grâce au langage, ce dernier reste limitant. Ainsi, ce premier medium de communication, ce premier outil que nous utilisons pour transmettre nos subjectivités, ne peut remplir entièrement sa fonction. C'est cette constatation qui a amené Georges Gusdorf à conclure que « si le corps est une tombe, si le monde est un cachot, le langage aussi est une autre prison qui nous mure en nous-même d'autant plus cruellement qu'il semblait devoir nous libérer tout à fait » (1977, p. 67). Serait-ce donc pour remédier au manquement du langage que nous, humains, avons mis au point d'autres médias ?

2. Les médias comme extension des sens

a. Les médias : limite et conditionnement

Dès lors qu'il cherche à s'exprimer, l'humain a obligatoirement recours à une forme de médiation. Le partage d'expérience est en effet impossible sans intermédiaire. Comment transmettre sa subjectivité sans passer par un support physique quelconque qui traduise ce que nous percevons, ressentons de manière impalpable ? Comme nous l'avons vu, le langage est l'option la plus accessible qui s'offre à nous. Cependant, il existe une multitude de moyens de communiquer, de « moyens de traduire ou de transposer une sorte de connaissance sur un autre mode. La traduction est ainsi une sorte de "déchiffrement" ou d'explication des formes de connaissance » (McLuhan, 1977, p. 79). Cette condition première d'accès au savoir et au réel via un medium, semble logique dans la mesure où il en est de même pour la sensorialité humaine. « The human sensorium has always been mediated. (Without the "medium" of the air or water, the anthropoid ear finds it impossible to hear) » (Jones, 2006, p. 5). Le savoir du monde que nous acquérons est ainsi, lui aussi, médié constamment par nos corps et se constitue grâce à ce que nous entendons, touchons, sentons et goûtons (Bull, 2006). « Our bodies do not allow us to "escape" »

from technological mediation – they are themselves mediating apparatus, without which there can be no knowledge of the world. » (Jones, 2006, p. 2).

Ainsi, face à ces différentes formes de médiations qui opèrent à chaque étape de la communication et de la perception, plusieurs penseurs sont arrivés à la conclusion que les médias étaient des prolongements de nos sens. Nous entendons ici l’assertion « media » comme un dispositif technique ou technologique d’expression, qui peut être à la fois un médium physique, dans le sens d’un support de la communication et un intermédiaire de sens, notamment entre des parties communicantes en permettant l’échange d’informations. Le premier à proposer une telle idée est le philosophe allemand Ernst Kapp. Selon lui, les outils et les armes sont les projections de nos organes. Il met en avant l’idée que les propriétés biologiques des organes sont transférées aux objets, aux artefacts (Mitcham, 1994) :

A wealth of spiritual creations this spring from hand, arm and teeth. The bent finger becomes a hook, the hollow of the hand a bowl; in the sword, spear, oar, shovel, rake, plow, and spade one observes sundry positions of arm, hand, and fingers, the adaptation of which to hunting, fishing, gardening and field tools is readily apparent. (Kapp, 1877, pp. 44-45 traduit par Mitcham, 1994)

Le théoricien des médias Marshall McLuhan semble reprendre cette idée dans son affirmation selon laquelle : « All media are extensions of some human faculty – psychic or physical. (1977, p. 26), cependant, pour McLuhan, les médias physiques, ces objets techniques sont des extensions et non des projections. Ces derniers reprennent les caractéristiques biologiques des humains pour les amplifier ou les multiplier. La roue est une extension de nos pieds, le téléphone de notre voix, la télévision de nos yeux et de nos oreilles, l’ordinateur de notre cerveau, etc... (McLuhan, 1977). Son propos se comprend d’autant mieux que le chercheur évolue dans une nouvelle société industrielle où la consommation de masse s’est développée à un niveau jamais connu alors. Ainsi, ce que Kapp percevait dans les techniques, McLuhan le transpose aux technologies, dont celles de la communication. Il insiste également sur l’importance de l’électricité, comme accélérateur de ce processus. Comme le suggère Mitcham, David Rothenberg, reprend dans son ouvrage *Hand’s End* le concept d’extension des sens. Pour lui, comme pour McLuhan, les objets étendent les propriétés fonctionnelles de facultés humaines et non les propriétés morphologiques (Mitcham, 2000). Depuis « l’âge électrique » que décrivait McLuhan, l’humain a connu la révolution numérique et la large

distribution des artefacts technologiques issus de celle-ci, intensifiant toujours plus l'utilisation d'extensions de nos sens.

Amplified, shielded, channeled, prosthetized, simulated, irritated – our sensorium is more mediated today than ever before. Yet it bothers us less. The cyborg model of the 1980 and the virtual dreams of the 1990s have evolved into a twenty-first century “comfort zone”, in which the prosthetic and supplemental are habitual. (Jones, 2006, p.5)

Cette intensification du rythme donne à la production de nouvelles technologies des airs de course effrénée. Ces nouveaux médias sont nés des anciens, en les augmentant constamment. Les technologies qui nous permettent de communiquer sont basées sur les anciennes techniques, qui sont sans cesse poussées plus loin. De nos jours, les technologies numériques, c'est-à-dire les technologies électroniques dont le fonctionnement repose sur le code binaire, se sont développées si rapidement et de manière si précise, que l'on parle dorénavant « d'interfaces ». Ces puissants outils technologiques sont des « intermédiaires entre deux langages ou entre deux systèmes », des « filtres de traduction entre l'humain et la machine » (Poissant, 2003, p. 3). Fonctionnant comme toutes les technologies précédemment inventées, elles « allongent et accroissent un sens en permettant de capter et d'enregistrer des éléments de la réalité. Elles donnent ainsi accès à d'autres couches de réalité, à d'autres portions de la matière, de l'univers et de l'humain, sans cela inaccessibles » (Poissant, 2003, p. 10). Ainsi, en amendant constamment les médias anciens, nous produisons un changement d'échelle. Les rapports des sens et les modèles de perception s'en trouvent modifiés progressivement (Roy, 2000), car les médias quels qu'ils soient imposent les postulats sur lesquels ils reposent. Les nouvelles technologies une fois créées instaurent alors une nouvelle demande. « Personne ne réclame d'automobile tant qu'il n'en existe pas ; personne ne s'intéresse à la télévision tant qu'il n'y a pas d'émissions », affirmait déjà McLuhan dans *Pour Comprendre les Médias* (1977). Cependant, en nous accoutumant à l'utilisation de ces extensions de nous-mêmes, nous cessons petit à petit de les considérer comme des objets extérieurs. Ainsi, la canne qu'utilise un aveugle pour percevoir le monde étend sa capacité à toucher et finit par ne plus être perçue pour elle-même, mais comme une partie de lui (Merleau-Ponty, 1945). À l'ère du numérique, nous avons tellement augmenté technologiquement cette canne, que nous avons donné naissance à une variété de prothèses de substitution sensorielle qui permettent maintenant aux individus qui les auraient perdus leur sens de la vue de le retrouver en partie. Les dispositifs de

TVSS (*Tactile Vision Substitution System*), inventés par l'équipe du chercheur Bach-y-Rita en sont de bons exemples. Une caméra extracorporelle traduit en signaux électriques les images perçues pour les retransmettre directement sur la langue des personnes aveugles (Bach-y-Rita, 2003). Après un entraînement, les utilisateurs sont capables de « voir » de nouveau, c'est-à-dire qu'ils perçoivent les images dans l'espace, non-plus sur leur peau, et sont capables de discerner des lettres et des objets (Bach-y-Rita, 2003). Plus l'apprentissage avance, « plus la sensation est immédiatement traduite en perception, l'utilisateur oubliant le système de traduction » (Raboison, 2014, p. 149).

Cependant, ces nouveaux outils technologiques, aussi puissants soient-ils dans leur amplification et extension de nos sens, instaurent également des limitations. En favorisant certaines de nos capacités, ils en limitent d'autres. Ainsi, Don Ihde cite dans son ouvrage *Technics and Praxis* l'exemple de la fraise qu'utilise un dentiste pour le polissage des dents. En amplifiant la capacité du praticien à sentir les irrégularités de manières plus précises, le même outil limite ses sensations. Son doigt lui aurait, lui, permis de sentir la chaleur et l'humidité de la bouche, en plus de lui permettre de sentir les aspérités (Ihde, 1979). McLuhan parlait lui d'amputation pour décrire l'effet pervers qui opère en parallèle de l'extension de nos sens. La voiture amplifie notre capacité à nous mouvoir, mais nos pieds, eux restent inactifs. Nous ne les utilisons plus. Nous pouvons donc conclure que les médias instaurent leurs propres paramètres. En traduisant sous une certaine forme ce qui sera transmis, ils déterminent par la même occasion ce qui pourra ou non en être véhiculé. C'est ce qu'affirme Edmond Couchot dans son ouvrage *La technologie dans l'art. De la photographie à la réalité* :

Un appareil – la chambre noire – se greffait sur l'œil et sur la main, prolongeant le corps en direction du monde extérieur, mais aussi ouvrant, livrant ce corps à une machine d'un type particulier et à des automatismes qui ne cesseront de se développer. (1998, p.21)

De la même manière que le langage rendait incapable l'expression totale de la subjectivité, l'écriture fait de même en mettant de côté cette fois-ci le son, le toucher et les autres sens. Dès lors, pour communiquer l'expérience perceptuelle des personnes vivant la synesthésie tactile-olfactive, il nous est apparu évident qu'il était nécessaire d'utiliser les médias tactiles et olfactifs dans notre expérience, car eux-seuls étaient en mesure de transmettre la plénitude des perceptions que nous avons cherché à stimuler. Nous espérons ainsi éviter ce que Lev Manovich nomme la

« transcodification » (2001), c'est-à-dire les processus de traduction d'un langage à un autre, d'un code formaté à un autre.

b. Les technologies haptique et olfactive

Pour pouvoir agir comme une extension ou une amplification d'un de nos sens, il faut que le média concerné s'approche du fonctionnement de la sensorialité auquel il s'adresse. Il doit se calquer sur ses modalités pour imiter ses potentiels d'action, afin qu'un échange puisse s'opérer entre l'utilisateur et lui. L'utilisateur du média doit pouvoir se l'approprier de manière intuitive. Or, nos sens sont des systèmes complexes. Chaque organe sensoriel est l'acteur potentiel de plusieurs actions. « Les recherches sur les prothèses quelles qu'elles soient ont mis en lumière la complexité des fonctions de l'œil, de la main, des dents etc. » (Poissant, 2003, p. 12). Dans leur volonté de créer des technologies capables de réparer les sens manquants, les chercheurs se sont retrouvés confrontés à la multitude d'actions que réalise en une fraction de seconde, au même instant, chacun de nos organes sensoriels. La peau, ressent le toucher, ainsi que la chaleur par exemple, mais exprime la peur par la « chair de poule » et le dégoût par les frissons. Toutes ces événements sensoriels se produisent au même moment.

Cette information est d'autant plus vraie quand nous nous intéressons au sens haptique, le nom scientifique du toucher. Comme le soulève Samuel Bianchini dans son article « .exp De l'expérimental à l'expérimentable » dans l'ouvrage collectif *In actu - De l'expérimental dans l'art*, il existe plusieurs degrés de toucher, variable selon l'intentionnalité de l'acteur :

[Le toucher] peut se traduire de diverses manières : de l'effleurement à la pression, cette dernière relevant davantage de la désignation, voire du choix effectué à travers un bouton. Du toucher à la saisie, la frontière est également étroite, mais la préhension, aussi simple soit-elle, change considérablement la relation car elle appelle le plus souvent une volonté de compréhension. (2009, p. 297)

Face à cette multiplicité de fonctions, les premiers médias haptiques à être développés se sont concentrés sur la « télémanipulation » ou la « téléopération ». Les machines dotées de ces premières technologies, tels que les écrans tactiles de nos téléphones intelligents, sont capables de générer un effet de rétroaction de force, mais non pas de produire des imitations de sensations tactiles (Paterson, 2007). Ce que nous appelons des écrans tactiles ne le sont en réalité pas

vraiment. Ils peuvent être caractérisés comme étant des éléments « haptiques de surface » (Paterson, 2007) car ils permettent aux usagers de commander leur machine en se passant de boutons. Depuis leur création dans les années 1970 et leur commercialisation en 2007 avec le premier iPhone de l'entreprise Apple (Depambour, 2007), les écrans « tactiles » se sont démocratisés au point de devenir la norme. Cependant, ces écrans ne nous permettent toujours pas de sentir autre chose que l'écran en verre, qu'ils utilisent comme support. Les choses sont toutefois en train de changer. Deux sociétés, une française (Hap2U) et une états-unienne (Tanvas) ont proposé en 2017 des prototypes d'écrans capables de donner l'illusion des textures des images présentées sur l'écran. Ainsi, un usager pourra bientôt sentir physiquement la texture du toucher d'un vêtement qu'il souhaite acquérir en ligne, par exemple. Cette nouvelle technologie repose sur l'utilisation d'ultrasons « provoqués par la friction entre le doigt et l'écran tactile pour créer cette sensation à l'aide d'une fréquence particulière » (Martin, 2018). Dans un autre registre, il existe les Makey Makeys, ces objets connectés qui permettent de transformer des surfaces différentes en interfaces informatiques et qui sont accessibles au grand public à bas prix. Notons ici, que les Makeys Makeys permettent la programmation par les usagers, qui peuvent donc choisir quelle surface ils désirent rendre « tactile », c'est-à-dire qu'elles répondent à leur commande tels des claviers d'ordinateur. D'autres technologies haptiques existent, bien que moins abordables financièrement car plus onéreuses, tels que des robots permettant aux chirurgiens d'opérer à distance en recréant la sensation du toucher pour prévenir les utilisateurs lorsqu'ils entrent en contact avec une paroi. C'est le cas notamment du robot chirurgical Da Vinci. Dans le domaine de la musique également, des technologies ont vu le jour pour permettre de ressentir la musique. CuteCircuit et l'orchestre symphonique de Hambourg ont ainsi produit le Soundshirt afin de permettre l'accessibilité à la musique des personnes sourdes. Au Canada, a été développé le SubPac, qui fonctionne lui-aussi avec des vibrations corporelles pour accentuer l'effet de la musique. Par ailleurs, il existe plusieurs formes des gants de données (Datagloves), ces gants équipés de capteurs qui permettent de capter les mouvements des mains des utilisateurs. Ceux-ci, en enregistrant les gestes, donnent la sensation de pouvoir agir avec l'environnement. Ils sont fréquemment utilisés pour accompagner la réalité virtuelle. En matière de sensations tactiles, ils sont eux aussi au niveau basique. Les usagers peuvent ressentir le contact ou la pression exercée sur leurs mains par le biais de vibrations, sans toutefois pouvoir expérimenter la plénitude du toucher. La démocratisation de ces gants de données a permis l'émergence de nouvelles

fonctionnalités, comme celle de traduire en sons les mots produits par langages des signes (Swee et al., 2007). Enfin, nous citerons également le projet *Impacto*, créé par l'équipe du chercheur Pedro Lopes au Hasso Plattner Institute en Allemagne, qui simule l'impact physique chez les personnes en associant la stimulation tactile à la stimulation électrique des muscles. Cette technique est la même utilisée précédemment dans les œuvres de l'artiste Stelarc. Lors de sa performance de *Third Hand*, il s'était fait greffer une prothèse de troisième main fonctionnant grâce à des électrodes placées à des endroits spécifiques sur ses muscles, tandis que dans *Fractal Flesh* ses membres étaient contrôlés par le public grâce à des stimulations électriques directement dans ses muscles (Paterson, 2007, p. 115). À l'heure actuelle, les médias haptiques fonctionnent donc principalement comme des capteurs de mouvement ou de geste qui retransmettent à une interface informatique les informations enregistrées. Elles nous permettent d'interagir avec ce qui nous entoure avec nos mains, en se passant de bouton et sont en mesure de nous retransmettre par vibrations ou ultrasons des informations en provenance de l'interface. Toutefois, elles restent limitées dans la reproduction des sensations tactiles que sont la pression, la température et les textures. Il n'existait donc aucun média capable de réaliser ce que nous voulions faire dans le cadre de nos recherches : associer une texture automatiquement à une odeur. Cela signifiait pour nous, soit d'en détourner un en s'appropriant certaines de ces fonctionnalités, soit d'en créer un nouveau.

En matière de technologies olfactives, ce qui est aujourd'hui appelé « Digital Scent Technology », la complexité est également de mise, car la médiation des odeurs porte sur trois aspects : 1) capter, enregistrer l'odeur dans un premier temps ou la créer à partir de composés chimiques, 2) la conserver sans qu'elle ne s'altère et 3) la diffuser dans l'espace et dans le temps.

En ce qui concerne la captation et la création des odeurs, des technologies efficaces ont été développées, en se basant notamment sur les techniques ancestrales. Extraction, expression, effleurage, distillation, infusion, autant de techniques qui sont à la base de la captation des odeurs. Par ailleurs, la chimie a permis de créer des parfums qui n'existaient pas dans la nature jusqu'alors (Wicky, 2018). Cependant, si l'art de la captation des odeurs paraît être maîtrisée, en ce qui concerne la restitution et l'odorisation les technologies ne sont pas suffisantes pour permettre une diffusion efficace (*ibid*). Il faut dire que l'histoire du développement des médiums olfactifs laisse penser que personne ne semble s'y intéresser. Dans leur article « Aroma Tells a Thousand Pictures:

Digital Scent Technology a New Chapter in IT Industry » (2014), les chercheurs au Birla Institute of Technology, Devashish Gosain et Mohit Sajwan citent l'exemple du iSmell Digital Scent Technology, qui dès 2001 devait permettre de transmettre des odeurs grâce à internet. Cependant, malgré les fonds levés pour cette entreprise, ce dernier ne verra jamais le jour faute d'intérêt du public et dû au coût de production. La publicité elle aussi a noté, grâce à des nombreuses études sur le sujet (Porcherot, *et al.*, 2010) l'influence des odeurs sur les émotions. Cela a donné lieu à la création de tout un nouveau pan de la communication : le marketing olfactif. Ce dernier repose en grande partie sur la diffusion des parfums dans l'espace grâce à la création et au développement de dispositifs de diffusion de plus en plus performants. La démocratisation des parfums de synthèse a aussi permis de générer de nouvelles ambiances dans les espaces, mais aussi d'obtenir certains effets recherchés chez les consommateurs. En matière de technologies olfactives, de nouveaux dispositifs ont récemment vu le jour, tels qu'*Olly*, développé par les laboratoires Mint Digital, qui est un boîtier connecté à l'ordinateur et qui libère des odeurs lors de l'arrivée d'un courriel, ou encore *Qblinks*, qui propose le même service mais en se branchant sur les téléphones intelligents. L'autre pendant de la diffusion d'odeur est la captation de celles-ci. Ainsi, en matière de technologies, cela a donné lieu au développement de « nez électroniques » capables de capter et d'identifier les odeurs. La société Alpha Mos a notamment créé le dispositif HERACLES, qu'il commercialise dans le monde entier. Aryballe Technologies propose un nez électronique qui fonctionne à l'aide de bios-senseurs et The eNose Company a donné naissance à une technologie capable de déceler certaines maladies en analysant l'haleine des usagers. Dans le domaine de la réalité virtuelle, les choses évoluent rapidement. L'entreprise espagnole Olorama associe la diffusion d'huiles essentielles dans l'espace de projection afin de créer une immersion totale. Une start-up japonaise vient de se lancer dans la création du casque *Vaqso*, qui intégrera directement dans le casque les cartouches d'odeurs et pourra ainsi diffuser des ambiances olfactives durant les jeux vidéo. Les artistes ne sont pas non plus en reste quand il s'agit d'utiliser ces médias, voire d'en créer de nouveaux pour répondre à leurs besoins. Nous pouvons notamment évoquer la chorégraphe allemande Pina Bausch qui, en 1982, diffusait déjà des odeurs de viande dans son public lors de son spectacle *Nelken*, ou encore la production de l'Opéra national anglais qui proposa une production intitulée *Love for Three Oranges* où chaque spectateur recevait une carte à gratter libérant les odeurs *scratch'n'sniff* (Gosain et Sajwan, 2014). L'artiste Maki Ueda, dans son œuvre *Tangible Scents : Composition of Rose in the Air* (2018), a choisi d'infuser des bulles de savon

avec les différents composants de l'odeur de rose. Enfin, une œuvre intéressante à relever est celle de Miriam Simun, *Ghostfood* (2013), car elle s'avère être un bon exemple de développement d'une technologie personnelle (sur les participants) autour du lien intrinsèque qui existe entre olfaction et gustation. L'artiste a en effet réussi à recréer des goûts via des odeurs chez les spectateurs en leur faisant sentir une odeur au moment où ils ingéraient un ersatz neutre de nourriture. Les travaux artistiques olfactifs de Peter De Cupere sont eux aussi riches en créations techniques. Il se targue ainsi d'avoir créé avec *Olfacio* (2013), la première application virtuelle de reconnaissance d'odeur pour tablette numérique. Ainsi, en associant les cartes, les usagers peuvent créer leur propre fleur virtuelle en utilisant dix odeurs différentes. Toutefois, il s'agit ici d'un cas d'interprétation de l'odeur car la tablette est bien évidemment incapable de sentir les cartes *scratch'n'sniff* fournies par l'artiste. Elles sont simplement identifiées par un code qui est reconnu par l'appareil photographique de la tablette. Dans nos explorations, nous avons cherché à attribuer une odeur à une texture et donc à la diffuser de manière automatique et restreinte. En effet, tout l'enjeu était de pouvoir trouver des technologies qui ne diffusaient que dans l'espace personnel de l'utilisateur afin qu'elle ne contamine pas l'espace olfactif des odeurs et qu'elle ne soit pas non plus altérée par d'autres odeurs. Le tout devant se produire de manière stable.

Les médias olfactifs et tactiles existent donc bel et bien, mais ils ne sont pas aussi démocratisés que les médias audios et visuels. Par ailleurs, leur développement est restreint à l'extension ou la reproduction de certains aspects des sens du toucher et de l'odorat. Aucun encore n'est en mesure d'offrir la diversité et la plénitude de l'expérience des sensations que nous éprouvons via ces sens. Alors, face à ces restrictions dans la traduction du sensible, il semble qu'une solution possible soit d'associer ensemble plusieurs médias afin de se rapprocher au plus près de ce que l'on cherche à exprimer. Parmi toutes les formes de médiations existantes, il en est une qui n'a de cesse de chercher à transcender ce qui nous contraint, à repousser les bordures des cadres qui enserrent le réel, il s'agit de l'art. En effet, depuis toujours et à chaque époque, les artistes se sont approprié les différents médias pour jouer avec, les associer, les détourner, les déformer et ainsi pousser toujours un peu plus loin leur capacité créative en les adaptant à leurs volontés esthétiques. Les artistes démultiplient ainsi les possibilités d'actions des médias, jusqu'à les rendre « de plus en plus pertinents et précis, permettant « d'acter » l'appareil sensoriel du visiteur, et ainsi de démultiplier ses modalités sensori et/ou motrices » (Raboison, 2014, p. 60).

3. L'art et la synesthésie : tentative d'expression de l'indicible

a. Art comme médiation de la subjectivité sensorielle

Le terme « art » est polysémique et a évolué au cours des siècles, passant de la notion de technique à celle des Beaux-Arts. Laissant délibérément de côté les questions d'esthétique soulevées par la volonté de définir ce qui relève de l'art, nous avons choisi de baser notre réflexion sur une vision plus ouverte de la notion. Ainsi, tel que le propose Léon Tolstoï dans son ouvrage *Qu'est-ce que l'art*, nous entendons dans nos travaux que l'art « n'est pas une jouissance, un plaisir, ni un amusement : l'art est une grande chose. C'est un organe vital de l'humanité, qui transporte dans le domaine du sentiment les conceptions de la raison » (1898, p. 208). Sans définir actuellement ce qui peut mériter le titre d'« art », cette vision est assez large pour englober plusieurs types de médiums (poésie, spectacle vivant, littérature, arts plastiques, etc.) et plusieurs pratiques (happenings, spectacle de rue, etc.). De plus, elle ancre la création artistique dans la volonté de susciter une émotion chez le spectateur, notamment par le biais de l'empathie, ce qui est exactement ce que nous avons souhaité provoquer par nos recherches. Émouvoir et interroger sont les bases de l'empathie et ont toujours été nos objectifs finaux dans notre proposition d'expérience artistique. Tolstoï poursuit plus loin : « Ainsi l'art a devant lui une tâche immense : avec l'aide de la science, et sous la conduite de la religion, il doit faire en sorte que cette union pacifique des hommes, [...], puisse se réaliser par le libre et joyeux consentement de tous » (*ibid*). Dans cette définition, souvent critiquée, Tolstoï exprime cependant deux points essentiels à notre projet : le rôle social de l'art et son lien avec la science. Dans son analyse, il appuie sa réflexion sur l'idée que l'art et la science sont deux facettes des connaissances humaines, qui doivent fonctionner en synergie pour produire leurs effets. « Dès que les spectateurs ou les auditeurs éprouvent les sentiments que l'auteur exprime, il y a œuvre d'art » postule également l'écrivain (*ibid*, p. 56). Ce qui entend une notion de communication d'informations, mais surtout de transmission du ressenti. Dans le cadre de nos travaux, c'est ce partage de l'expérience subjective qui nous intéresse dans la mesure où le vécu synesthésique de chaque synesthète est difficilement traduisible en mots. Au-delà de ce premier aspect, le lien avec la science est également essentiel à nos recherches, car le phénomène sur lequel nous travaillons est intimement lié aux évolutions scientifiques : la reconnaissance de sa véracité a été possible grâce à ces dernières et la mise au point de nouveaux médias technologiques a grandement aidé à sa compréhension et son expression.

Ainsi, la synesthésie a toujours fasciné les artistes et très tôt des créations artistiques se sont approprié le concept, afin d'offrir des expériences inédites aux spectateurs. L'art « synesthésique » si nous pouvons le nommer de la sorte, n'a pas toujours été réalisé par des artistes eux-mêmes synesthètes et n'a pas toujours eu pour but de montrer l'expérience subjective authentique des synesthètes (Compeán, 2014). Par ailleurs, aucun des projets artistiques n'est encore en mesure de créer chez les spectateurs non-synesthètes de véridiques effets synesthésiques, seulement de les simuler. En outre, nous avons pu constater que depuis que le phénomène est étudié par les artistes, ces derniers ont dû s'atteler à la création d'artefacts techniques et de nouveaux médias, car les outils existants ne permettaient pas de réaliser ce qu'ils cherchaient à exprimer⁴. L'art « synesthésique » révèle ainsi « un lien [avec] la technologie de l'époque, et se transforme de la sorte en une démonstration de l'avancement technologique et de la collaboration interdisciplinaire que l'artiste a pu établir dans son milieu. » (Compeán, 2014, p. 198, traduction personnelle). Par exemple, dès le début du 18^{ème} siècle, le Père Castel, s'intéressant aux travaux de Newton sur la corrélation entre la lumière et le son, conçoit un clavecin oculaire afin de créer « par un jeu de lumières colorées, une accentuation de « l'extase » provoquée par la musique. » (Blanc-Gatti, 1934, p. 24). Faute de financement, le projet ne verra jamais le jour. En 1875, le peintre Brainbridge Bishop se lance dans la production de son propre orgue à couleurs (Compeán, 2014). À partir de cette époque, la forme de synesthésie qui inspire le plus les artistes est donc le phénomène d'audition colorée, ce qui est la synesthésie musique → couleurs qui ont été mises en avant. En 1871, le sonnet *Voyelles* d'Arthur Rimbaud est le premier à faire mention de la synesthésie. Le poète y écrit « *A noir, E blanc, I rouge, U vert, O bleu : voyelles* ». Le concept sera repris dans le courant symboliste qui affirmait que « l'univers n'est que le symbole d'un autre monde » (Vanor, 1889, p. 40). Ces premiers essais inspirent d'autres formes d'art dont le spectacle vivant, les créateurs puisent eux aussi leurs inspirations dans la synesthésie. En 1891, la représentation théâtrale du *Cantique des cantiques* par Roinard en 1891, associe chaque tableau de couleur, à une tonalité musicale, mais aussi à la diffusion d'un parfum clairement identifié dans le programme (Wicky, 2018). Le dispositif est ainsi décrit par Henry Fouquier, critique au *Figaro* :

⁴ Nous noterons que dans la mesure où les médias existants remplissent des fonctions corporelles liées à ce que la majorité de la population expérimente sensoriellement, et que la synesthésie est un phénomène qui touche seulement une petite partie de la population, il est logique que les médias basés sur les expériences des synesthètes ne soient pas développés.

Et, « pour synthétiser l'ambiance de rêve », les auteurs ont fait appel à la musique, au décor, aux parfums. [...] L'allégresse de l'épouse, par exemple, est « orchestrée » de quadruple façon : par le verbe en i-é, luminé de l'o (blanc).

Par la musique : en ré.

Par la couleur : en orangé clair.

Par le parfum : en violette blanche.

Ce qui veut dire que le décor est orange, la symphonie en ré, que les i et les é ont une valeur spéciale dans la déclamation et que la salle est parfumée à la violette, grâce à un injecteur manié dans deux loges... (Fouquier 1891, s.p).

En 1902, le critique d'art et musicien allemand Sadakichi Hartmann propose lui aussi un concert influencé par la synesthésie en performant une œuvre musicale basée sur une mélodie des odeurs, intitulée *A trip to Japan in Sixteen Minutes* (Howes et Classen, 2004). Il y associe alors musique et odeurs dans le but d'offrir un voyage perceptif vers le pays du soleil levant aux spectateurs. Puis, ce sera le compositeur Alexandre Scriabine, qui en 1911 va présenter le spectacle *Prométhée ou le poème de Feu*, en reprenant le concept d'un clavier relié à des lampes pour projeter une couleur correspondant à chaque note. Charles Blanc-Gatti développera au 20^{ème} siècle le courant des « cinépeintres » avec le premier film d'animation entièrement dédié à la conversion sons / images avec « conservation » de certaines caractéristiques de la musique (rythme, intensité), sur l'air de « *L'Entrée des gladiateurs* ». Sous l'impulsion du mouvement artistique du Bauhaus plusieurs congrès internationaux autour du thème de la musique en couleur sont organisés à l'université d'Hambourg en 1927, 1930, 1933 et 1936. Lors de ces derniers, les instruments synesthésiques les plus à jour sont présentés : l'*orchestre chromophonique* de Charles Blanc-Gatti, le *piano optophonique* de Vladimir Rossiné ou encore le *chromatophone* de l'Autrichien Heinrich Von Vietinghoff (Diaz Caviedes, 2013). Dans le contexte des médias de masse du 20^{ème} siècle, et avec l'invention du cinéma qui lie déjà les images aux sons, ce sont de nouvelles techniques qui sont utilisées pour tenter de faire vivre des expériences synesthésiques au public. En 1960, Mike Todd Junior invente le « Smell-O-Vision », un dispositif permettant aux spectateurs de sentir des odeurs liées au film projeté. Le public n'est pourtant pas au rendez-vous et l'invention tombe rapidement en désuétude. En 1981, John Walters tente d'utiliser lui aussi l'odeur au cinéma lors de la projection de son film *Polyester* (Jones, 2006). Les spectateurs sont dotés de cartes *scratch 'n 'sniff* où les odeurs sont identifiées par un numéro. Lorsque le numéro s'affiche à l'écran,

ils peuvent alors associer une odeur à une scène particulière. Là encore, le succès n'est pas au rendez-vous.

En parallèle de ces inventions techniques, des artistes eux-mêmes synesthètes se lancent dans des réalisations artistiques directement inspirées par leurs expériences subjectives. Dans nos investigations nous avons pu noter qu'il est relativement fréquent de rencontrer des artistes synesthètes. Les études sur le lien entre créativité et synesthésie vont en ce sens. Il existe par exemple une prévalence des synesthètes dans les écoles d'art (Rothen et Meier, 2010) et les synesthètes expérimentant des visions lorsqu'ils jouent de la musique sont plus prompts à jouer d'un instrument que les personnes qui n'expérimentent pas ce type de phénomène (Ward, Thompson, Lake, Ely et Kaminsky, 2010). Dans sa thèse sur l'art et la synesthésie, la chercheuse espagnole Josefa Salas Vilar, a soumis 29 sujets artistes et synesthètes à un questionnaire sur leur expériences synesthésiques. 86% d'entre eux indiquent que leur synesthésie favorise leur créativité (Salas Vilar, 2015). Tous ces éléments expliquent en partie le nombre important d'artistes synesthètes créant des œuvres inspirées par leur synesthésie. Le plus connu dans l'histoire de l'art serait sans doute le peintre Wassily Kandisky, qui donna naissance au mouvement de l'abstraction lyrique en peignant des toiles que l'on peut qualifier de symphonies de couleurs. D'autres formes de synesthésie sont également explorées par des artistes peintres qui vivent avec celles-ci. Pepa Salas Vilar, synesthète qui associe les expressions faciales à des couleurs, peint entre autres les portraits des personnes qu'elle côtoie en y incluant leurs « auras » (Milàn et al., 2012). Les œuvres plastiques des artistes synesthètes sont autant de témoignages au-delà des mots de leurs expériences perceptuelles. Elles font voir, entendre, sentir aux spectateurs ce qui leur échappe dans le réel de l'autre.

En matière d'art contemporain non figuratif, la synesthésie influence elle aussi des créations diverses et variées. Nous retiendrons ici l'œuvre d'Olivia Jezler *SMELL-X, The Shape of Smell* (2018), qui a choisi d'associer les odeurs aux formes en demandant aux spectateurs de modeler des formes par rapport aux odeurs qu'ils sentaient. Le parfumeur espagnol Ernesto Ventós, passionné par les liens que l'on peut tisser entre les odeurs et les images a créé en 1978 une collection unique intitulée *olorVisual*, qui réunit des œuvres d'art qui font écho aux deux modalités sensorielles. Les œuvres que contient la collection sont régulièrement exposés dans les différents musées espagnols. En 2015, elles ont servi de matière première à la réalisation de l'exposition *Sinestesia* au musée Tabacalera Promoción del Arte de Madrid (Cuéllar, 2015).

En 2018, Erin Manning, artiste et chercheuse au Département des arts de l'Université Concordia, a présenté à Montréal l'œuvre *Slow Colour* sur la synesthésie odeurs → couleurs. Des tissus de soie pendus du plafond se teintaient progressivement de parfums. Par ailleurs, nous observons ces dernières années une augmentation des dispositifs synesthésiques dans les œuvres utilisant des technologies numériques. En effet, l'art numérique permet de nouvelles associations entre les médias qui donnent lieu à des expériences inédites pour les spectateurs, en stimulant plusieurs de leurs sens de manière simultanée. La rapidité d'exécution de ces technologies tend à faire vivre des associations jusqu'alors impossibles. En ce sens, plusieurs œuvres d'art interactives dont le fonctionnement repose sur le déclenchement d'un visuel ou d'un son, par le mouvement ou le geste des spectateurs, peuvent être considérées comme ayant des propriétés synesthésiques (Gsöllpointner, 2016). La commissaire d'exposition espagnole, Marisol Salanova interviewée dans le documentaire *Sinestesia. Arte, Dolor y Sexo* réalisé par Paula Cánova et Alberto Sancho en 2013, s'interroge également sur l'importance des œuvres d'art contemporain portant sur la synesthésie. Elle conclut que les avancées technologiques nous rendent capables de travailler plus en profondeur le médium audiovisuel (Cánova et Sancho, 2013, 14:09 min). Il est vrai que comme le soulève José Manuel Costa, le développement informatique a condensé au même endroit une grande partie des techniques que les artistes utilisaient auparavant individuellement. Cela a permis leur association et leur interpénétration dans les pratiques créatives.

Currently, all the arts are inside the computer's heart. That's the universal media that permits us to write poetry or prose, make music, record sounds, manipulate and create images... And the most fascinating thing about it is that, unlike all previous artistic tools (brushes, flute, chisel, even the movie or video cameras), it is absolutely unspecific. (Costa, 2006, p. 40)

De nos investigations sur les liens qui existent entre les arts et la synesthésie, nous retiendrons deux aspects. Le premier est qu'une proportion importante des œuvres d'art « synesthésiques », concerne une représentation extérieure de la synesthésie, une projection sur écran ou dans l'espace d'une œuvre « à la manière de ». Aussi intéressantes soient-elles, elles ne rencontreraient pas notre ambition de donner à vivre une expérience synesthésique au plus proche de la nature de celle-ci. Au lieu de concevoir une œuvre inspirée de la synesthésie, nous avons cherché à simuler celle-ci, à en donner l'illusion chez les participants de l'expérience, ce qui a grandement élevé la difficulté de l'entreprise. Avant de pouvoir imaginer un « art capable de nous entraîner à être conscients,

exquisément conscients, de la couleur du nom d'une personne, de l'odeur d'un plan architectural, du son d'une température donnée » (Jones, 2007, p. 218), nous avons dû nous en remettre à l'utilisation des médias afin de générer ce que nous voulions produire. Le second aspect que nous avons retenu, est que pour travailler autour du thème de la synesthésie, les artistes ont souvent recours à des œuvres qui impliquent soit leur propre corps, soit celui des visiteurs, soit les deux. Notre prototype s'inscrit dans cette même mouvance. Il semble en effet que pour susciter l'émotion que nous cherchions à produire chez les spectateurs, c'est-à-dire, l'empathie pour les personnes neurodiverses, faire vivre physiquement une expérience soit la méthode la plus engageante et donc celle qui porte de meilleurs résultats.

b. Les vertus de l'art expérientiel : l'engagement du corps du spectateur

L'art, qu'importe la forme sous laquelle il se présente à nous, s'adresse toujours à notre corps. Le corps est à la fois le premier médium de création et de réception de l'art (Shusterman, 2009, p. 25). Cependant, il y a des types d'art qui demandent une participation plus ou moins active des spectateurs et un engagement plus au moins physique. Regarder une toile n'est pas la même chose que de danser pour faire apparaître une projection. Au-delà de notre perception du réel via nos sens physiques, notre corps est également impliqué dans l'appréciation de l'art, « en raison des valeurs émotionnelles de l'art qui, à l'instar de toutes les émotions, ne peuvent être vécues que physiquement » (Shusterman et Rollet, 2011).

Toutefois, il est des techniques et des courants artistiques qui sollicitent plus que d'autres le corps du visiteur. Dès les années 60, le procédé de l'installation transforme le mode d'exposition. Les espaces et les sculptures tridimensionnelles plongent le spectateur dans l'œuvre et transforment les œuvres en environnements artistiques, où ce n'est plus seulement son regard qui est sollicité, mais son corps en entier (Couchot, 1998). Ce premier changement de paradigme va venir transformer le rôle du spectateur dans l'art, car comme le mentionne Monique Maza, « [à] partir du moment où le corps est sollicité pour prendre connaissance de l'œuvre au cours de la rencontre directe [...] on n'est plus seulement spectateur, mais acteur » (1998, p. 104). Cette volonté d'implication va être poussée encore plus loin par les artistes, jusqu'à l'apparition de ce que l'on nomme « l'art expérientiel » : « Dès que la création est pensée autour d'un sujet et que l'œuvre

nécessite la présence de ce sujet pour être pleinement révélée, nous parlons d'art expérientiel » (Raboisson, 2014, p. 19). Avec ce type d'art, les créateurs se libèrent des considérations esthétiques et cherchent à faire vivre leur propos, « l'essentiel n'est plus l'objet lui-même, mais la confrontation dramatique du spectateur à une situation perceptive » (Popper, 1980, p. 13). L'œuvre devient alors une « œuvre à vivre » (Raboisson, 2014, p. 32). Pour ce faire, les artistes vont créer des dispositifs interactifs où la place du spectateur est pensée en amont afin de déterminer et de programmer le rôle qu'il va jouer dans l'interaction qu'il entretiendra avec l'œuvre.

Le terme « interactivité » a étendu sa sémantique au fur et à mesure des pratiques artistiques pour catégoriser à présent tous phénomènes interagissant les uns avec les autres, puis les médias favorisant un échange réciproque avec le public. Cependant, lors de sa prolifération dans les années 1980, l'interactivité renvoyait uniquement à un système de relation « homme-machine » ou à un langage informatique dit « conventionnel ». Il s'agit donc d'un terme issu de l'informatique dénotant la capacité de certains dispositifs technologiques à faire réagir les machines en fonction des informations transmises par les utilisateurs. Cela entend donc que la machine technologique réagisse selon des instructions données. En arts, il est aisé de voir la différence entre une œuvre qui est interactive et une qui ne l'est pas. Les *Bourgeois de Calais* (1884) de Rodin n'avanceront jamais d'un mètre, sauf si les spectateurs s'acharnent à déplacer la sculpture. Alors qu'au contraire, l'œuvre *Big Heart* (The Time Square Alliance, 2012), une sculpture géante de cœur implantée sur Time Square qui clignote selon les fréquences cardiaques des spectateurs qui posent leurs mains sur des capteurs, ne révèle son sens que dans l'interaction avec le public. Les spectateurs en interagissant directement avec la machine créent l'œuvre avec elle. Ainsi les visiteurs d'une exposition interactive « communiquent » avec un dispositif technologique qui « répond » aux stimuli d'une certaine manière établie à l'avance par l'artiste, ce qui provoque ainsi chez les personnes à qui il transmet sa réaction un nouveau comportement. Cela implique l'action du corps du spectateur, qui s'engage dans un processus d'action-réaction. Dans ce genre d'œuvre, le corps du spectateur agit comme une sorte « d'interrupteur géant du dispositif » (Lejeune, 2014, p. 133). Il peut ainsi, en découvrant les capacités que lui a octroyé l'artiste, décider de mettre fin à l'expérience ou la pervertir afin d'en donner une autre version. Ainsi, chaque visiteur peut se forger sa propre expérience de l'œuvre, même s'il la découvre en groupe. Il pourra influencer sur le rythme de la découverte, sa durée d'exposition aux stimuli etc... Depuis le développement de l'art interactif, les artistes qui y participent semblent particulièrement concernés « sur la capacité de ses

œuvres à être ‘expérimentables’, à engager le public dans leurs opérations. » (Bianchini, 2009, p. 285). Pour concevoir ce type d’œuvres, les artistes doivent tourner l’essentiel de leur processus créatif vers les sujets à qui ils s’adressent. Pour ce faire, ils doivent s’intéresser particulièrement aux mécanismes physiologiques de perception des spectateurs (Couchot, 1998), car en les comprenant, ils peuvent ainsi mieux maîtriser les effets qu’ils tentent de produire.

Cet intérêt grandissant pour l’interactivité est sans doute lié au fait que ces dispositifs « expérimentables » semblent être le meilleur moyen d’émouvoir les spectateurs qui vivent l’expérience. Impliquer le corps du visiteur par le biais de l’action, c’est faire « le pari qu’il sera plus profondément touché et rejoint par l’autre s’il s’implique et se compromet physiquement » (Poissant, 2003, p. 17). Plus le spectateur intervient en tant qu’acteur, plus il se sent concerné par ce qu’il expérimente. Ces expériences artistiques ont également pour résultat de forcer le visiteur à remettre en question ses propres perceptions en se recentrant sur celles-ci (Noë, 2000). « Le dispositif s’attaque à l’évidence, à la réalité du visiteur, et l’oblige ainsi à redéfinir son échelle de perception » (Raboison, 2014, p. 160). En évoluant dans un espace modifié avec lequel il interagit de manière inhabituelle, le spectateur prend conscience qu’il est en train de percevoir. Dans notre cas, l’expérience artistique que nous souhaitons proposer ciblait deux des sens peu utilisés en art contemporain, ce qui devait obliger le spectateur à se focaliser dessus. Le but était en partie de venir perturber l’échelle des valeurs perceptives du participant, juste assez pour que celui-ci prenne conscience de la situation nouvelle et qu’il s’en interroge. Notre projet, recherchait dans « ces contacts purement sensoriels, [...] une communication qui passerait outre tous les langages et tous les codes élaborés considérés comme définitivement pervertis par "l'idéologie dominante." » (Millet, 1987, pp. 42-43). Le but de cette expérience était de stimuler chez les spectateurs l’empathie à l’égard des personnes neurodiverses, en les impliquant. Le concept d’empathie est né au XIXe siècle en Allemagne sous le terme *Einfühlung*. Il renvoyait à l’époque au sentiment de connexion à la nature ou à celui éprouvé par l’observateur d’une œuvre d’art (Jorland et Thirioux, 2008 ; Nowak, 2011). Progressivement, et grâce à l’apport du philosophe Theodor Lipps, la notion a évolué pour se rapporter à notre capacité à éprouver les émotions des autres (Sánchez Laws, 2017). À l’heure actuelle, le terme réfère à notre capacité à se mettre à la place de quelqu’un d’autre (Pfeifer et Dapretto, 2009). La reconnaissance de ce concept a pris un tournant décisif avec la découverte dans les années 1990 par le chercheur italien Giacomo Rizzolatti de l’existence des neurones miroirs, un type particulier de neurones qui s’activent aussi bien lorsqu’un sujet réalise

une action que lorsqu'il voit quelqu'un d'autre la réaliser (Freedberg et Gallese, 2007). Ces derniers seraient donc à la base de notre capacité à éprouver et à comprendre les émotions vécues par autrui. Ce qui serait à la base de notre faculté à être « touché » par l'art que nous observons (Freedberg et Gallese, 2007). Cependant, il est important de préciser que bien qu'il y ait une réponse neuronale de même nature que l'on soit acteur ou observateur, une différence d'intensité et de rapidité existe. La réponse neuronale intervient plus tôt lorsque nous réalisons l'action (Pfeifer et Dapretto, 2009) et celle-ci est plus intense (Decety & Grèzes, 2006). D'où l'importance de faire vivre une expérience artistique interactive plutôt que de simplement regarder une œuvre. Pour illustrer ces propos, nous citerons l'exemple d'une œuvre dont le but assumé était de susciter de l'empathie chez les spectateurs, en leur faisant appréhender la réalité des autres. Dans le cadre du programme Arts, Health & Wellbeing du King's College de Londres, une étude mêlant art et science intitulée *Altered States of Consciousness* a été développée (Riches et al., 2018). L'équipe du projet a créé une expérience pour sensibiliser à la réalité des personnes entendant des voix. Dans le cadre d'une exposition d'art contemporain, des audioguides modifiés étaient distribués aux participants. Chacun de ces dispositifs était identifié par un code de couleurs, le rendant unique. Durant la visite, les explications dispensées par les audioguides étaient constamment perturbées par des voix superposées à la bande sonore. Des acteurs, jouant en temps réel différentes personnalités, traquaient via un réseau de caméras les porteurs des dispositifs pour adapter leurs discours à la situation que ces derniers vivaient. Après cette expérience, les spectateurs devaient répondre à une série de questionnaires sur leur ressenti vis-à-vis des sujets qui entendaient des voix au quotidien. Les résultats démontrent que des changements positifs dans l'attitude du public à l'encontre des hallucinations auditives. L'étude valide donc que la simulation via des dispositifs technologiques favorise la compréhension d'un phénomène subjectif, mais augmente également l'empathie des participants à l'encontre de ce dernier.

Pour toutes ces raisons, nous sommes parties de la constatation que seul l'art expérientiel possède la faculté d'impliquer physiquement le spectateur autant que nous le souhaitons et par-là de développer son empathie à l'égard d'expériences subjectives qui lui sont étrangères. En effet, comme nous l'avons montré, le langage est trop limité pour embrasser la plénitude de l'expérience perceptive synesthésique. Concluant à l'absence de dispositif capable de réaliser le projet que nous souhaitons entreprendre et ne pouvant toutefois nous passer d'un média pour communiquer, nous n'avons dû créer notre propre prototype. Nous avons donc cherché à concevoir notre propre moyen

de transmission du vécu qui respectait les impératifs inhérents au phénomène que nous étudions, notre propre média qui nous aurait permis une simulation technologique du vécu synesthésique. Pour ce faire, nous avons opté pour une méthodologie de recherche-crédation centrée sur le prototypage.

III. LE PROTOTYPAGE COMME METHODOLOGIE

I am the mother of 3 children with synaesthesia, and my 10-year-old daughter has found little yet that will “turn the colours down”. She has only found that going upside-down reduces the colours in her head from everything (sight/touch/sound/movement etc.).

We have just moved her to a school that has soundproofed all its classrooms and corridors and she is coping much better than at her noisy previous school.

(N., 2019)

Nous avons donc choisi de créer notre propre prototype pour répondre aux exigences que nous nous sommes fixées de simuler les effets de la synesthésie tactile-olfactive. Concevoir un prototype signifie créer de toutes pièces un objet qui n'existe pas encore et demande des compétences techniques spécifiques. Toutefois, pour nous cela revient à se lancer dans l'inconnu. En effet, cette démarche n'est pas neutre et soulève des enjeux particuliers. Pour ce faire, nous avons opté pour une méthodologie de travail alliant RC et mouvement du « faire ». La RC est une méthode itérative qui s'applique particulièrement bien à notre projet car elle prend en compte les spécificités du chercheur dans sa réalisation. Elle ne présuppose pas sa neutralité dans sa pratique. Le mouvement du « faire » est lui particulièrement adapté car, comme son nom l'indique, il consiste à « faire » et donc à mettre au monde des artefacts.

1. Le prototype et ses enjeux

Comme nous l'avons soulevé précédemment, avant même de pouvoir imaginer la réalisation d'une expérience artistique dans laquelle évoluerait un potentiel spectateur, nous devons concevoir, réaliser et tester un prototype de dispositif technologique adapté à notre entreprise. La notion de « prototype » est polysémique, varie selon les champs de pratiques et dénote plusieurs enjeux conceptuels. Comme le pointent Christoph Gengnagel et Emilia Nagy Rainer dans leur introduction à l'ouvrage collectif *Rethink! Prototyping*, « [p]rototypes are idea-generating tools on the one hand, and argumentative, demonstrative and analytical instruments on the other » (2015, p. 5). En effet, dans sa première assertion, le terme renvoie au modèle original d'une création et peut donc

s'utiliser en parlant d'une œuvre d'art. Tandis que dans la seconde, elle se réfère au monde du design ou au secteur industriel, en évoquant le premier modèle d'un artefact produit dans le but d'en tester les problématiques de conception et de l'améliorer pour le commercialiser. Ce terme ambigu pose donc question. Dans la mesure où nous nous inscrivons dans une démarche de recherche-crédation, nous aurions pu décider de parler de la réalisation d'une œuvre d'art sans revendiquer qu'il s'agirait d'un « prototype ». Notre machine, une fois concrétisée, aurait alors été la réalisation finale présentée à notre public lors d'une exposition. Cependant, nous tenions à la composante expérimentale sous-entendue par la production d'un prototype, à la pratique physique qu'un tel produit implique et également à celle de sa possible reproduction.

Le mot « prototype » vient du grec ancien « πρῶτος », proto, qui signifie premier et de « τύπος », typos, signifiant *gestalt* ou forme (Bähr et Möller, 2015). À sa source, le terme renferme donc l'idée d'innovation dans la mesure où « le premier » renvoie à quelque chose qui n'a encore jamais existé auparavant. Dans cette optique, créer un prototype, revient à s'inscrire dans une démarche expérimentale. Ce qui nous intéresse dans l'expérimentation, est qu'elle « est plus que l'instrument de liaison entre théorie et pratique, elle donne accès à un savoir autre que celui qu'elle est censée servir. » (Conésa, 2009, p. 356). Ainsi, expérimenter c'est essayer des choses nouvelles ou du moins de nouvelles manières de faire. Cependant, un prototype est un objet matériel destiné à être utilitaire, fonctionnel. C'est ce qui le sépare initialement de l'œuvre d'art, qui est, elle, en général dans la contemplation. Toutefois, comme l'affirme le critique et théoricien Nicolas Bourriaud dans son interview dans le journal de l'IRCAM *L'Étincelle*, il existe une indistinction grandissante entre le fonctionnel et le singulier :

C'est dans cette zone d'indistinction, entre l'applicable et le non-applicable, entre contemplation et fonction, que se joue une part importante de la création contemporaine, et qui fonde son dialogue avec le design ou avec la science expérimentale. (Bourriaud, 2010, paragr. 2)

En effet, dans sa création, un artiste est parfois limité par les outils à sa disposition pour réaliser ce qu'il souhaite faire. Il est alors parfois contraint de concevoir lui-même ses outils. De nombreux artistes plastiques et cinéastes en sont venus à créer des prototypes dans leurs expérimentations afin de donner vie à leurs œuvres d'art. Par exemple, le cinéaste espagnol José Val Del Omar déposa plusieurs brevets autour de la vision tactile, du son diaphonique, encore de la projection panoramique ou encore du format bi-standard. Yves Klein créa et breveta la célèbre couleur IK

Blue en 1960. Le design industriel rencontre alors la création artistique. Ce phénomène est d'autant plus prégnant si l'on prend en compte les œuvres qui reposent sur des détournements d'outils technologiques par des artistes et qui finissent par mener à l'amélioration de ceux-ci.

En outre, avec la réalisation d'un prototype il ne s'agit pas uniquement de recueillir des résultats de recherche *a posteriori*. Le prototype « représente à la fois dans sa forme et dans son contenu le résultat effectif de la recherche, c'est donc une partie intégrante de la recherche artistique et un vecteur de connaissances » (Dombois, 2009, p. 199). Et ce, car comme le notait Claude Lévi-Strauss dans *La pensée sauvage*, « l'art s'insère à mi-chemin entre la connaissance scientifique et la pensée mythique ou magique » (Lévi-Strauss, 1990, p. 33). En effet, selon lui « l'artiste tient à la fois du savant et du bricoleur : avec des moyens artisanaux il confectionne un objet matériel qui est en même temps un objet de connaissance » (Lévi-Strauss, 1990, p. 33). Bricoler, comme le nomme Lévi-Strauss, c'est s'inscrire dans un double mouvement de destruction des obstacles, c'est-à-dire innover, trouver des solutions inédites aux problèmes qui nous freinent, et de constructions d'artefacts. Du « faire », de la pratique physique créative, naît une forme de savoir qu'il ne serait pas possible ni de générer, ni d'acquérir autrement. Matt Ratto nomme cette pratique le « critical making », terme traduit en français par « fabrication critique » :

The use of the term Critical Making to describe our work signals a desire to theoretically and pragmatically connect two modes of engagement with the world that are often held separate – critical thinking, typically understood as conceptually and linguistically based, and physical “making” goal-based material work. (2011, p. 253)

Dans notre cas, sans pratiquer, sans « faire » nous n'aurions jamais pu acquérir les savoir-faire (utilisation des technologies, programmation, etc.) nécessaires à notre réalisation, ni les savoirs expérientiels. Notamment parce que la matérialité concrète du prototype rend superflue la traduction linguistique des idées, ce qui fluidifie la compréhension. Cet aspect, dans le cas de recherches transdisciplinaires, comme cela a été notre cas, représente « an important basis for the general discursive integration of knowledge since: [f]irstly, the sensory-specific, motor-related, interactive reference to physical objects makes it possible for actors to create, combine, destroy and discard mental models of mean » (Ängeslevä et al., 2015, p. 236).

Nous soulèverons également qu'au cœur de ce processus, résident les notions d'échec et d'amélioration constante, qui sont intrinsèquement liées : « Au-delà de la puissance d'évocation

poétique de ces machines, le ratage fait partie du projet, il est coextensif à l'expérimentation continue de l'ingénieur ou du bricoleur-artiste » affirme Elie During dans son article « Quelques régimes d'expérimentation » (2009, p. 382). Prototyper, c'est donc reconnaître pour nous ce qu'il y a d'hésitant et de tâtonnant dans notre pratique. Il existe une certaine plasticité inhérente au prototype, qui permet de tester plusieurs aspects.

Ideas and approaches for practical solutions become manifest in prototypes. They enable us to consider and test them as well as to communicate about them. Prototypes inspire new ideas, demonstrate problems and let us test solutions. (Gengnagel et Nagy Raine, 2015, p. 1)

Dans l'activité de prototypage les créateurs, qu'ils agissent seuls ou en équipe, enchaînent plusieurs étapes successives qui se complètent mutuellement. Elles ne sont pas indépendantes l'une de l'autre dans la mesure où il existe une boucle de rétroaction entre celles-ci (Ängeslevä et al., 2015, p. 205).

Pour résumer ce qu'est un prototype, nous emprunterons la liste de définitions des caractéristiques d'un tel objet à l'équipe de recherche de *Rethink! Prototyping* :

Un prototype :

- modélise des images mentales;
- soutient la compréhension de notions complexes;
- permet la communication en faisant disparaître les barrières culturelles et linguistiques;
- est toujours porteur d'une question spécifique et est limité par les contraintes qui en découlent;
- teste des fonctionnalités et des exigences;
- crée une base commune de compréhension de l'idée qui doit être concrétisée;
- précise les intérêts des utilisateurs et/ou
- permet d'analyser les interactions des utilisateurs avec l'objet. (traduction personnelle) (Ängeslevä et al., 2015, p.203)

Dans notre démarche, nous avons toujours cherché à concevoir et réaliser un objet que d'autres pourraient utiliser facilement, mais également qui pourrait être reproduit et être amélioré par d'autres personnes à l'avenir. Nous avons également pour ambition que plusieurs individus puissent vivre l'expérience en simultanément. Ce qui signifiait pouvoir les équiper chacun d'un dispositif. Afin de réaliser ce prototype essentiel à nos travaux de recherches, nous avons dû

développer un programme de réalisation alliant recherches théoriques et pratiques d'ingénierie, ce qui a donc inscrit notre démarche dans une méthodologie propre à la recherche-crédation.

2. L'approche de recherche-crédation : les avantages de la création dans la recherche académique

a. Définition et caractéristiques

La recherche-crédation (RC) est une approche en plein essor, dont la popularité croissante tend à favoriser sa démocratisation dans les universités du monde entier. Ainsi, de nombreuses universités au Canada, aux États-Unis, et en Europe proposent dorénavant à leurs étudiants d'utiliser cette approche pour leurs projets de recherches. Rien qu'à Montréal, l'écosystème est riche. Il existe le MatraLab de Sandeep Bhagwati, le LabXmodal de Chris Salter, iMatter, le travail sur les réseau/les jeux vidéo orchestré par Lynn Hugues et Geoffrey Rockwell, Hexagram, l'Institut Arts Cultures Technologies de l'Université de Montréal, les projets de Luc Courchesne avec la SAT, et bien d'autres artistes travaillant sur des projets divers et variés (Manning et Masumi, 2018). Pourtant, la recherche-crédation est encore loin de faire l'unanimité. Car, en associant les termes longtemps considérés comme antagonistes que sont « recherche » et « création », elle postule l'idée qu'il est possible de mener des recherches grâce à l'activité créatrice, mais aussi, plus largement, elle nous oblige à repenser ce que l'on entend par « recherche » et par « création » et à nous interroger sur qui peut et ne peut pas en faire. Pour bien comprendre les particularités de la recherche-crédation, il faut saisir que pendant des décennies, l'idée que les deux concepts puissent fonctionner en symbiose relevait de la pure hérésie.

La « recherche » qui est entendue comme un « ensemble d'activités entreprises en vue de la découverte de connaissances nouvelles, ou de l'amélioration et de l'augmentation de l'état des connaissances dans une discipline donnée » (Lécho Hirt, 2010, p. 15), est en effet souvent considérée comme étant l'apanage des sciences dites « dures », qui reposent sur des protocoles expérimentaux quantifiés et quantifiables (Borgdorff, 2009). La création, ce « processus de production d'artefacts qui n'existaient pas encore » (Lécho Hirt, 2010, p. 15), est quant à elle reléguée du côté de l'art. Ainsi, une œuvre d'art est volontiers élevée au rang de source de plaisir esthétique, mais rarement en tant que moyen d'améliorer l'état des connaissances dans une discipline donnée. L'art est d'habitude perçu comme un moyen d'expression, et non comme une

méthodologie de recherche (Boutet, 2013). Cependant, la RC prend le contre-pieds de cette opposition historique pour venir unir les deux concepts. Dans son assertion la plus vaste, la RC qualifie toute recherche académique qui intègre « un processus créatif, une composante esthétique expérimentale ou une œuvre artistique comme part intégrante de l'étude » (Chapman et Sawchuck, 2012, p. 6). Le *Conseil de Recherche en Sciences Humaines du Canada* (CRSH) définit la recherche-crédation comme une « approche de recherche combinant des pratiques de création et de recherche universitaire et favorisant la production de connaissances et l'innovation grâce à l'expression artistique, à l'analyse scientifique et à l'expérimentation » (site internet du CRSH, 2019). En la définissant de la sorte, le Conseil englobe un grand nombre de pratiques et de projets variés. Bien qu'incluant la pratique traditionnelle de recherche basée sur une réflexion logique et déductive, la recherche-crédation s'en émancipe pour aller à la rencontre d'une pratique de terrain et artistique dont elle extraira des données nécessaires à la compréhension des phénomènes qu'elle étudie. De plus, une des particularités de la RC est qu'elle regroupe sous son étendard une variété de pratiques auxquelles autant de termes sont associés. D'abord, elle peut concerner n'importe quelle discipline artistique (théâtre, danse, poésie, chant de gorge, etc...) et se présenter sous différentes formes. Par contre, la RC n'est pas nécessairement artistique, comme le démontrent des pratiques telles que le « critical making », la « creation-as-research », la « practice-led research », ou encore les « digital humanities » qui découlent ou s'associent avec la recherche-crédation (Chapman et Sawchuk, 2015). Bien que proches les uns des autres, chacun de ces concepts offrent différentes façons d'apprendre en faisant. Il faut donc voir ces termes comme un réseau de techniques et d'approches qui se tissent autour des chercheurs pour leur permettre de générer de nouvelles connaissances à travers la pratique et la création. Ainsi, le CRSH précise que la recherche-crédation « ne peut pas se limiter à l'interprétation ou à l'analyse du travail d'un créateur, de travaux traditionnels de développement technologique ou de travaux qui portent sur la conception d'un curriculum » (2019). Pour qu'un projet relève de la RC, il faut donc que quelque chose soit créé lors de celui-ci, mais il n'est pas nécessaire qu'il s'agisse d'un objet physique. Caitlin Fisher, professeure en cinéma et en recherche-crédation à l'université de York appuie également la nécessité de la recherche au travers de la création : « Indeed, why would they bother going through the trouble of making things, embarking upon a long journey, and assuming the expense related to equipment, if [the students] could achieve their goals better and faster by another route? » (Fisher, 2015, p. 48).

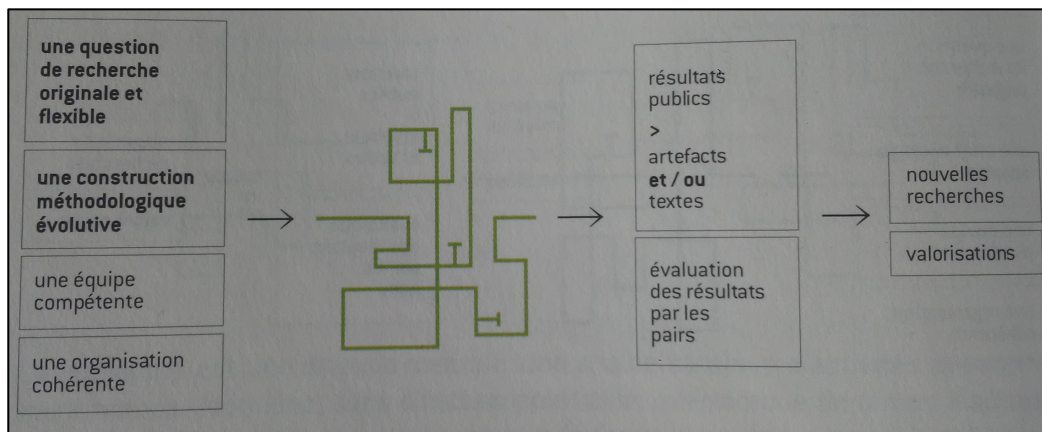
Si la RC ne possède pas de méthodologie singulière et définitive, il est toutefois possible de distinguer de grands principes qui unissent la masse de projets protéiformes qui s'en revendiquent. Aux vues des exemples de réalisations que nous avons rencontrées sur notre route, nous noterons qu'une des composantes récurrentes est la pratique interdisciplinaire, voire transdisciplinaire. Par interdisciplinarité nous entendons « la coopération de disciplines diverses, qui contribuent à une réalisation commune et qui, par leur association, permettent l'émergence et le progrès de nouveaux savoirs » (D'Hainaut, 1986). Il est vrai que pour réaliser leurs ambitions, les chercheurs-créateurs s'associent souvent avec des personnes ayant des compétences complémentaires et venant de sphères de connaissances extérieures aux leurs. En effet, « la complexité croissante des savoirs, des contextes et des systèmes culturels, économiques et environnementaux est invoquée comme fondement de ce nécessaire partage de compétences » (Lécho Hirt, 2010, p.33). Cela s'avère d'autant plus vrai lorsque les projets de RC impliquent l'utilisation de nouvelles technologies, car ils obligent les chercheurs-créateurs à aller trouver en dehors de leurs zones de confort des expertises dont ils ont besoin (Leavy, 2008). Dans son ouvrage, *Method Meets Art*, Patricia Leavy parle-même de transdisciplinarité pour souligner l'importance de ces échanges entre disciplines : « In other words, former disciplinary boundaries are disrupted within the expanded qualitative paradigm – making way for integrated cross-disciplinary practices and emergent practices that are not “housed” in any one disciplinary context » (Leavy, 2008, p. 257).

Une des autres composantes de la RC semble être que l'intérêt porté au processus créatif en tant que tel. Il apparaît en effet, que celui-ci importe autant que les résultats de la recherche. Les connaissances produites ne se font pas de manière linéaire. La recherche « s'élabore plutôt dans une forme de circularité, faisant en sorte que les étapes du processus interagissent entre elles, modifiant tantôt timidement, tantôt abruptement, l'articulation générale de la recherche » (Laurier, 2006, p. 83). Cette approche peut être qualifiée de heuristique car « la démarche est itérative » et progressive. Elle « fonctionne par évaluations successives d'hypothèses provisoires » (Lécho Hirt, 2010, p. 32). Le but est donc de trouver une réponse pas à pas aux interrogations. Cela implique également une certaine ouverture car pour véritablement créer quelque chose, il faut confronter ses idées à la pratique. Tous les essais de réalisation d'une œuvre sont autant de zones de friction où le désir des créateurs se retrouve confronté à la réalité du matériau qu'ils emploient (Boutet, 2013). À la résistance de la matière, s'ajoutent le hasard, le manque de compétence et les aléas techniques.

L'incertitude qui définit ce processus empêche de prévoir des résultats de recherche précis. C'est ce qui amène Erin Manning et Brian Massumi à affirmer dans leur ouvrage *Pensée en acte* que les « résultats ciblés ne[sont] pas préprogrammés. Ils [sont] les effets expérimentaux émergents d'un processus continu » (2018, p. 36).

En outre, il semble que chaque projet de RC produise dans une certaine mesure sa propre méthodologie de travail. Il n'existe pas de protocole expérimental prédéterminé lorsqu'il s'agit de mener à bien son travail dans ce domaine. « I always tell my students that if they are truly inventing something, I cannot provide them with an utterly reliable road-map » affirme Fisher (2015, p. 48). Cependant, certains chercheurs se sont attachés à proposer des modèles pour mieux comprendre le fonctionnement de tels projets. Nous présenterons ici celui du groupe de recherche CreaSearch, une initiative menée par les Hautes Ecoles d'art et de design de Genève et de Lausanne, dans le but de comprendre les dynamiques de réalisation des projets de recherche-crédation. Ce qui nous intéresse dans ce modèle, c'est qu'il intègre la notion de méthodologie évolutive précédemment décrite à d'autres composantes plus précises, tout en restant très larges sur le modus operandi. La représentation visuelle du soupçon de mystère, d'inconnu, qui opère durant la phase-même de création convient également à notre propre expérience de la recherche-crédation.

Figure 3 : Schéma représentant le modèle CreaSearch (Lécho Hirt, 2010, p.76)



Pour toutes ces raisons, et notamment parce que la RC octroie aux chercheurs une grande liberté d'action (choix de méthodologie, choix du protocole de recherche, choix des techniques en dehors de leur discipline, choix du mode de présentation finale, etc.), nous avons opté pour cette

approche afin d'explorer la médiation de l'expérience synesthésique. De plus, la démarche créative est particulièrement propice à créer des expériences dont la portée émotionnelle est d'autant plus forte qu'elle touche les spectateurs de manière « viscérale » et facilite l'empathie de ces derniers.

Cette connexion qui se noue entre les spectateurs et l'œuvre est un des leviers utilisés pour susciter chez eux les émotions essentielles à la compréhension des concepts que sont la compassion, l'empathie et la sympathie. Cet aspect nous est apparu d'autant plus nécessaire à nos travaux de recherche que « [b]y connecting people on emotional and visceral levels, artistic forms of representation facilitate empathy, which is a necessary precondition for challenging harmful stereotypes... » (Leavy, 2008, p.14). Or, nous avons toujours eu comme objectif que notre expérience produise cet effet-là. Enfin, nous noterons comme ultime avantage de la recherche-création, sa capacité à s'adresser à un public élargi. Un rendu artistique permet aux chercheurs de sortir de la production de savoir normée de la recherche académique. En allant à la rencontre d'un autre type de public, cela permet de transcender les obstacles originaux de l'érudition (Leavy, 2008). Dans la mesure où nous avons pour volonté de servir le bien public, cela justifiait d'autant plus l'utilisation de la recherche-création. Si nous avons réussi à obtenir le résultat escompté de nos travaux, nous aurions pu sans doute vérifier la portée de ces propos, notamment lors de leurs hypothétiques présentations en public.

b. Le chercheur au cœur du processus de recherche-création dans le but de produire de nouvelles formes de connaissances

La recherche-création a également apporté à nos travaux une forte composante réflexive sur la place du chercheur dans la production de savoir. Nous avons pu, durant la réalisation de notre prototype, expérimenter personnellement le fait que l'incarnation physique de l'individu-même qui effectue la recherche conditionne la recherche qu'il entreprend. Car, si la recherche académique se targue souvent de concevoir des protocoles où le chercheur s'efface derrière une présumée objectivité, il n'en est pas de même dans la recherche-création. Dans son article *Intuition and creativity : A pas de deux for qualitative researchers*, Valerie Janesick note ainsi que le chercheur est lui-même l'instrument de la recherche qualitative comme il est celui de la pratique artistique (2001). Bien que cette idée ne soit pas révolutionnaire en tant que telle, elle mérite d'être

développée pour ce qu'elle implique dans le cadre de la recherche-crédation, car « unlike positivist approaches to social inquiry, arts-based practices produce partial, situated, and contextual truths » (Leavy, 2008, p. 16). Aussi, dans notre cas, nos savoir-faire préexistants dans les diverses disciplines utilisées ont entièrement déterminé le développement de nos travaux. Nos connaissances en électronique, en codage, en neurosciences, ont conditionné nos capacités de réalisation. N'ayant pas d'expérience préalable en ingénierie, mis à part les quelques cours d'électronique reçus au secondaire il y a plus de dix ans, nous nous sommes retrouvées limitées dans la concrétisation de notre volonté et nous avons donc agi en fonction de ce que nous comprenions d'un problème donné. Dans la mesure où notre projet devait être réalisé seule, nous ne pouvions nous reposer que sur deux aspects de nous-mêmes : nos connaissances préalables et notre capacité d'apprentissage. De la sorte, c'est notre propre pratique que nous avons étudiée au cours de notre étude. La place centrale du chercheur dans la recherche-crédation et l'importance prépondérante de celle-ci dans l'étude se sont exprimées d'une manière supplémentaire pour nous. Ainsi, bien que nous souhaitions depuis le début offrir aux spectateurs une expérience au plus proche de la réalité des personnes synesthètes, nous n'avons jamais rencontré aucune d'entre elles vivant avec une synesthésie tactile-olfactive. Le design du prototype sur lequel nous avons travaillé pendant ces deux ans traduisait donc notre propre compréhension du phénomène perceptif. Cet aspect essentiel à nos travaux met en exergue le fait que « researchers using these methods are necessarily engaged, working on projects of import to both self and others » (Sinner et al. 2006, p. 1238). Ce qui revient à changer le rapport traditionnel entre l'objet de recherche et le sujet qui la mène, en gommant la distance qui les sépare. Dans les faits, nous avons souhaité appuyer nos recherches sur la rédaction d'un journal de bord afin de recueillir les données de notre apprentissage et d'inscrire les différents degrés d'avancement de notre entreprise. Ainsi, nous envisagions de documenter la réalisation même si nous n'arrivons pas au bout du processus de création et de laisser des traces de nos propres progrès et échecs. Cependant, dans la pratique régulière de nos travaux, les résultats de cette démarche n'ont pas été probants. Il s'est avéré éprouvant d'ajouter à des heures de travail à essayer de comprendre un problème technique, une description détaillée des tenants et aboutissants de ce que nous avons appris lors de notre séance de travail. Sortir de notre esprit par écrit nos pensées et nos avancements s'est révélé être une charge supplémentaire de travail que nous ne pouvions gérer, dans la mesure où chacune de nos actions nous demandait déjà énormément d'heures de recherche et de pratique récurrentes pour apprendre ce dont nous avions

besoin. Nous avons donc fini par abandonner le journal de bord (voir les annexes n°2, n°3, n°4, n°5 et n°6 pour lire les exemples de celui-ci).

Cela dit, la place centrale du chercheur et les répercussions concrètes de ses capacités, nous ont amenées à nous interroger sur le type de connaissances produites par notre pratique en RC. Ainsi, Chapman et Sawchuk parlent dans leur article « Research-Creation: Intervention, Analysis and ‘Family Resemblances’ » d’une nouvelle forme de savoir généré par la RC en nous parlant de « [the] elaboration of the critical and innovative potential of practice-based research to generate “personally-situated knowledge,” new ways of modeling and materializing this knowledge... » (2012, p. 11).

Si nous n’avons eu aucune difficulté à admettre l’existence d’un « personally-situated knowledge » dans notre pratique, puisque nous nous sommes révélées être à la fois un des éléments d’étude et l’actrice principale de la recherche, il nous a fallu comprendre la dualité de la notion de savoir pour mieux appréhender le type de connaissances que nous produisons. En effet, en grec ancien il existe deux mots distincts pour définir le savoir : γνῶσις (gnosis) et ἐπιστήμη (epistēmai). Le premier, « gnosis » renvoie au type de savoir, de connaissance, que nous avons d’une personne et d’un phénomène, ce qui revient à être familier avec l’objet de notre savoir, d’en avoir l’expérience physique. Alors que le terme « epistēmai » renvoie au fait d’avoir le savoir de quelque chose, de savoir comment faire quelque chose ou de retenir une information dans notre esprit (Boutet, 2013). De cette distinction entre les deux facettes du savoir, la chercheuse Danielle Boutet tire la conclusion, dans l’article « Vision and Experience: The Contribution of Art to Transdisciplinary Knowledge », que : « We know through art as we know a person or a place; that is, through relationship, participation, intimacy » (2013, p. 109). Ainsi, le savoir que nous avons tiré de notre projet est lié à l’expérience-même que nous en avons faite. Au-delà de notre prototype dont la réalisation est restée partielle, de l’objet-même, dans notre processus de création nous avons produit un certain type de savoir expérientiel, lié à la relation que nous avons établie avec l’objet et sa construction. Cela revient alors à entendre le mot « savoir » tel que l’entend Michel Foucault dans *Dits et écrits : 1954-1988. Tome IV (1980-1988)* :

J’emploie le mot « savoir » en établissant une distinction avec « connaissance ». Je vise dans « savoir » un processus par lequel le sujet subit une modification par cela même qu’il connaît, ou plutôt lors du travail qu’il effectue pour connaître. C’est ce qui permet à la fois de modifier le sujet et de construire l’objet. (1994, p. 57)

De la sorte, en puisant dans la subjectivité et l'intériorité des artistes-chercheurs, les projets de recherche-crédation produisent donc à la fois des œuvres autonomes, « mais aussi une constellation de pensées d'ordre philosophique, intime, éthique, etc. » (Boutet, 2018, p. 293) qui vont au-delà de l'objet produit et qui représentent une somme de savoir sur plusieurs domaines, qui mérite d'être valorisée.

Si l'activité créatrice est la source de la production de savoir, elle ne peut s'effectuer que par la pratique. L'action est la composante essentielle de la création, qui la sépare de la réflexion. Ce qui signifie comme nous l'avons vu que l'approche de la RC, oblige à œuvrer d'une manière ou d'une autre pour produire des connaissances. Cependant, il existe plusieurs manières de créer et donc de pratiquer. Afin de réaliser notre prototype, nous n'avons d'autres choix que de mettre « la main à la pâte ». Cela nous a conduit à inscrire notre démarche dans un mouvement connexe à la RC : le « faire ».

3. Le mouvement maker et la culture du « faire »

a. Les grands principes

L'artiste et chercheur Jacopo Rasmi affirme que l'« on ne pense qu'en faisant, on ne fait qu'en pensant » (dans Manning et Massumi, 2018, p. 11). Il nous encourage par-là à nous impliquer physiquement dans la création, à « faire » de nos mains pour associer et nourrir réciproquement les deux élans que sont la réflexion et la réalisation. Le mouvement « maker » s'inscrit dans cette dynamique. Par le mouvement « maker » nous entendons un regroupement de personnes qui se dédient à la création de leurs propres dispositifs fonctionnels, qu'il s'agisse de gadgets technologiques, de logiciels libres de droits, ou de n'importe quel autre type d'artefacts (McCall, 2009). Né dans les années 2000, le mouvement s'est rapidement étendu pour conquérir le monde entier. En 2005, Dale Dougherty crée le magazine *Make* dédié à cette communauté qui pratique un « faire-soi-même » ou *do-it-yourself* (DIY) influencé par la technologie. L'engouement grandissant aux États-Unis conduit à la création en 2006 de la première Maker Faire, qui permet

aux amateurs du « faire » de se retrouver et de présenter leurs réalisations (Dougherty, 2019)⁵. Au-delà du « mouvement maker », la culture du « faire » repose sur le partage de connaissances, l'utilisation des nouvelles technologies et encourage le prototypage et l'innovation. Il existe également « un fort attachement à l'apprentissage et l'utilisation de compétences pratiques et leur mise en œuvre dans une démarche créative » (Mieyeville, Navarro et Carre, 2015, p. 1). Pour ce faire, les objets produits sont conçus grâce à des codes « open sources » qui s'échangent librement entre les « makers » via des forums spécialisés ou de visu lors de leurs rencontres. La démocratisation du « faire » tient, entre autres, à l'accessibilité grandissante des machines de création et autres outils qui restaient auparavant difficiles à utiliser. Avoir accès à des imprimantes 3D, à des microcontrôleurs efficaces à bas prix et à bien d'autres outils est désormais possible dans des espaces spécialement conçus pour et nommés Fablab (diminutif de Fabrication Laboratory) ou Maker Space. Ces lieux de fabrication ouverts à tous regroupent de nombreuses machines qui jusque-là n'étaient pas à la portée des amateurs. Ils sont animés par des personnes compétentes qui ont pour but de transmettre les techniques d'utilisation aux visiteurs pour les rendre autonomes dans leur pratique. L'artiste Karsten Joost, dans l'ouvrage collectif *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors* décrit les FabLabs en ces termes :

The labs enable people to build things on their own, just like a craftsman in the Middle Ages, when mass production was a faraway thought. But at the same time people can act like modern industrialist, or even more freely than him or her, because one can send a self-designed product as bits and bytes in any direction around the world to people one likes. [...] Besides finding machines that are able to re-produce things and themselves, I also found engineers and craftsmen working side by side with designers and artists... (Joost, 2014, p.28)

Au-delà de favoriser la démocratisation des nouvelles technologies, le DIY sous-tend également la réappropriation par les individus de leur force de production.

Making is the universal infrastructure of production – be it technical or artistic, scientific or cultural. Making is a type of applied thinking that sits at the core of creating new knowledge of all kinds, and the sensibilities of making should actively be made a part of our future. (Charny, 2012, p. 2)

⁵ L'entreprise Maker Media, détentrice du magazine *Make* et organisatrice des événements *Maker Faire* ayant fait faillite en 2019, elle s'est depuis reconstituée sous la forme d'une LLC intitulée « Make : Community LLC » (Dougherty, 2019).

Tout le monde, sans distinction aucune, est invité à se lancer dans l’aventure : « But making is something everyone can do. The knowledge of how to make – both everyday objects and highly-skilled creations – is one of humanity’s most precious resources » (Charny, 2012, p. 4). Pour certains pratiquants du « making », la démarche est une revendication critique, un appel à l’émancipation d’un système sociétal inadapté et technologiquement problématique, qui passe par la réappropriation de la capacité de faire par soi-même. Ceci est appelé le « critical making » (Ratto, 2011). Bien que nous n’inscrivions pas directement dans nos travaux dans cette démarche revendicatrice, nous avons utilisé la façon de fonctionner du « faire » et du « critical making ». Nous noterons à ce propos que notre volonté de nous lancer dans le défi technologique que représentait notre projet malgré le peu de compétences que nous possédions en la matière, ne relevait pas de l’inconscience. Au contraire, nous souhaitions appliquer les principes prônés par la culture DIY, pour voir si tout un chacun était effectivement capable de réaliser ce genre de projet.

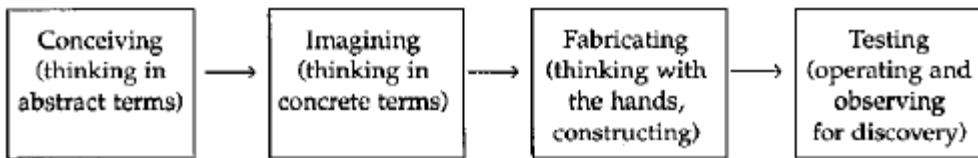
Le « faire » repose sur l’idée que faire permet de créer des artefacts, mais aussi d’acquérir des connaissances qui sans création resteraient hors de portée. Nous noterons que cette idée est bien plus ancienne que le DIY ou que le mouvement « maker » et qu’elle n’acquiert le statut de critique que dans le cadre d’une société consumériste postindustrielle. Ainsi, Julia Walter-Herrmann et Corinne Büching relèvent l’ancienneté de ce concept dans l’introduction de leur ouvrage *Fablab: Of Machine, Makers and Inventors* : « The concept of turning ideas into things is probably as old mankind » (2014, p.10). L’anthropologue Tim Ingold note d’ailleurs dans l’introduction à son ouvrage *Making*, qu’il s’agit d’une méthode d’apprentissage tout à fait courante dans les sociétés non industrielles

Know for yourself! That was oftentimes the only advices my companion would offer when, as a novice fieldworker among Saami people in north-eastern Finland some forty years ago, I was struck as to how to proceed with some practical task. [...] But after a while I realized that, quite to the contrary, they wanted me to understand that the only way one can really know things – that is, from the very inside of one’s being – is through a process of self-discovery (2013, p. 1).

En choisissant de réaliser un prototype de dispositif technologique, nous avons donc inscrit notre démarche dans celle du « faire ». Cela nous a semblé d’autant plus adéquat que comme l’affirme Daniel Charny dans son article « Power of Making » du manifeste *Critical Making* : « Making is the most powerful way that we solve problems, express ideas and shape our world

(2012, p. 4) ». Puisque réaliser un prototype d'une machine capable de faire ce qui n'avait jamais encore été fait, se révélait être dès le départ problématique, nous avons appliqué à notre pratique créative les préceptes transmis par le mouvement : la collaboration, l'utilisation de dispositifs technologiques et l'essai-erreur. Nous pensons que notre travail s'orienterait vers un enchaînement d'étapes qui fonctionnerait tel le schéma de l'innovation présenté ci-dessous.

Figure 4 Les étapes d'une réalisation (Mitcham, 1994, p. 220)



Cependant, la réalité s'est avérée bien moins linéaire et nous nous sommes rapidement retrouvées à appliquer la technique de travail décrite par Tim Ingold dans *Making* : « You try things out and see what happens » (2013, p. 7).

b. Notre méthodologie de travail et son application

Comme nous l'avons précisé auparavant, notre méthodologie de travail s'est construite au fur et à mesure de nos avancées dans le processus de création et a évolué en cours de route. Bien que nous eussions déjà réalisé un prototype lors de notre DESS ACT, nous avons dû réitérer les étapes d'idéation afin de répondre aux problèmes techniques soulevés par *OVI* (voir annexe n°8). Nous décrirons ci-dessous ce que nous appellerons des « périodes » de travail, dans la mesure où le terme « étapes » sous-tend l'évolution, l'avancement, vers quelque chose de précis. Or, tel que mentionné auparavant, notre méthodologie a été itérative.

	Décréter le type d'expérience que l'on souhaite faire vivre aux spectateurs : cela signifie comprendre en détail le fonctionnement du phénomène étudié pour déterminer les caractéristiques à reproduire.
--	---

<u>Période 1 :</u> La conception et l'élaboration	Déterminer le champ des possibles : passer en revue les moyens techniques de réalisation et les outils disponibles pour réaliser nos ambitions, puis choisir ceux qui nous sont accessibles physiquement et intellectuellement.
	Extraire de cette analyse les aspects potentiellement problématiques dans la réalisation. Étudier les expériences artistiques déjà existantes et comparer le fonctionnement envisagé à celui d'autres dispositifs techniques.
	Discuter avec des personnes expérimentées pour tester ses idées.

<u>Période 2 :</u> La mise en pratique	Déterminer par où commencer. Décomposer la réalisation en parties plus simples à réaliser et lister les tâches nécessaires à la naissance du projet.
	Relever en ligne les projets « open source » déjà réalisés et disponibles afin de les adapter à nos besoins. Écumer les forums spécialisés à la recherche des informations nécessaires.
	Acquérir les outils et les compétences permettant de mettre en place nos décisions.
	Mettre en application les premiers résultats, réaliser les premiers essais

<u>Période 3 :</u> L'échec et l'adaptation	Échouer. Analyser les raisons de l'échec : essayer de comprendre les problèmes.
	Aller chercher de l'aide auprès des personnes compétentes : soumettre nos idées à de nouvelles personnes pour avoir une opinion sur nos décisions et poser de nouvelles questions sur les forums spécialisés.
<u>Période 4 :</u> L'éternel recommencement	Recommencer l'intégralité du processus autant de fois que nécessaire.

D'une manière plus concrète, nous avons réalisé plusieurs démarches pour donner vie à notre prototype. Nous avons, entre autres, exploré de nombreux sites dans la recherche d'informations, d'exemples et de codes⁶ et nous avons suivi des ateliers en dehors de l'université afin de développer les connaissances nécessaires à la réalisation de notre projet⁷.

Nous avons également lu des ouvrages techniques sur les outils technologiques que nous avons choisi d'utiliser dans l'optique de comprendre leur fonctionnement général. Puis nous avons procédé à des essais techniques spécifiques à chacun des composants. Nous avons réalisé des projets connexes plus réduits pour nous approprier les bases, de manière à augmenter progressivement le degré de difficulté (voir annexe 7).

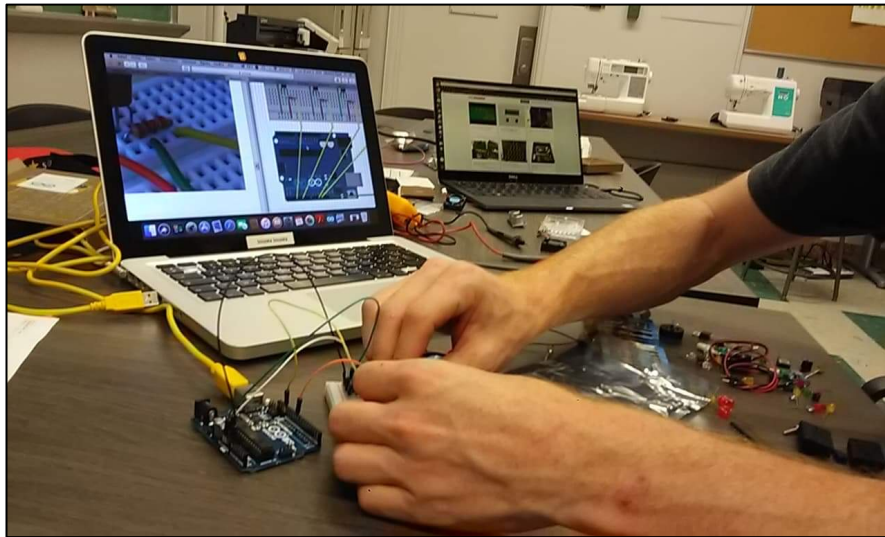
Enfin, nous avons consulté plusieurs personnes s'y connaissant en création numérique, et en particulier ayant déjà réalisé des projets créatifs avec les microcontrôleurs Arduino. Ainsi nous avons soumis notre création à ceux qui nous ont donné des ateliers, Ben Doueck et Patrice Coulombe, mais aussi à deux anciens étudiants qui avaient réalisé des projets personnels : Gabriel, ancien étudiant à la maîtrise en sciences de la communication et Damien, qui a fait partie d'une cohorte antérieure au DESS ACT. Nous avons également collaboré avec Félix-Antoine, un étudiant au doctorat de physique, qui bien que n'étant aucunement spécialisé en génie, avait déjà utilisé des Arduinos au cours de sa formation et souhaitait nous aider dans notre entreprise. À chacune des

⁶ <https://www.instructables.com>
<https://forum.arduino.cc>
<https://www.reddit.com/r/hardware/>
<https://www.digi.com>
<https://dronebotworkshop.com>
<https://howtomechatronics.com>
<https://learn.sparkfun.com/tutorials>
<https://arduinobasics.blogspot.com>
<http://www.wikidebrouillard.org>
<https://openclassrooms.com>

⁷ L'atelier « Art interactif – Arduino » offert par la Société des Arts Technologiques consistant en 9 heures de formation, dispensées par un artiste spécialisé et chercheur à l'UQAM, Patrice Coulombe. Le « Arduino Day » au Fablab de Concordia. Il s'agit d'une matinée dédiée aux aficionados de l'Arduino qui se rencontrent pour parler de leurs projets et les montrer. L'atelier de « Robotique » au Fablab de Concordia, le *Education Maker*, d'une durée de 3 heures et dispensé par Ben Doueck, « maker » et fondateur de l'entreprise « Robot in a can ». L'atelier « Electric Signals and Autonomous Robots ! » au Fablab de Concordia, le *Education Maker*, d'une durée de 3 heures et dispensé par Ben Doueck, « maker » et fondateur de l'entreprise « Robot in a can ».

rencontres, nous avons procédé de la même façon. Nous avons toujours décrit les objectifs de notre projet, c'est-à-dire le résultat que nous souhaitons atteindre. Les réponses ont varié d'une personne à l'autre, mais nous reviendrons ultérieurement sur ces entretiens informels plus en détail.

Figure 5 : photographie d'une séance de travail avec Félix-Antoine sur le prototype *OV2*



Ainsi, nous estimons avoir respecté les principes de l'approche du « faire », en collaborant, en utilisant des outils technologiques et en faisant par nous-mêmes. Cependant, malgré tant d'efforts et d'investissement personnel, les résultats sont mitigés. Nous avons poussé notre production aussi loin que nous le pouvions et notre artefact, bien qu'imparfait, est tout de même fonctionnel. Nous reviendrons sur les raisons de notre réussite en demi-teinte dans la prochaine partie.

IV. **OV2 : VARIATIONS TECHNOLOGIQUES SUR LA SYNESTHESIE TACTILE-OLFACTIVE**

Regarding texture, I do feel certain letters either on my fingertips or on my lips. For instance, the letter 'm' feels like wide-wale corduroy (which is also a washed out brown on a cream colored background) on my lips but also on my fingertips. I am not sure if I just visualize those feelings or I am more actually feeling them. It is maybe both at one time.

(J., 2019)

Après avoir débroussaillé les enjeux théoriques et méthodologiques de notre production, nous nous intéresserons dorénavant à notre pratique concrète. Clé de voûte de tout notre projet, notre prototype répond à un cahier des charges précis. Avant de débiter dans la réalisation concrète de celui-ci, nous en avons déjà envisagé un premier design. Toutefois, la réalité pratique nous a contraint à revoir nos plans initiaux. En effet, les défis techniques se sont accumulés. Notre incapacité à faire ce que nous souhaitions, nous a obligée à aller chercher de l'aide auprès des diverses personnes, nous révélant qu'il existait une multitude de design possibles pour arriver aux mêmes fins. Comme nous le présentons dans les lignes qui suivent, le design actuel est le résultat de ces rencontres et de ces défis technologiques qui l'ont amené à évoluer grandement.

1. Design initial envisagé du second prototype

a. Notre plan initial au début de cette seconde phase de prototypage

Lorsque nous avons commencé la nouvelle phase de prototypage devant mener à la réalisation de *OV2*, nous avons déjà réalisé *OVI* (voir annexe) et nous avons déjà en tête un premier plan de conception pour *OV2*. Nous ne reviendrons pas sur le design du premier prototype, qui en plus d'avoir brisé, ne répondait que partiellement au cahier des charges que nous nous étions fixées. Il nous a toutefois aidé à mieux cerner les tenants et les aboutissants du nouveau prototype à réaliser. Ainsi, au début de la phase créative qui nous a mené à *OV2*, nous avons une meilleure compréhension du phénomène que nous étudions, ainsi que des enjeux techniques, ce qui nous a permis de préciser nos objectifs et nos contraintes. Nous souhaitions concevoir un prototype procurant des effets aussi réalistes que possibles. Le nouveau cahier des charges tiré de nos

expériences précédentes et de nos recherches était donc le suivant : nous voulions créer un prototype à moindre coût, avec du matériel technologique abordable tant physiquement que budgétairement. Ce dispositif devait permettre l'immersion des participants à l'expérience dans la mesure où ces derniers ne devaient pas comprendre les enjeux avant d'avoir vécu le moment. Cela signifiait concrètement que le prototype que nous concevions devait se faire oublier. Pour ça, il fallait qu'il soit compact pour que les participants l'aient sur eux et puissent se déplacer avec. Notre expérience idéale reposait en effet sur la déambulation des spectateurs dans l'espace pour qu'ils puissent entrer en contact avec les différentes textures réparties aux quatre coins du lieu. Comme nous souhaitions proposer une expérience individuelle, il fallait que les odeurs soient maîtrisées et condensées au niveau du porteur du dispositif. Puisque notre objectif était de reproduire une expérience synesthésique, tout devait se passer de manière quasiment instantanée. Tel que le soulève Nathaëlle Raboisson dans sa thèse sur l'art expérientiel, le temps de réaction entre l'action du visiteur et celle de l'œuvre doit être aussi court que possible pour favoriser l'illusion (2014). Plus le délai est réduit, voire inférieur au seuil de perception, plus le visiteur a la sensation que ses actions ont des répercussions directes sur l'environnement qui l'entoure. Enfin, la contrainte de production la plus importante, le prototype devait être sans danger pour les utilisateurs. Si cela peut paraître évident, force est de constater que lorsque l'on envisage de faire porter un objet technologique inédit par des individus, il y a plusieurs paramètres à prendre en compte pour éviter les effets indésirables. En débutant notre prototypage, nous avons déjà en tête le fait que les batteries des Arduinos risquaient de chauffer et donc de provoquer un inconfort, voire des problèmes plus importants. Nous résumerons de la sorte nos impératifs de réalisation :

- Faible coût de production
- Facilité d'accès des matériaux utilisés
- Reproductibilité
- Compact, portable et individuel
- Automaticité
- Inoffensif

D'aucuns diront que nous nous sommes compliquées la vie en cherchant à coller au plus proche au réel. Certes. Toutefois, nous n'avons jamais eu la prétention de réussir notre entreprise. Notre démarche a toujours été d'essayer de créer ce prototype afin d'enrichir notre compréhension de la synesthésie. Deux années de travail sur un tel projet sont difficiles à résumer. Dans notre parcours nous avons alterné entre de longs moments de stagnation puis des progrès fulgurants, et

des nouvelles frustrations face à l'application de « solutions » qui se révélaient ne pas être aussi miraculeuses que nous l'espérions. Nous débutons alors cette nouvelle phase créative avec plusieurs certitudes dont celle de savoir ce que nous ne souhaitons pas faire.

Il existe plusieurs explorations produites dans des contextes de DIY sur le thème de la synesthésie tactile-olfactive, en associant des textures touchées par des participants à des odeurs mais celles-ci n'incluaient pas de dispositif technologique. Un des exemples est celui que nous présentons ici. Il s'inscrit parmi une série d'ateliers de parfumerie intitulée « Synesthetic Series », organisée à Londres en 2011 par le parfumeur « Le Labo » dans lequel les participants étaient invités à sentir des essences d'odeurs et à les décrire, non pas avec les termes habituels utilisés en parfumerie, mais en utilisant des adjectifs dérivés de la notion de douceur (« soft ») : « silky, squishy, foamy, sticky, slippery, yielding in some other way etc » (Musson, 2011, paragr. 13). Puis, dans un second temps, les mêmes participants, à qui les organisateurs avaient bandé les yeux, ont dû plonger leur main dans des boîtes en carton contenant différentes textures. À partir des textures qu'ils identifiaient, ils devaient y attribuer une essence qu'ils avaient sentie auparavant.

Figure 6: Photographie de l'expérience - boîtes en cartons contenant les textures (Musson, 2011)



Comme nous pouvons le constater, cette expérience ne reprend en rien les contraintes que nous nous sommes imposées en respectant les caractéristiques de la synesthésie (phénomène automatique, involontaire, consistant et idiosyncratique). Toutefois, elle est une variation de ce qu'il est possible de faire sans aucune technologie autour de la synesthésie tactile-olfactive.

Ainsi, quand nous avons débuté notre nouvelle phase pour *OV2*, le prototype que nous avons en tête comportait différents éléments que nous avons répartis en trois parties. Premièrement, le mécanisme interne qui devait permettre à tout le dispositif de fonctionner. Celui-ci reposait sur deux éléments distincts : le circuit électrique unifiant les différents morceaux et le code informatique qui programmait les actions à réaliser. Deuxièmement, tout ce mécanisme interne se trouvait contenu dans un boîtier qui devait y être adapté pour le protéger. Enfin, nous devions envisager ces deux parties par rapport à l'endroit où se déroulerait l'expérience, car selon où et comment fonctionnerait le mécanisme interne, l'espace ne pourrait être organisé de la même manière (emplacements des capteurs, type de mobilier utilisé etc.).

Nous savions également que nous voulions utiliser les microcontrôleurs Arduino car nous en avons déjà une première expérience. Inventé par l'Italien Massimo Banzi en 2005 à des fins pédagogiques, ce microcontrôleur est un élément essentiel de la démocratisation de l'électronique. Il est notamment considéré comme la pierre angulaire de la révolution DIY. Qualifié de « couteau suisse de l'électronique embarquée moderne » (Mieyeville, Navarro, Carre, 2015, p. 1), cet ordinateur minuscule qui tient dans la paume de la main permet aux utilisateurs d'interagir avec le monde grâce à une multitude de capteurs. Il peut aussi être utilisé pour contrôler une foule d'objets électroniques (Hertz, 2011). L'intérêt de ce microcontrôleur est qu'il peut fonctionner avec des « shields », des cartes filles que les utilisateurs connectent à la carte principale en les empilant les uns sur les autres. Chacune d'entre elles possède des spécificités : carte wifi, Bluetooth, lecture MP3, module GPS etc. De plus, des librairies libres de droits permettant l'utilisation de ces « Shields » sont fournies sur le site Arduino. Elles rendent possible le recours à certaines commandes grâce à des mots-clés préprogrammés. Le tout se programme via le langage C++. Tous ces aspects, ainsi que son coût relativement peu élevés, rendaient l'Arduino abordable.

En outre, nous avons déterminé qu'il nous faudrait deux Arduinos pour répondre à nos besoins : un serait lié aux capteurs pour saisir l'information et le second aux ventilateurs pour libérer les odeurs. Cela signifiait devoir relier les capteurs en wifi au boîtier pour les faire communiquer entre eux. Pour faire cela, nous souhaitions développer nos compétences informatiques dans un tout nouveau domaine pour nous : l'Internet des objets. Ce terme traduit de l'anglais « Internet of Things », *IoT* en format abrégé, fait référence à la nouvelle évolution de l'internet qui consiste à connecter les objets en wifi pour les rendre opérables à distance. Ce procédé

est très souvent utilisé en domotique par exemple. Pour mieux comprendre le dispositif envisagé, voici un résumé de notre design initial :

- Un Arduino fixe est caché dans une pièce. Les capteurs y sont reliés. Le microcontrôleur reçoit les données des objets touchés –les INPUT- et les envoie wifi – OUTPUT- au second Arduino.
- Le second Arduino, mobile, reçoit ces informations – INPUT- et déclenche le bon ventilateur selon les informations qu’il reçoit – OUTPUT.

Nous avons choisi d’associer trois textures à trois odeurs. En outre, nous projetions de concevoir un boîtier léger contenant les trois cartouches d’odeurs situées devant trois petits ventilateurs qui devaient se déclencher en fonction des informations recueillies et envoyées par les capteurs, comme l’exemple ci-dessous le montre. À ce moment de la conception du prototype, nous avons déjà utilisé des capteurs capacitifs et nous souhaitons continuer avec ces derniers. Ces dispositifs électroniques fonctionnent grâce à la capacitance, c’est-à-dire à la capacité à stocker l’électricité d’un corps. Le corps humain étant conducteur, lorsqu’il entre en contact avec ces capteurs, il leur transmet son électricité indiquant alors que ces derniers sont touchés. Au-delà de leur relative facilité d’utilisation, ces capteurs présentaient l’avantage de pouvoir être connectés à plusieurs objets conducteurs, ce qui permettait d’envisager un choix hétéroclite de textures, y compris des liquides (l’eau, le sang et le lait, pour ne citer que quelques exemples de matériaux conducteurs).

Figure 7 : Photographie d’un ensemble de capteurs capacitifs (« Kit de Capteurs Capacitif de Touché pour Arduino DFRobot », s.d.)



En matière d'odeurs, nous avons compris que produire une odeur en une fraction de seconde dans ce cadre-là se révélerait impossible, donc nous avons opté pour la libération d'une odeur. Après d'intenses premières recherches, nous avons conclu que l'utilisation des capsules de parfum créées pour le réveil olfactif Sensorwake serait la meilleure solution. Ce dernier fonctionne avec un simple ventilateur intégré qui se met en marche lorsqu'il est l'heure choisie et qui propulse l'air dans une cartouche insérée à l'arrière. Ces capsules sont manufacturées par une compagnie française qui les vend individuellement pour pouvoir varier les odeurs de son réveil. En utilisant des objets déjà existants, nous souhaitons gagner du temps.

Figure 8 : Photographie d'une cartouche d'odeur Sensorwake (Nathalie, 2018)



Figure 9 : Schéma du projet initial de la partie fixe de l'expérience OV2

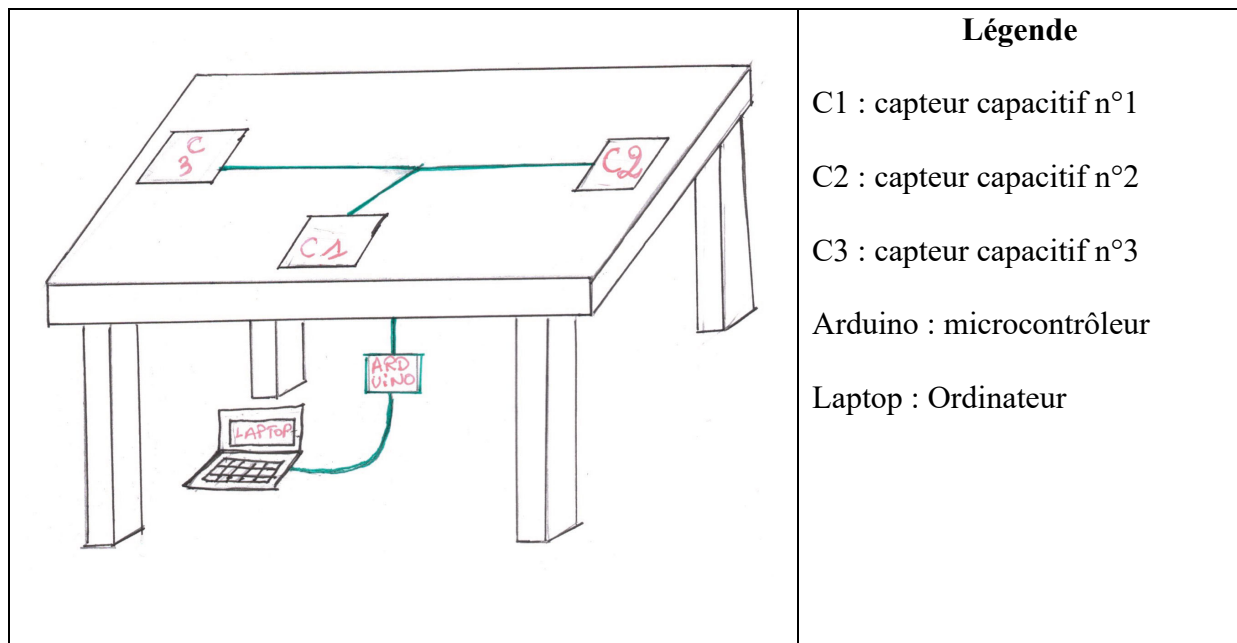
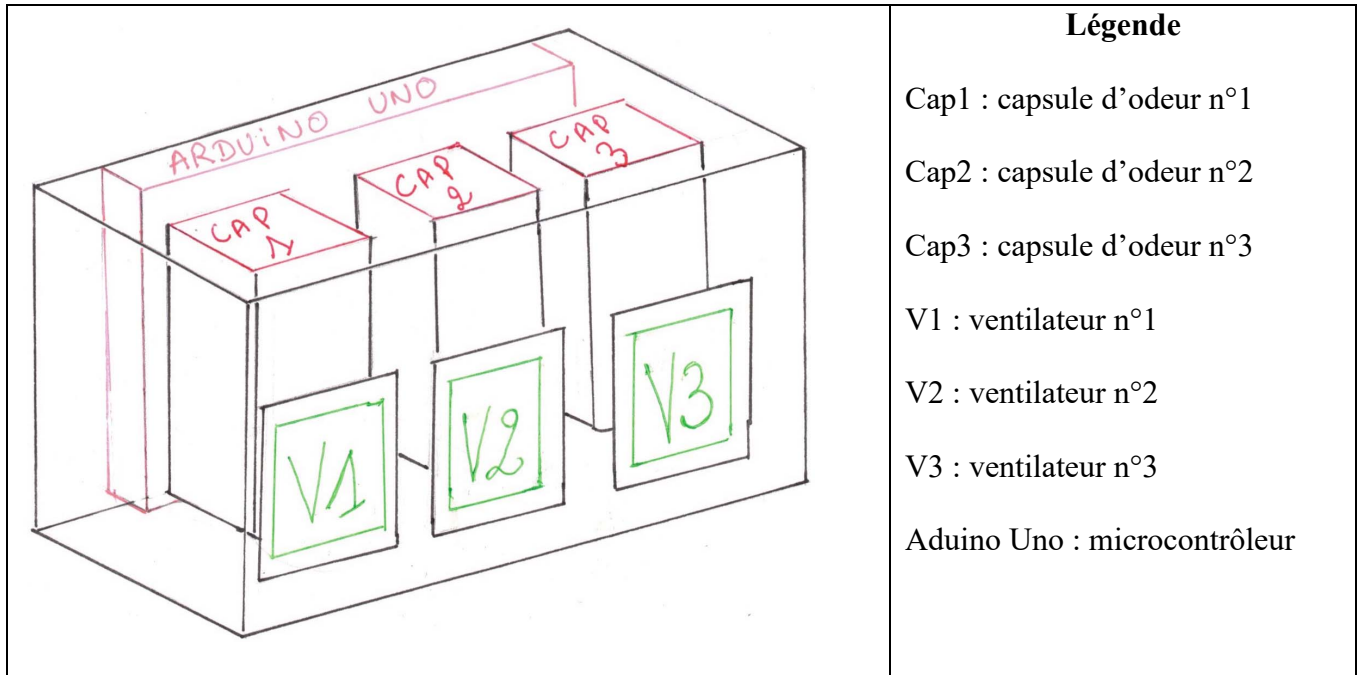


Figure 10 : Schéma du projet initial de la partie mobile de l'expérience *OV2*



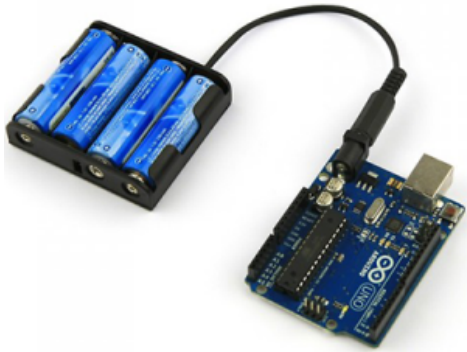
Rétrospectivement, nous réalisons que ce plan initial pour la conception de *OV2* s'apparentait plus à une profession de foi qu'à un réel plan d'action. Si sur le papier, à ce stade de développement, nous avons la sensation d'avoir envisagé une grande partie des enjeux techniques, la pratique nous a révélé bien d'autres aspects à prendre en compte.

b. Les enjeux techniques : réalité de la pratique

Nous avons opté pour ces alternatives car elles semblaient répondre à nos impératifs de production. En réalisant nos premiers essais, nous avons dû nous rendre à l'évidence que nous avons omis de prendre en compte plusieurs éléments. Chaque avancée semblait révéler de nouveaux enjeux à prendre en compte pour remplir le cahier des charges initial. Nos explorations technologiques nous ont menées à deux conclusions : le travail se révélait bien plus ardu que nous l'avions imaginé et nous n'avions pas anticipé la moitié des cinq grands défis qui se présentaient à nous. Nous avons donc dû nous adapter et chercher des solutions en temps réel, en un mot : improviser.

Le premier défi soulevé a été la taille des Arduinos que nous souhaitions utiliser. Il existe un grand nombre de modèles différents. Comme nous l'avons dit, l'objet est conçu en open source et chaque concepteur en électronique qui maîtrise un peu le sujet peut donc récupérer les plans pour créer sa propre version et la commercialiser ensuite. Au début de la phase de prototypage, nous avons accès par le biais de l'université à des Arduinos Uno (voir figure 11). Il s'agit du modèle de base, utilisé très régulièrement à des fins d'enseignement. Ce type d'Arduino peut être alimenté en électricité par l'ordinateur, en se branchant à un port USB, ou par batterie. Nous reviendrons sur l'enjeu de la tension de fonctionnement un peu plus loin dans cet exposé. Le problème rencontré avec ce modèle est qu'il est relativement encombrant et pesant, d'autant plus qu'il est accompagné d'une batterie elle-même volumineuse et lourde. Celle fournie avec le kit de départ de l'université fonctionnait avec quatre piles AA (voir la photo).

Figure 11 : photographie d'un Arduino Uno connecté à une batterie à piles AA (Jha, 2015)

	<p><u>Arduino Uno : Caractéristiques techniques</u></p> <p>Longueur : 6,86 cm</p> <p>Largeur : 5,34 cm</p> <p>Poids : 25 g</p> <p>Tension de fonctionnement : 5V</p>
--	--

<p>Poids de la batterie à vide : 22,6 g</p> <p>Poids de chaque pile AA : 23 g</p> <p>Dimensions de la batterie : 7,62 x 6,06 x 2,032 cm</p> <p><u>Poids total du dispositif réunissant ces éléments</u> : 139,6 grammes</p>

Cela signifiait donc, qu'avec un peu moins de 140 grammes consacrés uniquement à la batterie et au microcontrôleur interne, le dispositif allait être pesant. En effet, il fallait ajouter à cela le poids des ventilateurs, des cartouches d'odeurs, du « shield » (ou carte fille) wifi qui devait permettre la communication entre les deux Arduinos, celui de la plaque d'essai sur lesquels tous éléments étaient soudés et enfin celui des câbles de connexion. À ce moment-ci de l'exploration technologique, nous avons choisi d'utiliser trois ventilateurs pour 3 cartouches de parfum.

Dimensions mini-ventilateur 5V : 3 x 3 x 0,8 cm

Poids mini-ventilateur 5V : 6,2 g

Dimensions cartouches Sensorwake : 6,8 x 0,9 x 3,4 cm

Poids cartouches Sensorwake : environ 15g

Dimensions de la plaque d'essai : 3,29 x 2,15 x 0,1 cm

Poids de la plaque d'essai : 5g

Dimension du Shield Wifi pour Arduino : 5,3 x 4,7 x 2,3 cm

Poids du Shield Wifi pour Arduino : environ 5 g

Poids total du dispositif réunissant ces éléments : 213,2 g

Poids total du dispositif avec câble : environ 260g

Nous arrivions à un poids envisagé de 260 grammes, sans boîtier, ni isolation interne. À titre de comparaison, le téléphone intelligent « iPhone 8 », considéré comme un des téléphones les plus lourds du marché, pèse 202 grammes. En plus d'être relativement pesant, l'Arduino Uno présentait le désavantage d'être grand. Cet aspect nous a posé problème dans l'imagination du boîtier, car il fallait pouvoir ordonner tous les éléments pour qu'ils ne se gênent pas à l'intérieur.

Enfin, le dernier problème lié à l'Arduino Uno que nous avons découvert est que la batterie à piles chauffait énormément. Concrètement, après plusieurs minutes d'utilisation prolongée, la chaleur dégagée par la batterie empêchait de pouvoir la toucher. Nous nous sommes donc retrouvées à nous demander comment nous pourrions isoler celle-ci du reste pour qu'elle ne provoque pas de dommage et qu'elle ne fasse pas fondre le boîtier que nous souhaitions réaliser en plastique.

Le second défi que nous avons rapidement identifié est lié aux capteurs capacitifs, qui devaient être branchés au deuxième Arduino. Pour être stables, c'est-à-dire efficaces dans leur capture de l'information, ils doivent être branchés à une source d'alimentation fixe. Ceci signifiait que les capteurs devaient être branchés à un Arduino, lui-même connecté à un ordinateur et non à une batterie. Donc, dans la conception de l'espace où se déroulerait l'expérience, nous devions prendre cet aspect en compte et imaginer comment cacher l'ordinateur aux yeux du public. D'autre part, pour que les capteurs fonctionnent parfaitement, la surface de contact doit être relativement grande. Plus la surface de contact est étendue, plus la capacitance est importante. Cela rendait problématique l'utilisation de petits objets. Par ailleurs, pour chaque texture que nous souhaitions faire toucher nous devions penser à comment dissimuler les capteurs qui devaient être à chaque fois reliés à l'objet conducteur, ce qui veut dire que les pinces crocodiles ou les fils de liaison devaient être cachés. Ceci représentait un enjeu dans la mesure où nous envisagerions d'associer une odeur à l'eau. Pour déclencher celui-ci, les participants auraient dû plonger leur main dans un contenant rempli d'eau où aurait été plongée une pince crocodile.

Au-delà de cette question, les capteurs capacitifs présentaient un autre problème : le temps de corrélation entre l'action du toucher et l'odeur sentie. L'odeur arrivait au nez du porteur du dispositif trop tardivement pour donner l'effet d'immédiateté. En effet, avec les capteurs capacitifs, les ventilateurs ne se déclenchaient que lorsque la main du participant entra en contact du capteur. Or, il fallait plusieurs secondes pour que l'odeur remonte le long du tube jusqu'au nez du participant. Entre le toucher et l'odeur, celui-ci aurait pu être entré en contact avec d'autres objets, voire même s'être éloigné des textures à toucher. Ces capteurs ne permettaient pas de gérer l'effet que nous souhaitions produire.

La gestion des odeurs s'est révélée être également un défi pour nous. Dans la scénographie de l'expérience que nous avons imaginée, plusieurs participants pouvaient déambuler dans l'environnement au même moment. Pour que l'expérience soit vraiment individuelle, il ne fallait pas que les odeurs se contaminent les unes et les autres. Or, le principe du parfum est d'être volatil. Pour cela, il fallait donc les enfermer de façon hermétique à l'intérieur du boîtier, mais aussi les condenser au niveau du nez du participant pour qu'il soit le seul à les sentir. Une autre question qui est apparue en travaillant sur le projet est celle de savoir pendant combien de temps le ventilateur devait fonctionner pour que l'odeur soit perçue. Très vite, il nous est également apparu qu'il fallait dès à présent prévenir le déclenchement simultané de deux ventilateurs si les participants décidaient

de toucher coup sur coup. Pour le boîtier nous devions trouver une matière qui ne s'imprègne pas des odeurs.

Enfin, le dernier défi technologique que nous avons identifié dès le début de cette phase de prototypage a été la communication entre les deux Arduinos : celui qui devait gérer les capteurs et celui qui devait gérer les ventilateurs. Nous avons prévu de les faire communiquer via le wifi. Or, en nous renseignant plus en profondeur sur la question, nous avons rapidement compris que nous en serions incapables, entre autres parce qu'il n'était pas certain qu'il existe un réseau wifi dans le lieu où nous aurions réalisé notre expérience. Cela voulait alors dire que nous ne devions pas seulement connecter au wifi les deux Arduinos, mais bien créer leur propre réseau autonome. Cette option était possible, mais nous avons compris dès le commencement qu'elle était techniquement hors de notre portée.

Ainsi, lorsque nous avons commencé à prototyper nous avons rencontré nos premiers obstacles. Nous nous sommes retrouvées à devoir penser en amont toute une foule de comportements et d'aspects qui auraient une influence sur la machine que nous souhaitions construire. Conscientes de nos limites, nous sommes donc allées chercher de l'aide auprès de personnes s'y connaissant, afin de relever tous les défis que nous avons identifiés.

2. Comment notre design a évolué en fonction de la pratique

a. Un projet, plusieurs manières de l'envisager

La collaboration est une des ressources premières du mouvement du « faire » (Davies, 2017), et lorsque l'on prototypé dans un Fablab ou dans un autre espace dédié à la création, il est aisé de trouver conseils auprès des personnes plus expérimentées qui fréquentent les lieux. Toutefois, pour des raisons de temps et d'éloignement géographique, nous ne sommes pas rendues assez souvent dans des lieux similaires pour nouer des liens suffisants à l'établissement de ce type de rapport avec les autres personnes. Nous avons cependant rencontré d'autres personnes à qui nous avons soumis notre projet. À chaque fois, nous leur avons expliqué le même carnet de route. Les réponses qu'elles ont apportées se sont avérées très différentes les unes des autres, illustrant par la même occasion la multitude de possibilités existantes de réaliser un même prototype. Nous avons noté que les choix d'outils proposés par les individus avec lesquels nous nous sommes entretenues de

manière informelle, dépendaient des affinités et préférences d'utilisation de chacune de ces personnes. Cela nous a permis de conclure qu'il n'existait pas de bonne réponse aux défis rencontrés, mais plusieurs possibilités qui entraînaient chacune à leur tour de nouveaux enjeux. D'autre part, nous soulignerons le fait que notre projet a toujours reçu le même type de réaction de la part de nos interlocuteurs. Ils se sont d'abord montrés enthousiastes, puis ont relevé la difficulté de la réalisation de notre prototype. En résumé, pour eux, il s'agissait d'un beau projet, mais qui allait être compliqué à concrétiser. Enfin, nous tenons à mettre en relief le fait que jusqu'à ce que nous rencontrions Félix-Antoine, toutes les personnes avec qui nous nous sommes entretenues se sont limitées à nous suggérer des pistes d'avancements. En d'autres termes, elles sont restées sur le terrain de l'idéation, mais elles ne se sont jamais assises avec nous afin de nous montrer concrètement comment procéder dans l'utilisation des outils qu'elles suggéraient. Or, c'est de ce type d'aide dont nous manquions cruellement. Comme nous y reviendrons plus loin, ce sont nos compétences pratiques en électronique qui nous ont longtemps bloquées dans la réalisation de notre prototype, et non notre capacité à comprendre les outils ni à concevoir des solutions à des problèmes. Félix-Antoine, malgré le fait qu'il ne soit absolument pas spécialisé en création technologique, a été le seul à nous accorder assez de temps pour que nous puissions expérimenter ensemble. Nous présenterons ici le résumé de deux des discussions informelles, réalisées avec deux individus différents au détour d'ateliers dans des lieux de créations. La première est celle avec Damien, un ancien étudiant au DESS ACT dont les conseils nous ont été très utiles dans notre pratique car il nous a permis d'identifier des outils plus adaptés à nos ambitions. La deuxième discussion est celle avec Ben, qui nous semble être une illustration du type de relation qui peut découler d'une situation comme la nôtre.

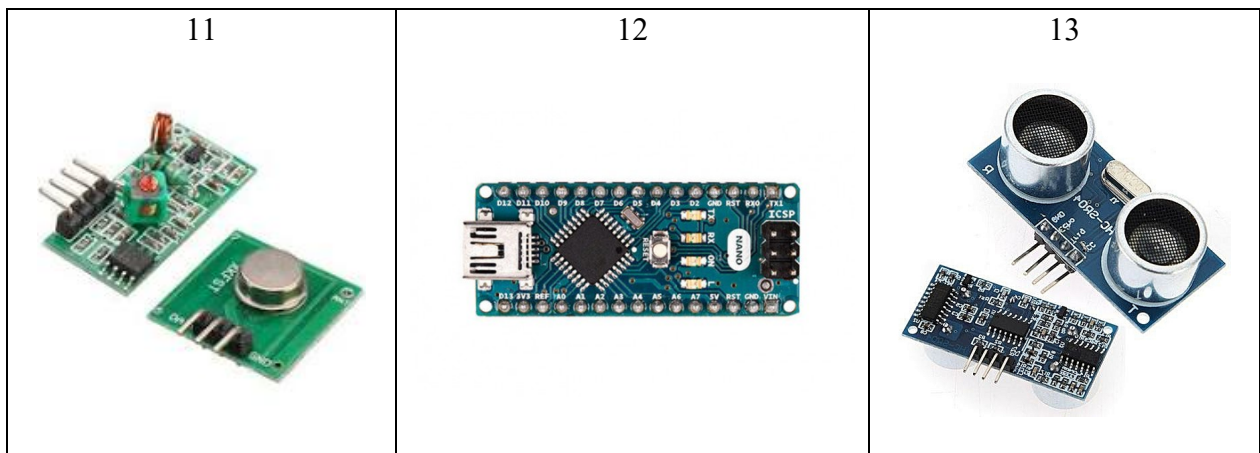
Notre rencontre avec Damien s'est révélée très productive. Nous lui avons soumis les objectifs de notre projet et il a tout de suite proposé des solutions innovantes en termes d'outils. Le premier point qu'il a éclairé est celui de communication entre les deux Arduinos. Selon lui, le plus simple était de relier les deux parties via la transmission en fréquence radio, avec un émetteur et un récepteur 433mhz. Il s'agit du type de fréquence utilisée, par exemple, dans le contrôle à distance des portails automatiques des jardins. L'avantage de ces dispositifs est qu'ils sont peu coûteux, très petits et qu'ils peuvent fonctionner à de grande distance (de 20 à 200 mètres). Damien nous a également proposé d'utiliser des Arduinos Nano à la place des Arduinos Uno. Nous ne connaissions pas l'existence de ces modèles auparavant, alors que ces derniers remplissaient nos

besoins. En effet, ils sont peu onéreux et extrêmement compacts. Ils peuvent également être alimentés en électricité par les chargeurs portatifs des cellulaires qui fournissent un courant continu en 5V via des câbles micro USB. Enfin, Damien nous a parlé des détecteurs ultrasoniques de mouvement, aussi appelés capteurs ultrasoniques.

Figure 12 : Photographie d'un émetteur et d'un transmetteur 433mhz («433Mhz RF Kit d'émetteur Avec Récepteur Pour Arduino ARM MCU Sans Fil », s.d)

Figure 13 : Photographie d'un Arduino Nano (Jha, 2015)

Figure 14 : Photographie d'un capteur ultrasonique (« Universal Ultrasonic Sensor Module HC-SR04 Distance Measuring Sensor For Arduino », s.d)

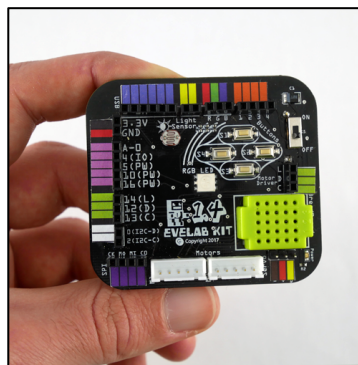


Tous ces conseils nous ont permis de repenser entièrement le design de notre expérience. Nous avons en effet décidé de suivre les conseils de Damien, dans la mesure où il semblait avoir saisi les enjeux de notre prototype. À partir de ce moment, nous nous sommes mis à lire des nouveaux documents et à regarder de nouveaux tutoriels en ligne sur les capteurs ultrasoniques et les fréquences radios. Le fait de changer d'outils en cours de route nous a obligé à refaire le travail d'appropriation et de compréhension que nous avons déjà effectué avec notre premier prototype (*OVI*) où nous utilisions déjà des capteurs sensitifs. Nous sommes donc reparties depuis le début et de nouveaux défis techniques se sont présentés à cause de ce changement.

La seconde discussion que nous développerons ici est celle que nous avons eu avec Ben. Fondateur d'une entreprise de robotique pour enfants, le jeune entrepreneur est spécialisé dans l'électronique. Il a notamment inventé ses propres microcontrôleurs afin de les inclure dans ses

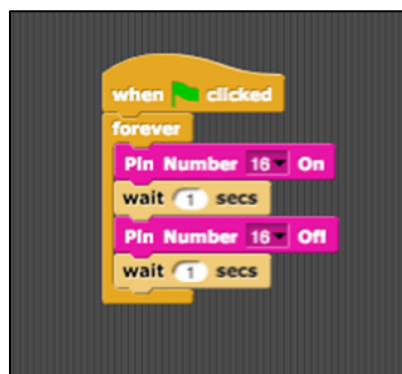
boîtes qui contiennent les robots à monter chez soi. Avant de découvrir l'existence d'Arduinos Nano, ces derniers nous ont semblé une bonne solution pour réduire le poids du dispositif total. En plus d'être plus petits et plus légers, les microcontrôleurs inventés par Ben intégraient déjà une plaquette d'essai (*breadboard*) soudées sur le dessus et possédaient l'immense avantage de déjà fonctionner en WIFI. Ils se connectaient, en effet, via le WIFI aux ordinateurs pour être programmées.

Figure 15 : Photographie d'un microcontrôleur contenu dans les boîtes Robotinacan (Doueck, 2019)



De plus, ces microcontrôleurs étant destinés aux enfants, ils étaient beaucoup plus faciles à programmer puisqu'ils utilisaient l'IDE (ou EDI en français : environnement de développement intégré) simplifié *Snap*. Ce dernier repose sur l'empilement et l'encastrement de bloc de fonctions pré-codées à la place de l'écriture de ces fonctions. Il suffit de les glisser les unes sur les autres ou les unes dans les autres, pour créer un code qui reprend la plupart des fonctions basiques.

Figure 16 : Extrait de l'interface de programmation *Snap* (Doueck, 2019)



Quand nous avons soumis notre idée de création à Ben, celui-ci a tout de suite été emballé. Il nous a proposé de nous vendre deux de ses microcontrôleurs et de nous aider pour créer le réseau WIFI fermé permettant la communication entre ces deux « *boards* ». Dans la mesure où il s'agissait là de l'aspect le plus compliqué de notre prototype, nous étions ravies de savoir quelqu'un prêt à nous aider concrètement. De plus, nous pouvions catégoriser notre interaction comme un échange de bons procédés. En utilisant ces microcontrôleurs, nous aurions participé à leur diffusion. Cela revenait à lui faire de la publicité contre un coup de main technique. Cependant, malgré l'intérêt flagrant de la proposition, nous ne l'avons pas acceptée. Et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, en échangeant avec lui par messages courriels, nous avons réalisé que ce jeune entrepreneur était très occupé et que malgré son intérêt pour notre projet, il n'aurait sans doute pas tant de temps que ça à y consacrer. Deuxièmement, utiliser ces outils technologiques signifiait un nouvel apprentissage, car même si leur programmation était plus simple, nous possédions déjà une base de code réalisée avec l'IDE Arduino. Enfin, dans la mesure où les Arduinos sont très répandus, les ressources et les aides sont plus nombreuses qu'avec les microcontrôleurs qu'il nous proposait. Malheureusement, après avoir refusé sa proposition, nos courriels sont restés sans réponses de sa part. Il n'a plus eu de temps à consacrer à notre projet. Ce que nous comprenons tout à fait.

Comme nous l'avons précisé précédemment, nous avons également discuté de notre projet avec d'autres personnes techniquement plus aptes que nous. Leurs conseils n'ont toutefois pas fait avancer notre projet car ils sont restés en surface, sans nous offrir aucune piste de solution vis-à-vis de la situation dans laquelle nous nous étions embourbées. En effet, malgré tous nos efforts, nous n'arrivions toujours pas à créer physiquement un circuit électrique connectant tous les éléments ensemble. Notre design a cependant évolué grâce à nos rencontres avec Damien et Ben et nous sommes arrivées à une nouvelle proposition de prototype.

b. Le design actuel

Après plusieurs mois d'exploration technologiques, de formation personnelle, de visionnage de tutoriels en ligne et de discussion sur notre prototype, nous n'avons pas réussi à donner vie la version que nous espérions créer. Cependant, nous nous sommes approchées autant que faire se peut de notre objectif. Nous pensons que le design de notre prototype est viable. Nous entendons

par là, qu'il pourrait fonctionner et remplir les objectifs que nous nous sommes fixés. Toutefois, que nous y arrivions à le compléter totalement, nous aurions besoin de meilleures connaissances en électricité et en programmation. Nous présenterons ici les résultats obtenus.

Notre prototype repose toujours sur deux parties : une qui est fixe et une qui est mobile. Celle mobile comporte le boîtier avec les odeurs tandis que la partie fixe se charge des capteurs de mouvements. Nous avons déterminé que nous utiliserons des Arduinos Nano. Les avantages sont nombreux comme nous l'avons préalablement évoqué. La différence est que, dorénavant, tous les capteurs de la partie fixe ne sont plus reliés à un seul Arduino, mais que chaque capteur fonctionne avec son propre Arduino. Ce qui simplifie grandement les branchements électriques et permet d'éloigner les textures les unes des autres. Nous pourrons ainsi les disséminer dans l'espace. Après moult hésitations entre les capteurs ultrasoniques et ceux capacitifs, nous avons choisi d'utiliser des capteurs ultrasoniques. Bien qu'ils soient plus efficaces sur une longue portée que sur une courte, le fait de pouvoir programmer à quelle distance ils se déclenchent se révèle très avantageux. Ainsi, dans un souci constant de favoriser l'effet d'automatisme entre l'action du toucher et la libération de l'odeur, nous pourrons déterminer leur déclenchement avant que la main ne touche la texture. De la sorte, le délai nécessaire à l'odeur pour se diffuser le long du tube qui reliera le boîtier au nez du participant sera comblé. Il nous faudra calculer le temps que met l'odeur pour évoluer dans le canal et le traduire en distance. Ce type de capteurs nous permettra également, si nous y arrivons un jour, d'utiliser n'importe quelle texture et non plus uniquement celles qui sont conductrices. Il y aura donc trois capteurs, chacun relié à un Arduino Nano et à un émetteur, qui communiqueront les données captées à la partie mobile.

Concernant l'acheminement de l'odeur du dispositif au nez du participant nous nous sommes rabattues sur les canules nasales. Faciles d'accès, peu onéreuses, elles permettent de condenser au maximum les effluves. L'aspect volatil de l'odeur est également à prendre en compte dans le design du boîtier. Nous avons ainsi décidé de compartimenter les capsules à l'intérieur de celui-ci, mais également de rajouter un quatrième ventilateur qui se déclenchera juste après l'arrêt des autres ventilateurs, pour nettoyer, purifier le conduit d'air. Nous espérons ainsi empêcher le mélange des odeurs. Par ailleurs, en programmant le déclenchement d'un ventilateur associé à une odeur puis consécutivement celui du quatrième ventilateur, nous empêcherons la mise en marche d'un autre trop rapidement dans le cas où le participant toucherait consécutivement de manière rapide deux textures.

Figure 17 : Schéma de la partie fixe du prototype de l'expérience OV2

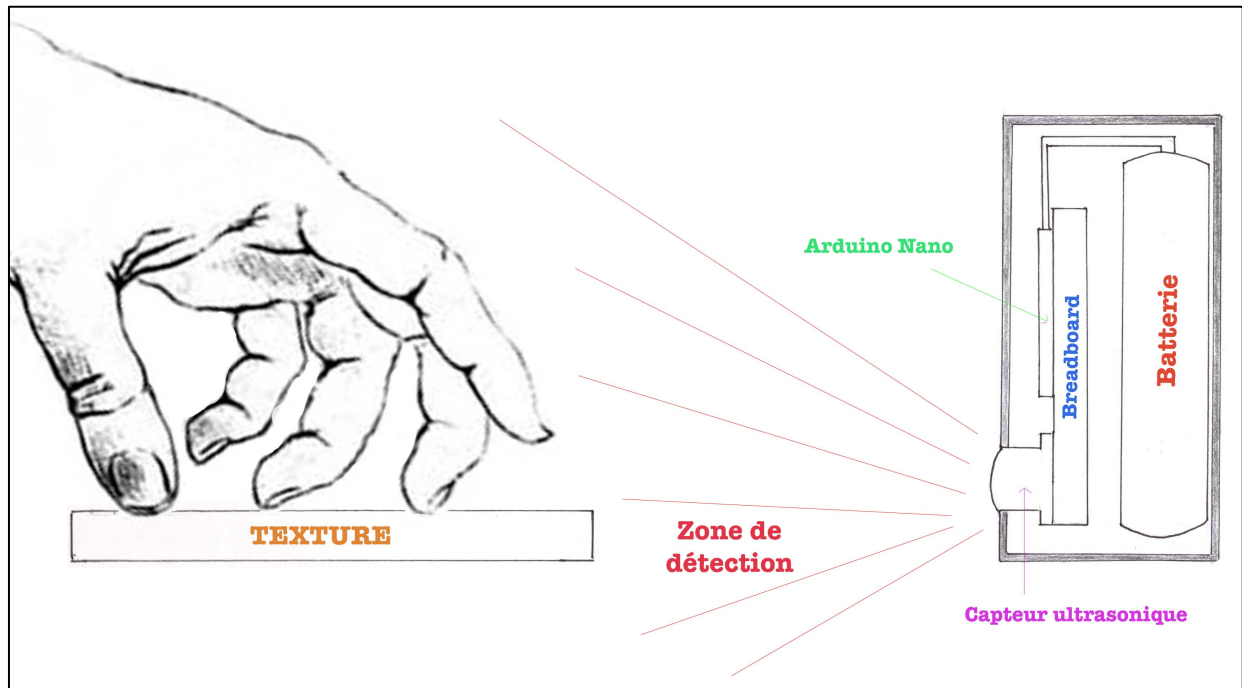


Figure 18 : Photographie de notre branchement électronique pour la partie fixe

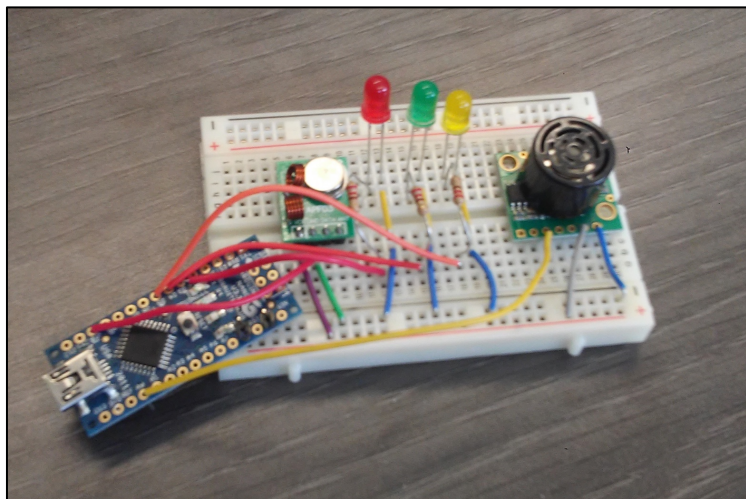


Figure 19 : Schéma proportionné de la partie mobile du prototype de l'expérience *OV2* - Boîtier contenant tous les composants électroniques

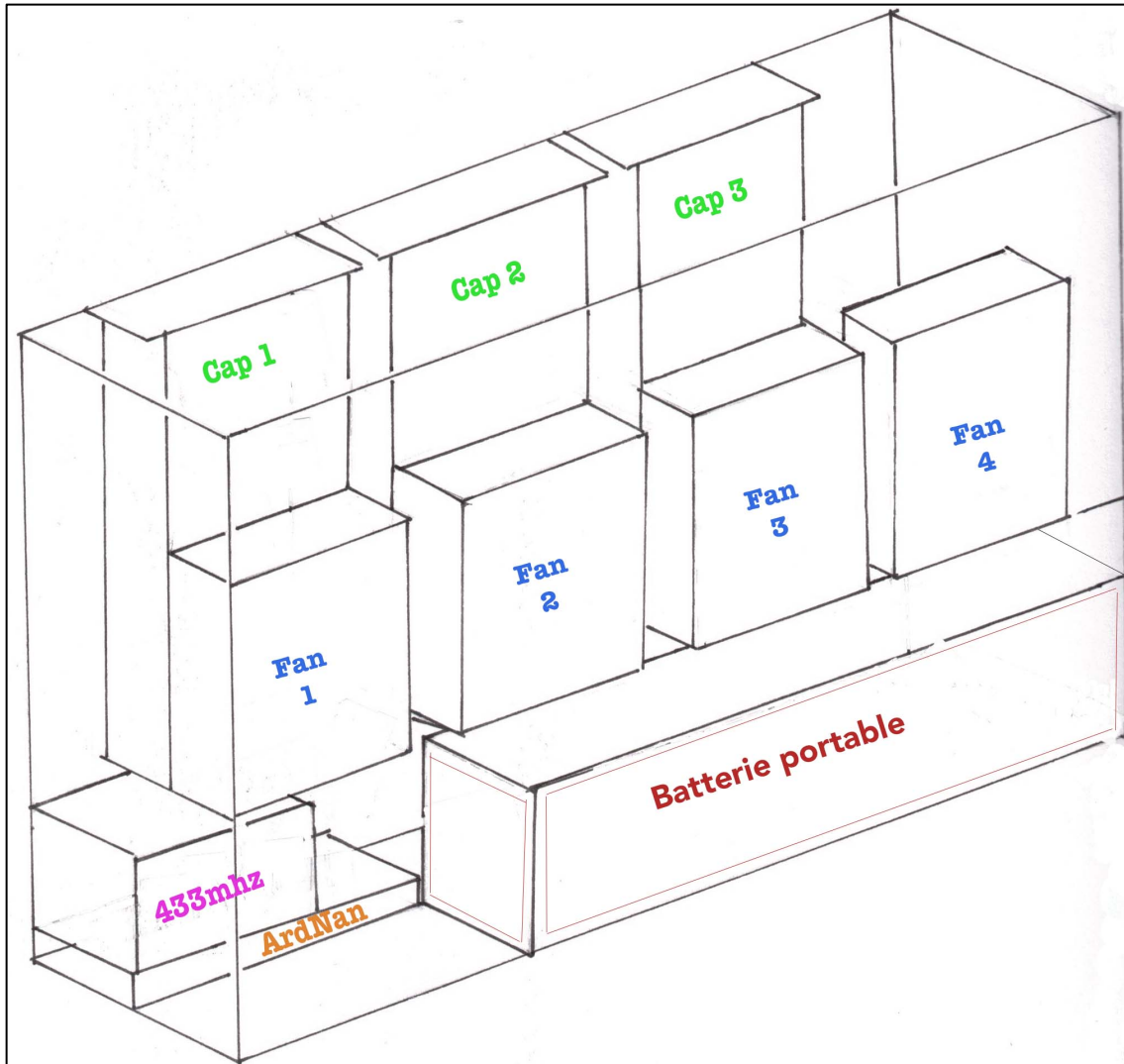


Figure 20 : Photographie de notre branchement électronique de la partie mobile

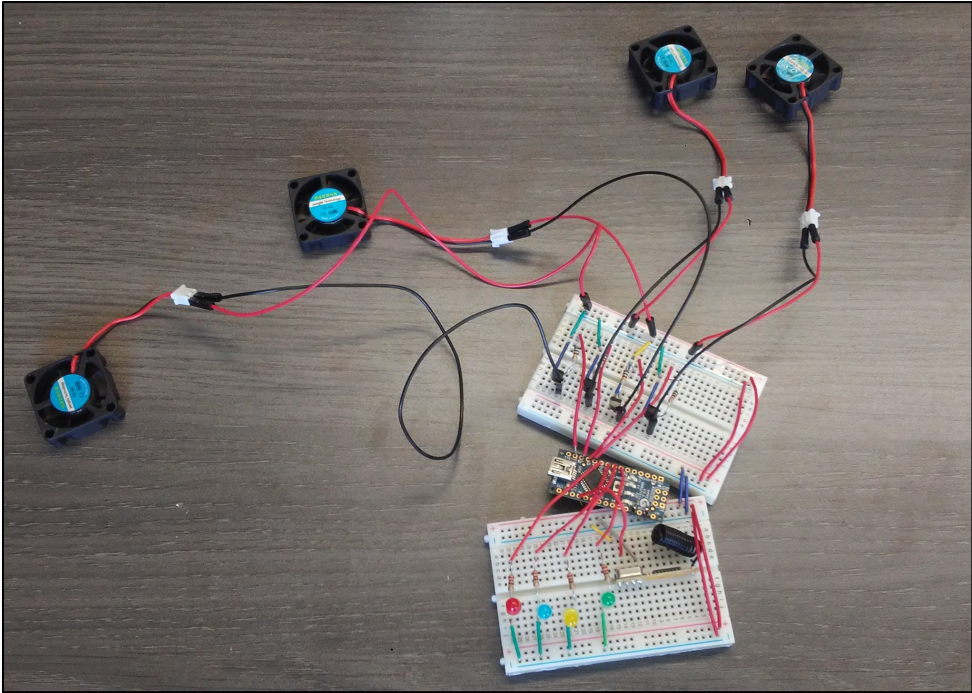
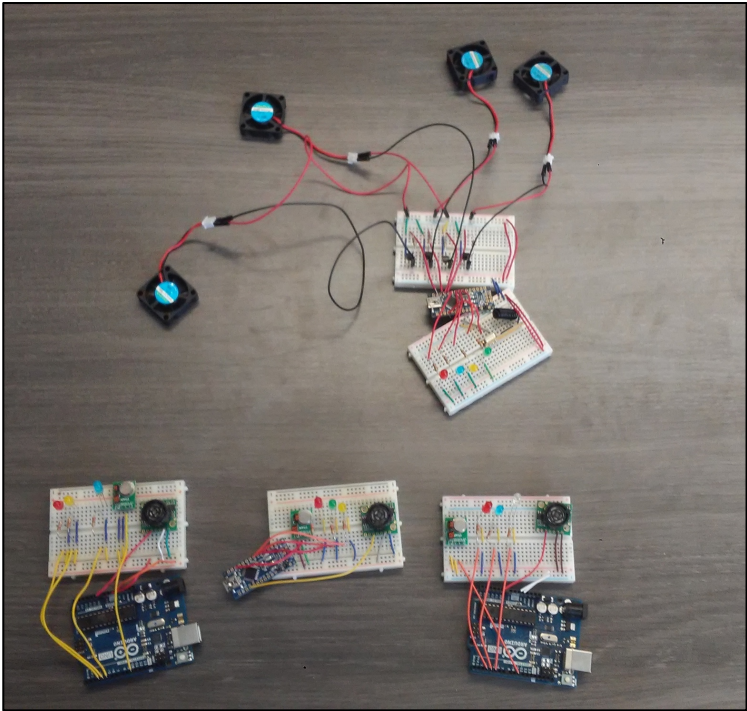


Figure 21 : Photographie présentant les branchements électroniques des trois capteurs et de la partie mobile



Les différentes parties du dispositif communiquent actuellement entre elles via des émetteurs et un récepteur de fréquence radio 433mhz. Elles fonctionnent aléatoirement. Le code mérite d'être raffiné pour que les distances de captation soient plus efficaces et les durées d'activation des ventilateurs également. Pour le moment, le montage ne permet pas à ce que plusieurs personnes participent à l'expérience en même temps. Notre code actuel fonctionne avec des temps d'émissions et ne permet pas d'identifier différentes personnes dans l'espace. Nous sommes donc parvenus, grâce à l'aide reçue, à un résultat partiellement fonctionnel. La mécanique est opérationnelle. Une multitude de question reste toutefois en suspens. Dans un désordre total, et de manière non-exhaustive, nous mentionnerons :

- Comment identifier les porteurs du dispositif de manière à les distinguer les uns des autres dans le cas où plusieurs personnes réalisent l'expérience en même temps ?
- Combien de temps faudra-t-il laisser tourner les ventilateurs pour que l'odeur se propage ?
- Seront-ils assez puissants pour faire remonter l'air dans le tuyau ?
- À quelle distance doit-on programmer les capteurs pour qu'ils enregistrent uniquement le mouvement de la main ? Comment maîtriser leur surface de captation pour qu'elle soit aussi réduite que possible, et que les ventilateurs ne se déclenchent pas seulement lorsque qu'un participant marche devant un capteur ?

Nous ne sommes pas en mesure de fournir des réponses présentement. Par ailleurs, il nous reste à réaliser l'intégralité de notre boîtier et de l'installation dans l'espace. Ce qui représente une somme de travail non-négligeable.

c. La base de notre code

Au-delà de l'enjeu de la gestion de la partie électronique, une grande partie du travail de création repose sur l'élaboration et la programmation d'un code. Avant de commencer le prototypage de *OVI*, nous n'avons aucune formation ou expérience préalable en programmation. Nous avons donc dû nous former par nous-même et notre compréhension somme toute limitée de cet outil provient de notre pratique personnelle, ainsi que des explications pédagogiques fournies par Félix-Antoine. Afin d'éclairer les lignes qui vont suivre et les schémas présentés, revenons sur quelques bases.

Programmer un ordinateur revient à fournir à la machine une série d'instructions précises, que l'utilisateur rédige dans un langage particulier, puis qui est traduite en langage machine, c'est-à-dire en code binaire. Ce processus de traduction porte le nom de « compilation » et elle s'effectue automatiquement via l'interface de programmation utilisée. Pour que l'opération soit fructueuse, la personne qui code doit respecter la syntaxe rigoureuse du langage qu'il a choisi. Chaque langage de programmation possède des spécificités qui lui sont propres, cependant toutes requièrent de ses utilisateurs de comprendre les bases de la pensée informatique qui reposent sur l'utilisation d'algorithmes. Un algorithme est « un enchaînement mécanique d'actions, dans un certain ordre, qui chacune a un effet, et dont l'exécution complète permet de résoudre un problème ou de faire quelque chose » (Tchounikine, 2017).

Comme nous l'avons déjà mentionné, les Arduinos se programment en C++ via un EDI Arduino qui peut être téléchargé gratuitement sur le site internet de la marque. Il s'agit de l'interface qui gère l'ensemble des fichiers et des tâches à effectuer. Le langage de programmation C++ est considéré comme étant un langage de « bas-niveau ». Nous entendons par-là que son niveau d'abstraction est plus bas et qu'il se rapproche plus du code binaire que d'autres programmes tel que le javascript, par exemple. Son « niveau » en fait un langage puissant, mais compliqué à prendre en main pour les débutants sans formation : « Programming in C++ is optimized to create a sleek and efficient end product rather than ease of learning or instant creative gratification » (Tanenbaum et al., 2013, p. 2608). Cependant, l'équipe Arduino a simplifié une partie, en redéfinissant certaines des fonctions élémentaires pour les adapter au microcontrôleur, ce qui permet de traiter la plupart des besoins des utilisateurs. Par ailleurs, de nombreuses librairies sont accessibles en libre accès. Elles contiennent des séries de fonctions complexes déjà codées, prêtes à être utilisées par d'autres personnes qui se présentent sous la forme de fichiers « .h ». Pour les inclure dans son code, l'utilisateur déclare au début de son document les fichiers qu'il souhaite inclure via la syntaxe « #include » (exemple pour le fichier intitulé untel.h : #include <untel.h>) (Marguin, 2013). Quel que soit le langage utilisé, l'apprentissage de sa grammaire passe par la pratique. Il n'est pas nécessaire de connaître l'intégralité des fonctions pour les mettre en application, mais seulement de saisir la logique inhérente à la programmation. Un des premiers exercices consacrés dans l'appropriation de la compétence est de faire apparaître à l'écran « Hello world », une tradition instaurée par Brian Kernighan et Dennis Ritchie, le créateur du langage, dans

la première édition du C, l'ancêtre du C++, en 1978 (Mélès, 2016). Lorsque étudiante au DESS ACT nous avons débuté nos expérimentations autour de notre prototype, nous avons reçu un conseil essentiel de la part d'un assistant d'un de nos professeurs chargés de nous enseigner la création technologique : toujours commencer par rechercher les codes déjà existants en ligne, qui se rapprochaient de notre projet. En effet, il s'agirait d'une perte de temps importante de tout coder soi-même, car il s'agit d'un processus long et fastidieux. De plus, dans la mesure où d'autres personnes ont déjà réalisé des morceaux de codes qui fonctionnent et qui sont disponibles librement sur les Internet, il est tout à fait possible de les utiliser en citant ses sources. Nous avons donc procédé de la sorte avec Félix-Antoine, qui nous a grandement aidé dans l'élaboration des codes de notre projet. Nous revenons encore une fois sur la nécessité de penser la programmation en parallèle de la partie électronique. L'un et l'autre sont intrinsèquement liés, car chaque composant électronique répond à des commandes prédéfinies. Nous pourrions dire que chacune de ces composantes s'encastrent les unes dans les autres à la manière d'un jeu de construction où chaque bloc possède ses propres règles.

Comme toute nouvelle langue à apprendre, il faut d'abord comprendre la logique interne afin de la respecter et s'approprier de formules consacrées. Afin de permettre une lecture de base des codes que nous reproduisons en annexes nous fournirons quelques règles de bases du C++ (voir annexes n°9 et n°10). Tout d'abord, tout le vocabulaire est en anglais. Les commandes et les fonctions s'expriment dans cette langue et il est indispensable de maîtriser au moins les bases de cet idiome pour comprendre ce à quoi l'on est confronté. D'autre part, le temps est exprimé en millisecondes. Le processeur interne du Arduino étant réglé sur une horloge qui fonctionne de manière très rapide. Les ordres sont donnés via des mots-clés, qui avec des accolades délimitent les blocs. Tout ce qui suit les « // » ou des « /* » est un commentaire qui ne sera pas lu par la machine, mais à destination seule de l'humain qui programme. Toute variable doit être déclarée avant d'être utilisée.

Notre prototypage, nous a amené à élaborer deux codes distincts : un qui commande la partie mobile et un qui s'occupe de la partie fixe comprenant trois capteurs (voir annexes n°9 et n°10). Comme vous pourrez le lire en annexe, nous y avons laissé les commentaires pour montrer nos réflexions et nos étapes de développement. Par honnêteté intellectuelle nous tenons à mettre en avant que, bien que réfléchi par nos soins et conçu en duo avec Félix-Antoine, il a été écrit par

ce dernier. La complexité du projet demandait une précision de syntaxe que nous n'aurions pu atteindre seule.

Notre prototype *OV2* est donc toujours en cours de production. Nous avons fortement progressé dans l'avancement de celui-ci dans la mesure où nous avons mis au point avec un succès relatif la mécanique interne de l'expérience que nous souhaitions réaliser. Dans les conditions actuelles de travail, c'est-à-dire sans être accompagnée par des spécialistes, nous ne pouvons atteindre les objectifs très ambitieux que nous nous étions fixés. Il reste de nombreuses étapes de réalisation avant d'arriver au point de pouvoir concrétiser notre vision. Toutefois, au cours de ce processus créatif, nous avons eu l'opportunité de nous confronter à un tout nouvel univers, ainsi que d'acquérir de nouvelles compétences. L'aspect autodidacte de ce projet a pris plus d'ampleur que nous l'imaginions. Sur cette route semée d'embûches, nous avons beaucoup appris. De notre propre expérience de « making », nous avons tiré plusieurs constatations et nous avons développé des stratégies afin de favoriser ce que nous appelons « l'apprentissage sauvage ».

V. L'APPRENTISSAGE SAUVAGE : LIMITES ET EFFETS COLLATERAUX

When I cut open an avocado and see its core, I feel the core in my mouth quite vividly. Upon looking at marble or any type of stone, I feel the temperature and grooves of the stone against my hand. I particularly love this experience with feeling the different types of stone without touching it and I find it adds to my enjoyment of being in places which use marble, granite, concrete and the like as design elements.

(F., 2019)

Notre entreprise créative nous a conduit à nous confronter à une nouvelle culture, celle du « faire ». Nos interactions avec le milieu et notre expérience personnelles de production nous ont menées à certaines réflexions concernant l'inclusion au sein de ce mouvement. Dans la mesure où nous n'étions pas spécialisées et que le découvrons avec une curiosité intéressée, nous avons éprouvé de nombreuses difficultés à intégrer ce mouvement qui se veut pourtant ouvert à tous. Nous discutons ici certaines des limitations que nous avons identifiées. D'autre part, notre projet a eu pour effet imprévu de participer à la diffusion des connaissances sur la synesthésie et la neurodiversité. Nous aborderons également cet aspect.

1. Expérimenter les limites structurelles du « faire » par notre pratique

a. Une méthode insuffisante d'enseignement de la création technologique

Internet regorge d'exemple de personnes qui avec peu de bagages académiques en électronique réussissent à réaliser « des systèmes avancés et fonctionnels » (Mieyeville, Navarro et Carrel, 2015, p. 1). Ces « succes story », donnent l'impression qu'il est à la portée de chacun de concevoir de tels projets. Notre expérience personnelle et nos recherches nous ont amenées à constater que la réalité est toutefois différente et que la concrétisation de telles réalisations se révèle bien plus difficile qu'imaginée. Nous avons identifié plusieurs limitations de la pratique du « faire » telle que

nous l'avons connue. Nous nous concentrerons ici sur les limites du « faire » comme méthode d'enseignement de la création technologique.

Force est de constater qu'il existe un écart important entre la capacité à reproduire un projet déjà existant en suivant des étapes présentées pas à pas et celle de concevoir par soi-même un projet inédit. Or, l'approche du « faire » repose grandement sur des tutoriels, qui bien qu'expliqués en détail, maintiennent la personne qui les utilise au niveau de l'imitation et non à celui de l'innovation. Pour Bertrand Gille, ce qui est transmis à ce niveau, ce sont des « technemes », c'est-à-dire des habiletés sensorimotrices, qui reposent sur trois aspects : le choix des matériaux, l'appropriation de certains outils et l'identification de contextes précis de réalisation (1986). Il précise par ailleurs : « At this stage, the acquisition of knowledge is imitation » (p. 1146). Cette étape est cependant un palier essentiel dans l'acquisition de nouvelles compétences techniques. Hubert et Stuart Dreyfus, mettent en avant que les humains acquièrent progressivement des connaissances via les instructions dispensées et leurs propres expériences (Dreyfus et Dreyfus, 1986). Ils ne sont pas en mesure de passer soudainement de « rule-guided "knowing that" to experience-based know-how » (*ibid*, p. 19). Ainsi, ils proposent l'idée que l'apprentissage d'une compétence se décompose en cinq étapes : novice, débutant avancé, compétent, maître et expert (traduction personnelle). Pour le novice, la tâche doit être décomposée en éléments qu'il peut reconnaître sans posséder la compétence qu'il cherche à acquérir. Il suit un programme, sans comprendre le contexte dans lequel il opère (Dreyfus, 2004). En acquérant de plus en plus d'expérience, le « débutant avancé » commence à relever des similarités dans les exemples et développe une compréhension du contexte et des tâches. L'instructeur est alors utile pour l'aider à identifier des schémas de fonctionnement significatifs et utiles à la situation (Dreyfus, 2004). En entrant dans l'étape « compétence », l'apprenti sait mieux reconnaître les éléments et les procédures utiles aux situations qui se présentent, mais sa prise de décision est encore analytique et lui demande de découper les exercices en éléments plus simples. « Students, therefore, must decide for themselves in each situation what plan or perspective to adopt without being sure that it will turn out to be appropriate » (Dreyfus, 2004, p. 178). Dans la quatrième phase, celle de maîtrise, la personne a assez d'expérience pour comprendre et déterminer les objectifs et les faits saillants d'une tâche, mais ne sait pas encore comment arriver à ses fins de manière automatique. La dernière étape, celle de l'expertise, mène le pratiquant à une compréhension complète de ce qu'il fait de manière à ce que sa résolution de problèmes soit intuitive et automatique (Dreyfus et Dreyfus,

1986 ; Dreyfus, 2004). Dans le cas de la pratique du « faire », il semble que les ressources disponibles en ligne (vidéos, forums, etc.) et celles physiquement accessibles (tels que les Fablabs, notamment), s'adressent principalement aux personnes se situant *a minima* dans la seconde étape du processus d'apprentissage des compétences requises. Certaines connaissances de bases restent toujours nécessaires à la réalisation de projets d'électronique. Le public auquel s'adresse ces aides, virtuelles ou réelles, doit tout de même posséder une certaine littéracie dans les différents domaines de sciences concernées de manière à ce que les instructions et les connaissances soient transmises (Tanenbaum, et al., 2013). C'est d'ailleurs ce que conclut l'expérience menée par les chercheurs Mieveville, Navarro et Carrel afin d'implanter des pratiques du mouvement « maker » pour faciliter l'enseignement des STEM (terme anglais désignant les matières suivantes : sciences, technologie, électronique et mathématiques) chez les étudiants universitaires (2015). En comparant deux groupes, un où les étudiants étaient issus d'un curriculum en génie et l'autre composé d'étudiants aux profils variés, les chercheurs se sont rendu compte que la pratique *DIY* ne pouvait être suffisante : « Dans le cas d'un enseignement universitaire, il faut donc compléter l'approche du *DIY* par un accompagnement pédagogique afin d'amener les étudiants au niveau souhaité, en intégrant des compléments théoriques réguliers » (2015, p. 6). Et ce, notamment car les étudiants qui n'ont pas étudié en génie se « heurtent assez vite (dès que les étudiants commencent à vouloir réutiliser et/ou détourner des morceaux de codes existants) à un problème de compréhension de la structure d'un code, de la notion de variables, de boucles, de fonctions et donc de paramètres » (2015, p. 6). Les chercheurs Somanath et *al.* tirent des conclusions similaires suite à leur expérience d'initier des jeunes du secondaires dits « à risque » à la pratique du « faire » (2016). Ils notent notamment qu'ils ont sous-estimé la difficulté d'usage des kits de débutants Arduinos, car ils demandaient une compréhension des circuits électriques et de la programmation plus poussée que ce qu'ils prévoyaient. Ceci les amène à l'idée selon laquelle :

In terms of tool design, this observation highlights the need for considering balance whereby the tool enables engagement with minimal knowledge, but with gradual increase in learner's technical competence, the tool or mechanism of learning should be extensible to explore more complex concepts. (Somanath et *al.*, 2016, p. 152)

Il nous est apparu dans notre expérience personnelle que le « faire » comme on l'entend à l'heure actuelle repose souvent sur un apprentissage par essai-erreur. Cette technique peut être productive

dans la mesure où l'apprenti saisit d'où provient son erreur. Cependant, en apprenant dans ces conditions, il peut être extrêmement frustrant de passer des heures à chercher les causes de problèmes que l'on ne comprend même pas, puisqu'il est à peu près certain que sans aide extérieure, nous ne la trouverons pas. C'est ce que résume ce témoignage d'un étudiant ayant participé aux cours de création donnés par les chercheurs Mary Kayler, Timothy Owens et George Meadows :

I have spent countless hours trying to get this thing to work and I have become incredibly frustrated over it. I finished my chess piece after about 15 hours of working on it and it didn't even turn out the way I wanted it. (2013, p. 4)

Cette frustration est à l'exact opposé de la notion de contrôle requise pour l'apprentissage selon l'artiste Chris Csikszentmihalyi. D'après lui, une formation efficace aux technologies nécessite de communiquer à l'élève la sensation de contrôler ses actions (Csikszentmihalyi, dans Jones, 2006). Il doit pouvoir éprouver la joie de voir ses actions récompensées par une issue positive. Ainsi, en n'éprouvant que la frustration de l'erreur restée sans réponse, l'étudiant risque de se démotiver et de ne pas poursuivre son apprentissage. Il nous apparaît également que lorsqu'ils se confrontent seuls à des tâches de « making » les apprentis sont amenés à manquer de rétroaction sur leurs actions et leurs productions. Le terme rétroaction ou « feedback » en anglais, est issu de la théorie de Norbert Wiener sur la cybernétique. Il fait référence à un processus où une partie du signal émis par un système est extrait puis réintégré dans le système pour influencer son comportement (Wiener, 1948). L'information doit ainsi former une boucle fermée pour être efficace. Or, dans la pratique du « faire », les créateurs se retrouvent souvent seuls sans obtenir d'information sur ce qu'ils ont produit. La rétroaction est cependant essentielle dans l'apprentissage traditionnel de la création technologique. En effet, les professeurs aident non seulement l'étudiant à acquérir des compétences techniques, mais renforcent également sa confiance en lui et en sa capacité d'apprentissage (Butler et Winne, 1995). Or, cette croyance en sa propre efficacité (Zimmerman et Kovach, 1996) est au cœur de toute capacité à acquérir de nouvelles compétences par soi-même. Sans croire en soi, il est impossible de se faire assez confiance pour s'autoréguler, ce qui est pourtant essentiel pour mener à bien un projet technologique seul (Barack, 2010).

En nous confrontant à la pratique du « faire » nous avons vécu personnellement ces restrictions. Nous nous sommes senties très souvent seules face aux difficultés rencontrées, démotivées par nos progrès minimes, perdues dans la somme d'informations que nous pouvions

trouver mais qui sans explications connexes ne nous étaient d'aucune utilité. Il nous semble donc que le « faire » ne peut être la seule méthode d'enseignement en création technologique et qu'elle doit être complétée par des cours plus traditionnels et un accompagnement humain.

b. Un manque d'inclusion et de représentativité dans la pratique

Au cours de notre parcours, nous nous sommes régulièrement confrontées à une autre limite du « mouvement maker » : celle du manque d'inclusion et de diversité. Dans notre cas, cela s'est surtout manifesté par des remarques sexistes et un fort sentiment d'imposture, ce qui nous a permis de constater rapidement que notre genre influençait à la fois notre rapport à nos interlocuteurs, mais aussi notre propre pratique. Cet aspect a été mis en évidence par plusieurs recherches récentes sur le sujet. Il faut dire qu'historiquement, le secteur de la technologie et de son développement a toujours été dominé par une élite d'hommes blancs et occidentaux (Foster, 2017), ce qui s'est évidemment répercuté dans le mouvement du « faire », même si cela tend à changer progressivement. Ce mouvement cherche en effet à estomper l'opposition qui existe entre les créateurs de technologie et les consommateurs de ces derniers, dans un monde capitaliste qui fonctionne sur un type particulier de production de biens (Dias et Smith, 2018). Dans la mesure où les savoirs en matière de technologie sont toujours détenus en grande partie par la culture dominante (Davies, 2017) précédemment nommée, il est logique que ce soient eux qui participent à leur diffusion. En atteste le nombre de femmes professeures en ingénierie dans les pays européens qui illustre cet écart flagrant entre les genres. En 2003, le pays qui avait le pourcentage le plus élevé de femmes professeures en ingénierie et en technologie parmi les pays de l'UE, était la Pologne avec 6,8%, suivi par la France avec 6,4%. La moyenne des autres pays avoisinait les 3% (Commission Européenne, 2009). Si ces statistiques se sont améliorées au cours de la dernière décennie, la disproportion n'en reste pas moins flagrante. Ainsi, des universités ont mis en place des politiques pour favoriser l'embauche de professeures. C'est notamment le cas de McMaster, qui met en avant le fait que le nombre réduit d'étudiantes dans les secteurs technologiques s'explique par l'absence de modèles positifs. Engager plus de femmes, permet alors aux étudiantes de se sentir représentées (Vekil, 2018). Cette différence dans les études supérieures semble être le résultat d'une ségrégation sociale implicite qui s'opère dès la prime enfance. En 2005, le président de l'université d'Harvard, Lawrence Summers, soulevait le fait que le manque de femmes dans

l'industrie et la recherche scientifique s'expliquait en partie par le fait que les petites filles étaient moins amenées par l'école et leur entourage à s'impliquer en science (Etzkowitz et al., 2008). En ce qui concerne l'inclusion des personnes avec des besoins spécifiques, dites « handicapées », le taux d'inclusion dans les industries technologiques, et en particulier en programmation est également très bas (Taylor et Ladner, 2011). Les grandes entreprises de la Silicon Valley, fer de lance dans le domaine qui domine ce secteur économique, présentent des chiffres très bas dans leurs rapports annuels sur l'inclusion et la diversité dans leur structure. Slack déclare 1,7 des employés porteurs d'un handicap (Slack Team, 2016), tandis que LinkedIn reporte seulement 3% (Wadors, 2016). Pourtant, le recensement de la population datant de 2000 aux États-Unis faisait état de 18,6% de personnes atteinte d'une forme d'incapacité physique ou mentale en âge de travailler (Waldrop et Stern, 2003).

Tous ces déséquilibres de représentations se retrouvent, dans une moindre mesure, dans le mouvement du « faire ». En 2011, un des seuls sondages réalisés sur les utilisateurs des « hackerspaces » montraient que 90 pourcents d'entre eux étaient des hommes et que la proportion des personnes possédant un diplôme universitaire était le même. L'âge moyen de ces hommes était de 31 ans (Moilanen, 2012). Sarah Davies attribue ce manque de fréquentation des « hackerspaces » et « makerspaces » à la perpétuation des dynamiques sociétales de pouvoir (2017). Elle cite notamment deux arguments pour expliquer que les femmes se tiennent en retrait de cette culture : un sentiment d'imposture plus présent chez les femmes qui les empêchent de revendiquer une expertise dans ces domaines et une culture pro-masculine qui peut aller jusqu'au harcèlement. Elle met en relief également la perpétuation des dynamiques d'exclusion des publics issus de la diversité (immigrants, population précarisée, etc.) pour qui se rendre dans ces espaces est plus coûteux en termes de temps et de ressources que pour les membres de la « culture dominante » (2017, p. 104). En matière d'exclusion des publics à besoins spécifiques, la chercheuse Meryl Arper soulève le fait que ce type d'espaces et les outils utilisés sont rarement inclusifs. Elle plaide pour ce qu'elle nomme une « mixed-ability maker culture » (Alper, 2013, p. 1). Selon elle :

The participation gap within maker culture concerns more than just tools, but also mentorship from those experts in fabrication, design, and engineering. In a mixed-ability maker culture, DIY tools, kits, and activities should not only be easy enough for a novice to start, but also the communal spaces for making (including makerspaces, Maker Faires, and online discussion boards) should also

be welcoming towards youth with disabilities, as well as their family members, therapists, and aides. (2013, p. 3)

Pourtant, la culture du « faire » est porteuse de grands espoirs en matière d'aide à l'inclusion car elle permet, entre autres, le développement et l'accessibilité de nouvelles technologies d'assistance pour les personnes avec des besoins spécifiques (Hurst et Tobias, 2011). La démocratisation des outils comme les imprimantes 3D permet notamment d'individualiser des dispositifs d'aide. Les nombreuses formes d'exclusion dans le mouvement « maker », et particulièrement celui des personnes dites « handicapées », nous a personnellement posé un problème moral. Dans la mesure où nous travaillions sur la neurodiversité, réaliser que les personnes concernées par notre projet se trouvaient exclues des environnements dans lesquels nous les concevions, nous a grandement questionné sur la portée de nos travaux. Nous nous sommes senties plus jamais éloignée du concept de base « Nothing About Us Without Us » (The Floe Inclusive Learning Design Handbook, s.d) prôné par les communautés des personnes ayant des besoins spécifiques. Il semble donc que si la culture du « faire » crée des communautés soudées, celles-ci soient très homogènes. Ce qui est d'autant plus ironique que, comme le souligne Davies, « l'empouvoirement » que suscite le « faire » concerne alors les personnes qui en ont le moins besoin (2017).

Toutefois, malgré ces évidentes contradictions dans cette culture qui se veut inclusive et ouverte à tous, des initiatives pour renverser la balance existent. Plusieurs « makerspace » féministes et inclusifs ont vu le jour partout dans le monde, et comme dans le domaine de la technologie la prise de conscience semble s'accroître. Enfin, des mouvements entièrement dédiés à l'utilisation de la technologie comme levier d'inclusion, tels que le « Social Technology » (Dagnino, 2014 ; Dias et Smith, 2018) émergent et se diffusent. Ce qui empêchera sans doute la culture du « faire » de devenir seulement un autre « hobby pour la classe moyenne » (2017, p. 107), comme le redoute Davies.

c. La programmation informatique : les enjeux d'une nouvelle traduction du réel

Au-delà de ces questions d'inclusion et de représentation dans la pratique du « faire », nous tenons à soulever ici quelques éléments de réflexion plus profonds sur ce que la programmation informatique représente. Instrument de pouvoir, elle impose ses restrictions et ses propres règles,

ce qui a eu des répercussions sur notre pratique. Force est de constater que coder est un langage qui contrôle de nombreux aspects de nos vies et ceux qui ne le parlent pas en sont exclus. Comme toutes langues, elle possède sa grammaire et ses expressions. Comme l'explique Baptiste Mèlès : « L'usage des langages de programmation concrets donne aussi lieu à une approche stylistique » (2016, p. 251). Il existe notamment des ouvrages où les programmeurs regroupent des conseils pour écrire avec style. Par ailleurs, la programmation est à la fois une émanation d'un système de pensée et son cadre.

Le code informatique repose sur une unité informatique, le *bit* (pour *BInary digiT*) et un système binaire : le 1 et le 0. Ces deux entités représentent la signification minimale d'un message qui peut être transmis, c'est-à-dire « oui » ou « non ». Cela a favorisé grandement le traitement de l'information de manière mathématique et logique. En effet, la quantité d'information mesurée par le code binaire « correspond exactement aux deux états que prend un relais téléphonique (ou un tube électronique) utilisé dans les calculateurs (laisse passer ou non un courant) » (Couchot, 1998, p. 81). À partir de cela, le réel est décomposé en code de manière à ce que l'ordinateur, ce méga-calculateur, comprenne les informations qui lui sont transmises par les humains. Ce qui amène Lev Manovich à affirmer que tous les processus sont réduits en deux composants : des algorithmes et des structures de données (2001). Ce sont donc des commandes de contrôle qui sont transmises pour que l'ordinateur exécute les tâches requises. Il s'agit alors d'une action de traduction du réel où tous les éléments de notre environnement sont réduits, traduits en un seul langage et condensés en représentations numériques. Il est intéressant de noter que Patrick Roy rapproche ce fonctionnement à celui de notre système nerveux qui gère les signaux électriques issus de nos sens pour nous conférer des sensations (2000). Lyman Brygson mettait déjà en avant l'idée que la « technologie est explication », qui revient à procéder à une sorte de « déchiffrement » ou « d'explications des formes de connaissances » (cité dans McLuhan, 1977, p. 79).

Cependant, cette explication est uniquement mathématique, ce qui a des effets sur la façon dont le monde est représenté, mais également sur la façon dont le monde est perçu par les humains qui traduisent l'environnement. En effet, les données n'apparaissent pas par elles-mêmes. Elles sont générées par le code, code qui a été créé par des humains et qui laisse transparaître les systèmes de pensée culturels. Concrètement, la programmation repose sur des structures qui fonctionnent en boucle, axées sur des commandes de type « if/then » (« si », « alors ») et de « repeat/while » (« répète », « pendant que ») (Manovich, 2001). Ce qui sous-entend de développer une certaine

manière de penser afin de communiquer avec notre interlocuteur qu'est la machine. L'information étant créée, acheminée, exécutée et archivée via un ordinateur, il est normal que le fonctionnement de cet objet devenu prédominant dans notre civilisation finisse par imposer ses propres règles à la logique traditionnelle des médias (Manovich, 2001). C'est ce que les enseignants en programmation nomment le « computational thinking » (Wing, 2006). La logique interne de ce mode de pensée s'appuie sur plusieurs aspects dont : les capacités d'abstraction et la généralisation de systèmes, une compréhension d'un système de symboles et de représentations, une logique conditionnelle, une modularisation des problèmes donnés qui reviennent à décomposer un problème particulier ainsi qu'une façon de penser systémique et itérative (Grover et Pea, 2013). Ces techniques lorsqu'elles sont appliquées de manière récurrente influencent le rapport au réel des personnes. Concrètement, la non-maîtrise du langage de programmation et de ses logiques internes nous a contraints. En effet, nous souhaitions concevoir une expérience physique où les participants se passeraient du langage pour ressentir ce que nous cherchions à exprimer. Or, le dispositif technologique que nous utilisons nous a demandé d'apprendre son propre langage, de nous soumettre à sa logique, afin de pouvoir nous extraire de celles que nous connaissions déjà. Il s'agissait donc d'une sorte de déplacement des contraintes et non de leur effacement. Notre projet tentait de s'émanciper des limites du langage présentées plus haut, mais nous les avons retrouvées, d'autant plus fortes que nous ne connaissions que peu cette nouvelle langue. La programmation informatique, nous demandait donc de traduire d'une façon précise ce que nous souhaitions faire, afin de pouvoir interagir avec la machine. Ce qui nous a grandement posé problème. Dans le cadre du « faire » il est possible de récupérer des morceaux de codes et de s'y appuyer pour réaliser des projets simples. Toutefois, comme toute langue, l'apprentissage de la totalité de la grammaire et de la logique interne n'est possible que par la pratique et donc par l'utilisation dans le temps. Par ailleurs, il est intéressant de constater que la façon dont nous communiquons avec cet instrument non-humain qu'est l'ordinateur, dénué de ce qui fait de nous des êtres sensibles, conditionne notre évolution dans le monde sensible. D'un savoir-faire purement technique pour provoquer les réactions d'un outil, la programmation semble ainsi s'être transformée en une condition *sine qua non* pour soumettre le réel à sa volonté.

Ainsi, tout au long de notre projet nous avons rencontré des difficultés importantes. Nous pensons qu'elles n'étaient dues qu'à nos limitations personnelles, mais nos recherches nous ont

permis de constater que nous incarnions également des dynamiques sociales qui expliquaient en partie nos problèmes dans la réalisation. Avec *OV2*, nous avons sauté à pieds joints dans la pratique du « faire », sans avoir d'autres bagage théorique en STEM que celui reçu au secondaire. Cela nous a permis de nous rendre compte que la création numérique via le « faire », malgré les propos prônés par le mouvement, ne s'adressait pas aux novices. Par ailleurs, notre statut de femme a également conditionné négativement nos échanges avec nos interlocuteurs, ce que de nombreuses autres « minorités » ressentent au sein de cette communauté. Enfin, notre absence de maîtrise du langage de programmation utilisé, a eu pour effet de nous ouvrir les yeux sur les enjeux de traduction du réel qu'implique la technologie. Toutefois, et malgré le fait que notre parcours ait été éprouvant cognitivement, nous avons tiré de nombreux enseignements de notre apprentissage sauvage. En outre, un des effets collatéraux de cette aventure a été de participer activement, et malgré nous, à la sensibilisation sur les phénomènes de neurodiversité et de synesthésie.

2. L'effet collatéral : sensibiliser à la neurodiversité et à la synesthésie

Après ces mois de travail sur *OV2*, nous en sommes arrivées à une conclusion inattendue. Il nous est en effet apparu que nous avons créé un contexte entier de travail dans l'unique but de vérifier une vieille sagesse populaire selon laquelle, se mettre à la place des autres nous permet de mieux les comprendre. Après tout, les fictions, qu'importe leur forme, sont basées sur le même principe (Jarvis, 2012), ce qui mène les chercheurs à affirmer que : « The act of transportation into the story and identification with the characters can lead to substantive changes in perception and worldview » (Rowe, 2018). Nous souhaitons donc avec notre prototype transposer cette supposition plutôt simple au domaine de la neurodiversité. Ainsi, nous voulions utiliser de nouveaux outils technologiques pour donner à vivre quelque chose d'inédit, dans le cadre d'une expérience artistique afin de générer de l'empathie envers les personnes neurodiverses. Ce qui aurait, *in fine*, participé à leur inclusion. Seulement, dans la mesure nous n'avons pas atteint nos objectifs de réalisation, notre prototype n'a jamais pu être testé dans les conditions que nous avions imaginées. Nous n'avons donc pas pu vérifier l'hypothèse selon laquelle l'implication physique et émotionnelle du spectateur, lui permet d'éprouver de l'empathie envers des personnes dont les fonctionnements neurocognitifs diffèrent de la norme. Cependant, nous avons eu l'occasion de

pousser aussi loin que possible notre question de recherche, à savoir, comment créer un prototype de machine capable d'imiter artificiellement les effets de la synesthésie tactile-olfactive chez les participants d'une expérience artistique. Au travers de ce processus de recherche sur la façon de concevoir et de réaliser ce prototype, nous avons pu éprouver notre compréhension du phénomène de la synesthésie, dont les enjeux sont bien plus vastes que ceux supposés au départ. Nous avons pu découvrir plus en profondeur la myriade de variations dans les fonctionnements neurocognitifs, mais aussi la foule de conséquences insoupçonnées que la synesthésie avait sur la vie quotidienne des synesthètes (isolement, vies sociale et sentimentale altérées par des perceptions omniprésentes, répercussions des aspects perceptifs sur d'autres domaines cognitifs tels que l'attention, les choix de vie etc...). De plus, plus nous avançons dans la compréhension des nuances de la synesthésie tactile-olfactive, plus nous constatons la difficulté de saisir la plénitude de l'expérience perceptive des personnes synesthètes avec un dispositif technologique. Selon nous, à l'heure actuelle, avec les outils à notre portée, il n'est possible de donner à vivre qu'une pâle simulation de ce phénomène. D'autant plus, qu'il ne faudrait pas oublier que nous ne nous sommes intéressées qu'à une des formes de synesthésie à la fois, alors que les synesthètes, dans la majorité des cas en vivent plusieurs simultanément (Day, 2011). Le cerveau, ses nuances et ses ramifications sont bien plus complexes à imiter que nous le supposions. Notre travail de recherche nous a donc permis de démystifier ce qu'était la synesthésie et la neurodiversité. Ce qui a eu pour conséquence inattendue de nous transformer bien malgré nous en une ambassadrice des deux sujets. En effet, nous n'avions pas anticipé la place que prendraient nos travaux dans notre vie, ni le fait que nous serions amenées à parler de ces conditions à un grand nombre de personnes. La synesthésie, comme nous l'avons vu, souffre d'un manque de reconnaissance de la part du grand public. Si sa visibilité dans les médias se développe grandement, elle est souvent reléguée au rang d'anomalie, transformant alors les synesthètes en des objets de foire, ou elle est au contraire considérée comme un « super pouvoir » mettant alors de côté les difficultés que peuvent rencontrer les synesthètes. Cela nous a mené à faire de la pédagogie auprès de nos interlocuteurs, deux années et demi durant. Force est de constater que la majorité d'entre eux n'avait jamais entendu parler de synesthésie, ou alors la rapprochait exclusivement de l'audition colorée. Que ce soit lors des événements de notre vie personnelle (dans les soupers, les visites de colocation, les fêtes diverses et variées) ou dans notre vie professionnelle (lors de présentations auprès du public universitaire, lorsque nous expliquions notre projet à des techniciens, ou encore dans nos emplois alimentaires), nous n'avons eu de cesse

de sensibiliser sur la synesthésie et la neurodiversité. Ainsi, l'un des effets collatéraux de notre démarche a été de sensibiliser les personnes pour qu'elles s'intéressent au phénomène et le respectent. Nous ne pourrions dire que nous avons généré de l'empathie par nos mots, mais nous avons au moins pu introduire ces notions complexes auprès de publics néophytes.

CONCLUSION

It's overwhelming to see sound and never be able to shut it off.

Finally, my wife moved us to Colorado to put me on medical marijuana. It does nothing to change my synesthesia, but sure helps my mind deal with the overload of input.

I have tried many drugs over the years, both legal and illegal. None of them has ever had any effect on my synesthesia. I have yet to find anything that changes it, even for a minute.

(D., 2019)

Cette tentative de médiation technologique de la synesthésie tactile-olfactive, s'est donc révélée être une entreprise hasardeuse. Conscientes de nos limites techniques, nous n'avons jamais eu la prétention de livrer un produit fini. L'intérêt de notre démarche a toujours résidé pour nous dans l'exploration et le processus de construction. Ainsi, grâce à la conception et à la réalisation partielle de *OV2*, nous avons pu approfondir notre compréhension des phénomènes perceptifs et sensoriels. Nous sommes allées à la rencontre d'un phénomène particulier, la synesthésie, et cela nous a conduit à détricoter des aspects à la fois techniques, culturels et structurels que nous n'avions pas anticipés. Concevoir un nouveau médium qui s'émancipe des rapports sensoriels basés sur les enjeux culturels de notre société, n'est pas une tâche aisée. Associer l'odorat au toucher représentait une certaine forme de subversion insoupçonnée. Nos travaux de recherche nous ont donc demandé d'aller au-delà des cadres dans lesquels nous évoluons quotidiennement. Les compétences techniques requises pour mettre au jour ce prototype nous ont démontré la complexité du phénomène que nous étudions. Les défis techniques n'ont pas été le reflet que de mes propres limitations personnelles, mais bien aussi celle des technologies elles-mêmes. Bien que nous n'ayons pas trouvé ce que nous cherchions, il nous semble que nous avons répondu en partie à notre question de recherche qui portait sur le « comment ».

D'autre part, notre parcours nous a mené vers d'autres rives que celles que nous souhaitions atteindre. Nous avons dérivé vers une exploration de la culture du « faire » en nous immergeant entièrement dans cet univers qui nous était inconnu. C'est notamment parce que nous avons eu besoin d'aller vers les autres pour trouver de l'aide que nous avons pu discuter avec un si grand

nombre de personnes autour de nos questions de recherches. Force est de constater que l'intérêt de nos interlocuteurs ne portait pas exclusivement sur les enjeux techniques, mais aussi sur le phénomène même que nous étudions. Tous ces échanges nous ont donné l'occasion de disséminer des informations sur la synesthésie et la neurodiversité auprès de publics très variés. Ainsi, notre projet n'aura pas été vain puisqu'il a contribué humblement à la sensibilisation à ces enjeux.

Nous pensons que *OV2* gagnerait à être amélioré par des personnes disposant de compétences techniques et de moyens plus importants que les nôtres. Une des suites possibles pourrait être l'organisation de « workshops » créatifs où des techniciens/amateurs d'électronique s'affronteraient durant un temps donné pour créer des prototypes autour de notre sujet de recherche et avec le même cahier des charges que le nôtre. En ce qui concerne l'exploration de la synesthésie tactile-olfactive, nous croyons qu'il serait pertinent de mener une étude auprès des personnes ayant des métiers manuels (massothérapeutes, ébénistes, sculpteurs, etc.) afin de répertorier la prévalence des synesthètes vivant avec cette forme. En effet, nous avons constaté que les synesthètes ont tendance à exercer des occupations professionnelles en lien avec leurs formes de synesthésie (parfumeurs avec des synesthésies olfactives, peintre avec des synesthésies visuelles etc...). Ce qui serait un moyen efficace de répondre au besoin de concevoir les études sur la synesthésie d'une manière plus « holistique » que soulève Ward dans son article *Synaesthesia: a distinct entity that is an emergent feature of adaptive neurocognitive differences* (2019). Par ailleurs, l'intérêt marqué pour la synesthésie des divers domaines de recherches en sciences et sciences sociales, nous laisse penser que cette condition n'a pas fini d'intriguer et que d'autres projets de médiations technologiques de la synesthésie verront certainement le jour dans un avenir proche.

BIBLIOGRAPHIE

- Alaoui-Ismaïli, O., Robin, O., Rada, H., Dittmar, A. et Vernet-Maury, E. (1997). Basic emotions evoked by odorants: comparison between autonomic responses and self-evaluation. *Physiology & Behavior*, 62(4), 713-720.
- Alper, M. (2013). *Making Space in the Makerspace: Building a Mixed-Ability Maker Culture*. Repéré à https://teethingontech.files.wordpress.com/2013/03/idc13-workshop_meryl-alper.pdf
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: Author.
- Anastasio, S. (2016, 26 juillet). Une chemise augmentée permet aux personnes sourdes de ressentir la musique [Podcast]. Repéré à <https://www.francemusique.fr/actualite-musicale/une-chemise-augmentee-permet-aux-personnes-sourdes-de-ressentir-la-musique-288>
- Ängeslevä, J., Bähr, B., Beckmann-Dobrev, B., Eichmann, U., Exner, K. et Gengnagel, C. (2015). The Results of Rethinking Prototyping. Dans Gengnagel, C., Nagy, E. et Stark, R. (Édit.), *Rethink! Prototyping. Transdisciplinary Concepts of Prototyping* (p. 201-238). Cham : Springer International Publishing.
- Arduino - Ultrasonic Sensor. (s. d.). *Tutorials Point*. Repéré à https://www.tutorialspoint.com/arduino/arduino_ultrasonic_sensor.htm
- Arduinobasics. (2014, 20 juillet). Arduino Basics: 433 MHz RF module with Arduino Tutorial 3. *Arduino Basics*. Repéré à <https://arduinobasics.blogspot.com/2014/07/433-mhz-rf-module-with-arduino-tutorial.html>
- Aristote. (1999). *De l'âme*. Paris : Éditions Flammarion.
- Armstrong, T. (2010). *Neurodiversity: Discovering the extraordinary gifts of autism, ADHD, dyslexia, and other brain differences*. Cambridge, MA: Da Capo Lifelong Books.
- Arning, B. (2006). Sissel Tolass. Dans Jones, C. (Édit.), *Sensorium: Embodied Experience, Technology, and Contemporary Art* (p. 98-103). Cambridge, MA : MIT Press.
- Asai, D. (2019). To learn inclusion skills, make it personal. *Nature*, 565(537). doi:[10.1038/d41586-019-00282-y](https://doi.org/10.1038/d41586-019-00282-y)
- Aumage, N. (2006). Construction de l'illusion. *Imaginaire Inconscient*, 1(17), 21-26. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-imaginaire-et-inconscient-2006-1-page-21.htm>

- Auvray, M. et Fuchs, P. (2007). Perception, immersion et interactions sensorimotrices en environnement virtuel, *Intellectica*, 1(45), 23-35. Repéré à <http://intellectica.org/SiteArchives/archives/n45/45-1-Auvray.pdf>
- Bach-y-rita, P. et Kerckel, S. W. (2003). Sensory substitution and the human-machine interface. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 7(2), 541–546. Repéré à <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364661303002900>
- Bach-y-Rita, P., Tyler, M. et Kaczmarek, K. A. (2003). Seeing with the Brain. *Int. J. Hum. Comput. Interaction*, 15, 285-295. doi :[10.1207/S15327590IJHC1502_6](https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1502_6)
- Banggood.com. (s. d.). 433Mhz RF Kit d'émetteur Avec Récepteur Pour Arduino ARM MCU Sans Fil carte de module pour arduino from électronique on banggood.com. www.banggood.com. Repéré à <https://www.banggood.com/fr/433Mhz-RF-Transmitter-With-Receiver-Kit-For-Arduino-ARM-MCU-Wireless-p-74102.html>
- Banissy, M. J., Kadosh, R. C., Maus, G. W., Walsh, V. et Ward, J. (2009). Prevalence, characteristics and a neurocognitive model of mirror-touch synaesthesia. *Experimental Brain Research*, 198(2), 261-272. doi:[10.1007/s00221-009-1810-9](https://doi.org/10.1007/s00221-009-1810-9)
- Banissy, M. et Ward, J. (2007). Mirror-touch synesthesia is linked with empathy. *Nature Neuroscience*, 10, (7),815-816. doi:[10.1038/nn1926](https://doi.org/10.1038/nn1926)
- Bao, M., Yang, L., Rios, C., He, B., and Engel, S. A. (2010). Perceptual learning increases the strength of the earliest signals in visual cortex. *J. Neurosci.* 30, 15080–15084.
- Barack, M. (2010). Motivating self-regulated learning in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 4 (20), 381-401. doi: [10.1007/s10798-009-9092-x](https://doi.org/10.1007/s10798-009-9092-x)
- Barnett, K. J., Finucane, C., Asher, J. E., Bargary, G., Corvin, A. P., Newell, F. N. et Mitchell, K. J. (2008). Familial patterns and the origins of individual differences in synaesthesia. *Cognition*, 106(2), 871-893. doi:[10.1016/j.cognition.2007.05.003](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.05.003)
- Baron-Cohen, S. (2017). Editorial Perspective: Neurodiversity – a revolutionary concept for autism and psychiatry. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 6(58), 744–747.
- Baron-Cohen, S., Johnson, D., Asher, J., Wheelwright, S., Fisher, S. E., Gregersen, P. K. et Allison, C. (2013). Is synaesthesia more common in autism? *Molecular Autism*, 4(1), 40. doi:[10.1186/2040-2392-4-40](https://doi.org/10.1186/2040-2392-4-40)
- Beden, Ö. (2017, 6 juillet). Simple Auto Fan. Basic instructions on building a simple auto fan. *Arduino. Project Hub*. Repéré à <https://create.arduino.cc/projecthub/omer-beden/simple-auto-fan-4b2a50>
- Beeli, G., Esslen, M. et Jäncke, L. (2005). Synaesthesia: When coloured sounds taste sweet. *Nature*, 434(7029), 38-38. doi:[10.1038/434038a](https://doi.org/10.1038/434038a)

- Bellshaw, G. (2018, 29 avril). Meet the people who can see sounds and touch smells. *Metro*. Repéré à <https://metro.co.uk/2018/04/29/meet-people-can-see-sounds-touch-smells-7504785/>
- Bernard, A. et Andrieu, B. (2014). *Manifeste des Arts Immersifs*. Nancy, France : Presses Universitaires de Nancy.
- Bianchini, S. et Fourmentraux, J.-P. (2007). Médias praticables : l'interactivité à l'œuvre. *Sociétés*, 2 (96), 91-104.
- Bianchini, S. (2009). .exp De l'expérimental à l'expérimentable. Dans E. During, L. Jeanpierre, C. Kihm et D. Zabunyan (dir.), *In actu de l'expérimental dans l'art* (p.285-305). Dijon, France : les Presses du réel
- Blake, N. (2019, 24 août). "Syns" of my old age. *Synesthesia List*.
- Blakemore, S.-J., Bristow, D., Bird, G., Frith, C. et Ward, J. (2005). Somatosensory activations during the observation of touch and a case of vision-touch synaesthesia. *Brain: A Journal of Neurology*, 128(7), 1571-1583. doi:[10.1093/brain/awh500](https://doi.org/10.1093/brain/awh500)
- Blanc-Gatti C. et Rambosson, Y. (1934). *Des sons et des couleurs*. Paris, France : les Éditions d'Art Chromophonique
- Boisclair, L (s.d) Arts immersifs, dispositifs & expériences et Manifeste des arts immersifs. Archée : revue d'art en ligne : arts médiatiques & cybercultures. Repéré à <http://archee.qc.ca/ar.php?page=article&no=489>
- Bolter, J. D. et Grusin, R. (2000). *Remediation. Understanding New Media*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Borgdorff, H. (2012). Artistic Research within the Fields of Science. Dans Borddorff, H. *The Conflict of Faculties. Perspectives on Artistic Research and Academia* (p. 74-103). Leiden, Pays-Bas : Leiden University Press.
- Boroditsky, L., Fuhrman, O. et McCormick, K. (2011). Do English and Mandarin speakers think about time differently? *Cognition*, 118(1), 123-129. doi:[10.1016/j.cognition.2010.09.010](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.09.010)
- Boucher, M. (s. d.). Kinetic Synaesthesia: Experiencing Dance in Multimedia Scenographies. Repéré à <https://contempaesthetics.org/newvolume/pages/article.php?articleID=235>
- Boudreault A. et Ntetu, A-L. (2006). Toucher affectif et estime de soi des personnes âgées. *Recherche en soins infirmiers*, 3(86), 52-67. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-recherche-en-soins-infirmiers-2006-3-page-52.htm>
- Boutaud, J. J. et Martin-Juchat, F. (2006). La communication du sensible médiée par l'Internet. *Interin*, 1(1), 1-20.

- Boutet, D. (2013). Vision and Experience: The Contribution of Art to Transdisciplinary Knowledge. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 4. doi:[10.22545/2013/00038](https://doi.org/10.22545/2013/00038)
- Boutet, D. (2018). La création de soi par soi dans la recherche-création : comment la réflexivité augmente la conscience et l'expérience de soi. *Approches inductives : Travail intellectuel et construction des connaissances*, 5(1), 289-310. doi:[10.7202/1045161ar](https://doi.org/10.7202/1045161ar)
- Bréchet, J.-P. et Gigand, G. (2015). La perception au fondement de la connaissance. *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 23(2), 120-132. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2015-2-page-120.htm>
- Brey, P. A. E. (2000). Theories of Technology as Extension of Human Faculties. Dans C. Mitcham ( dit.), *Metaphysics, Epistemology and Technology (Research in Philosophy and Technology)* (p. 59-78). Londres, Royaume-Uni : Elsevier/JAI Press.
- Bufalari, I., Aprile, T., Avenanti, A., Di Russo, F. et Aglioti, S. M. (2007). Empathy for Pain and Touch in the Human Somatosensory Cortex. *Cerebral Cortex*, 17(11), 2553-2561. doi:[10.1093/cercor/bhl161](https://doi.org/10.1093/cercor/bhl161)
- Bull, M. (2006). *Mediation*. Dans Jones, C. (dir.) *Sensorium - Embodied Experience, Technology, and Contemporary Art*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Bullock, S. M. et Sator, A. J. (2015). Maker pedagogy and science teacher education. *Journal of the Canadian Association for Curriculum Studies*, 13(1), 60-87. Repéré   <https://jcaacs.journals.yorku.ca/index.php/jcaacs/article/viewFile/40246/36047>
- Butler, D. L. et Winne, P. H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of Educational Research*, 65(3), 245-281. Repéré   https://www.jstor.org/stable/1170684?seq=1#page_scan_tab_contents
- C novas, P. et Sancho A (R alisateur). (2014). *Sinestesia. Arte, dolor y sexo* [Vid o en ligne]. Repéré   https://www.youtube.com/watch?time_continue=2261&v=FNHhh2Ml5rM
- Camburn, B. A., Sng, K. H., Perez, K. B., Otto, K., Wood, K. L., Jensen, D. et Crawford, R. (2015). The Way Makers Prototype: Principles of DIY Design. *ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, 27, 1-10. doi:[10.1115/DETC2015-46295](https://doi.org/10.1115/DETC2015-46295)
- Carlsson, K., Petrovic, P., Skare, S., Petersson, K. M. et Ingvar, M. (2000). Tickling Expectations: Neural Processing in Anticipation of a Sensory Stimulus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(4), 691-703. doi:[10.1162/089892900562318](https://doi.org/10.1162/089892900562318)
- Carvalho, J. (s. d.). Josely Carvalho - Installations - Glass Ceiling. Repéré à <https://www.joselycarvalho.com/glass-ceiling-installation-en>

- Casati, R. et Dokic, J. (2011). Les modalités sensorielles : science et sens commun. *Le Journal des psychologues*, 2(285), 32-36. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-le-journal-des-psychologues-2011-2-page-32.htm>
- Caspar, É. A. et Kolinsky, R. (2013). Revue d'un phénomène étrange : la synesthésie. *L'Année psychologique*, Vol. 113(4), 629-666. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-l-annee-psychologique1-2013-4-page-629.htm>
- Cauquelin, A. (2003). L'interface : Le passage d'une philosophie du goût à une philosophie de l'action. Dans Poissant, L. (dir). *Esthétique des arts médiatiques* (p. 231-237). Québec, QC : Presses universitaires du Québec.
- Chamak B. (2015) Le concept de neurodiversité ou l'éloge de la différence Dans Déchamp-Le Roux C. et Florentina R. (dir.), *Regards croisés sur l'idée de guérison et de rétablissement en santé mentale*. Montrouge, France : John Libbey Eurotext.
- Chamak, B. et Bonniau B. (2014) Neurodiversité : une autre façon de penser. Dans Chamak B. et Moutaud B. (dir.), *Neurosciences et Société : enjeux des savoirs et pratiques sur le cerveau* (p. 211-230). Paris, France : Armand Colin.
- Chapman, O. B. et Sawchuk, K. (2012). Research-Creation: Intervention, Analysis and « Family Resemblances ». *Canadian Journal of Communication*, 37(1). doi:[10.22230/cjc.2012v37n1a2489](https://doi.org/10.22230/cjc.2012v37n1a2489)
- Chapman, O. et Sawchuk, K. (2015). Creation-as-Research: Critical Making in Complex Environments. *RACAR : Revue d'art Canadienne*, 40(1), 49. doi:[10.7202/1032753ar](https://doi.org/10.7202/1032753ar)
- Charny, D. (2012). The Power of Making. Dans *Critical Making*, 4, Repéré à <http://conceptlab.com/criticalmaking/PDFs/CriticalMaking2012Hertz-Manifestos-pp01to06-Charny-PowerOfMaking.pdf>
- Chastrette, M. (1981). An approach to a classification of odours using physicochemical parameters. *Chemical Senses*, 6(3), 157–163. <https://doi.org/10.1093/chemse/6.3.157>
- Chillón, J. M. (2017). Ready-to-Hand in Heidegger. Philosophy as an Everyday Understanding of the World and the Question Concerning Technology. Dans M. Bertolaso et N. Di Stefano (dir.), *The Hand: Perception, Cognition, Action* (p. 115-126). Cham, Suisse : Springer International Publishing. doi:[10.1007/978-3-319-66881-9_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66881-9_7)
- Citton, Y. (2018). Post-scriptum sur les sociétés de recherche-création. Dans Manning, E. et Massumi, B. (dir). *Pensée en acte, vingt propositions pour la recherche-création* (p. 97-124). Dijon, France : Les presses du réel.
- Cohen, L. et Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *NeuroImage*, 22(1), 466-476. doi:[10.1016/j.neuroimage.2003.12.049](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.12.049)

- Compeán, F. J. G. (2014). El arte sinestésico y sus dispositivos : Una breve exploración histórica, *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(1), 197-203. Repéré à <http://www.reibci.org/publicados/2014/mayo/4567425.pdf>
- Commission Européenne. (2009). *She Figures. Statistics and Indicators on Gender Equality in Science*. Repéré à https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/she_figures_2009_en.pdf
- Conésa, J-C. (2009). L'expérimentation comme appropriation du réel. Dans E. During, L. Jeanpierre, C. Kihm et D. Zabunyan (dir.), *In actu de l'expérimental dans l'art* (p.355-360). Dijon, France : les Presses du réel
- Conseil de Recherche en Sciences Humaines du Canada (CRSH). (2019). Définition de la recherche-crédation. Repéré à <https://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/programmes-programmes/definitions-fra.aspx#a25>
- Corbin, A. (1982). *Le miasme et la jonquille, l'odorat et l'imaginaire social 18e-19e siècles*. Paris, France : Aubier Montaigne.
- Costa, J. M. (2006). Inside the Computer's Heart. Synesthesia in the Digital Era. *Artecontexto*, 1(11), 38-43.
- Couchot, E. (1998). *La technologie dans l'art. De la photographie à la réalité virtuelle*. Nîmes, France : Jacqueline Chambon Éditeur.
- Covarrubias, P., Jiménez, Á. A., Cabrera, F. et Costall, A. (2017). The Senses Considered as Perceptual Systems: The Revolutionary Ideas of Gibson's 1966 Book, 50 Years Later - Part 1. *Ecological Psychology*, 29(2), 69-71. doi:[10.1080/10407413.2017.1297680](https://doi.org/10.1080/10407413.2017.1297680)
- CrashCourse. (s. d.). *Sensation and Perception: Crash Course Psychology #5* [Vidéo en ligne]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=unWnZvXJH2o>
- Crist, R. E., Li, W., and Gilbert, C. D. (2001). Learning to see: experience and attention in primary visual cortex. *Nat. Neurosci.* 4, 519–525.
- Crockett, Z. (2018). The failed quest to bring « Smell-O-Vision » to the internet. *The Hustle*. Repéré à <https://thehustle.co/digiscents-ismell-fail>
- Csikszentmihalyi, C. (2006). Control. Dans Jones, C. (dir). *Sensorium - Embodied Experience, Technology, and Contemporary Art* (p.125-127). Cambridge, MA : MIT Press.
- CTRL-labs. (2018, 1 mai). Mission. *CTRL-labs*. Repéré à <https://www.ctrl-labs.com/mission/>
- Cytowic, R. E. (2018). *Synesthesia*. Cambridge, MA : The MIT Press.
- Cytowic, R. E. (1989). *Synesthesia: A Union of the Senses*, New York: Springer Verlag.

- Cytowic, R. E. et Eagleman, D. M. (2009). *Wednesday is indigo blue: discovering the brain of synesthesia*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Dagnino, R. (2014). *Social Technology: Conceptual and Methodological Contributions*. Florianopolis: Insular/EdUEPB.
- Danthiir, V., Roberts, R. D., Pallier, G. et Stankov, L. (2001). What the nose knows: olfaction and cognitive abilities. *Intelligence*, 29(4), 337-361. doi:[10.1016/S0160-2896\(01\)00061-7](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(01)00061-7)
- Danziger, N., Prkachin, K. M. et Willer, J.-C. (2006). Is pain the price of empathy? The perception of others' pain in patients with congenital insensitivity to pain. *Brain: A Journal of Neurology*, 129(Pt 9), 2494-2507. doi:[10.1093/brain/aw1155](https://doi.org/10.1093/brain/aw1155)
- Davies, I. R. L., Sowden, P. T., Jerrett, D. T., Jertett, T. et Corbett, G. G. (1998). A cross-cultural study of English and Setswana speakers on a colour triads task: A test of the Sapir—Whorf hypothesis. *British Journal of Psychology*, 89(1), 1-15. doi:[10.1111/j.2044-8295.1998.tb02669.x](https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1998.tb02669.x)
- Davies, S. R. (2017). *Hackerspaces: Making the Maker Movement*. Malden, MA : Polity Press.
- Day, S. (2005). Some Demographic and Social-Cultural Aspects of Synesthesia. Dans Robertson L. et Sagiv, N. (Édit.), *Synesthesia. Perspectives from Cognitive Sciences* (p. 11-34). Oxford : Oxford University Press.
- Day, S. (2011). Types-of-Syn. *Day Syn*. Repéré à <http://www.daysyn.com/Types-of-Syn.html>
- D'Hainaut, L. (1986). *L'interdisciplinarité dans l'enseignement général* (n° ED-86/WS/78). Paris, France : UNESCO. Repéré à http://www.unesco.org/education/pdf/31_14_f.pdf
- Debrégeas, G., Prevost A. et Scheibert, J. (2009). Toucher digital humain : transduction mécanique de l'information tactile et rôle des empreintes digitales. *Images de la Physique*, 11-17. Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00444839/document>
- De Chantal, J. (2019, 27 août). Visuals and texture. *Synesthesia List*.
- De Cupere, P. (2013). Olfacio. Repéré à <http://www.olfacio.be/>
- Debray, R. (2000). *Introduction à la médiologie*. Paris, France : Presses universitaires de France.
- Decety, J. et Grèzes, J. (2006). The power of simulation: imagining one's own and other's behavior. *Brain Research*, 1079(1), 4-14. doi:[10.1016/j.brainres.2005.12.115](https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.12.115)
- Delgado, T. C., Beltrán, E. M., Ballesteros, M. et Salcedo, J. P. (2015). La investigación-creación como escenario de convergencia entre modos de generación de conocimiento. *Iconofacto*, 11(17), 10-28. Repéré à <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6302065>

- Depambour, G. (2017, 21 juillet). Voici le premier écran vraiment tactile. *Science & Vie*. Repéré à <https://www.science-et-vie.com/technos-et-futur/voici-le-premier-ecran-vraiment-tactile-40090>
- Desjardins, M.-L. (2016, 5 février). Art & Olfaction. L'odeur encensée. *ArtsHebdoMédias*. Repéré à <http://artshebdomedias.com/article/050216-art-olfaction-odeur-encensee/>
- Dewey, J. (2005). « La réalité comme expérience ». *Tracés. Revue de Sciences humaines*, (9), 83-91. doi:[10.4000/traces.204](https://doi.org/10.4000/traces.204)
- Dias, N. (2016). La sensibilité tactile, ou le compas de Weber. *Hermes, La Revue*, n° 74(1), 139-142. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2016-1-page-139.htm?contenu=resume>
- Dias, R. et Smith, A. (2018) Making in Brazil: can we make it work for social inclusion? *Journal of Peer Production*, 12 (1), 43-59. Repéré à <http://peerproduction.net/wp-content/uploads/2018/06/Dias-Smith-Making-in-Brazil-clear.pdf>
- Diaz Caviedes, R. (2013, 9 octobre). Cromopianos, órganos de color y cromatófonos: así fracasó la música para los ojos. *Jot Down Cultural Magazine*. Repéré à <https://www.jotdown.es/2013/10/cromopianos-organos-de-color-y-cromatofonos-asi-fracaso-la-musica-para-los-ojos/>
- Dillon. (2019, 23 août). “Syns” of my old age. *Synesthesia List*.
- Dixon, M. J., Smilek, D. et Merikle, P. M. (2004). Not all synaesthetes are created equal: Projector versus associator synaesthetes. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4(3), 335-343. doi:[10.3758/CABN.4.3.335](https://doi.org/10.3758/CABN.4.3.335)
- Dombois, F. (2009). L'art comme recherche. Dans E. During, L. Jeanpierre, C. Kihm et D. Zabunyan (dir.), *In actu de l'expérimental dans l'art* (p.191-202). Dijon, France : les Presses du réel
- Doueck. (s. d.). Robot-In-A-Can. *Robot In A Can*. Repéré à <https://robotinacan.com/products/robot-in-a-can>
- Dougherty, D. (2019). Empowering Makers: Join the Make Community at community.make.co. *Maker Faire*. Repéré à <https://make.co>
- Dreyfus, S. E. (2004). The Five-Stage Model of Adult Skill Acquisition. *Bulletin of Science Technology & Society*, 24(3), 177-181. doi:[10.1177/0270467604264992](https://doi.org/10.1177/0270467604264992)
- Dreyfus, S. E. et Dreyfus, H. (1986). *Mind Over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of the Computer*. New York : The Free Press.

- Dubois, D. (2006). Des catégories d'odorants à la sémantique des odeurs. Une approche cognitive de l'olfaction. *Terrain. Anthropologie & sciences humaines*, (47), 89-106. doi:[10.4000/terrain.4263](https://doi.org/10.4000/terrain.4263)
- Dumez, H. (2007). Un contre modèle de l'action : l'expérience selon Dewey. *Le Libellio d'ÆGIS*, 3(4), 18-24.
- Durie, B. (2005). Senses special: Doors of perception. *New Scientist*. Repéré à <https://www.newscientist.com/article/mg18524841-600-senses-special-doors-of-perception/>
- Durt, C., Fuchs, T. et Tewes, C. (2017). *Embodiment, Enaction, and Culture*. Cambridge, MA : MIT Press.
- During, E. (2009). Quelques régimes d'expérimentation. Dans During, E., Jeanpierre, L, Kihm, C. et Zabunyan, D. (Édit.) (2009). *In actu – De l'expérimental dans l'art* (p.361-392). Dijon, France : Les presses du réel.
- During, E., Jeanpierre, L, Kihm, C. et Zabunyan, D. (Édit.) (2009). *In actu – De l'expérimental dans l'art*. Dijon, France : Les presses du réel.
- Eagleman, D. M., Kagan, A. D., Nelson, S. S., Sagaram, D. et Sarma, A. K. (2007). A standardized test battery for the study of synesthesia. *Journal of neuroscience methods*, 159(1), 139-145. doi:[10.1016/j.jneumeth.2006.07.012](https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.07.012)
- Eisner, W. E. (1997). The promise and perils of alternative forms of data representation. *Educational Researcher*, 6 (26), 4-10.
- Ekblad, L. (2013). Autism, Personality, and Human Diversity: Defining Neurodiversity in an Iterative Process Using Aspie Quiz. *SAGE Open*, 3(3). doi:[10.1177/2158244013497722](https://doi.org/10.1177/2158244013497722)
- El Hady Ba, M. (2012). L'interface Langage/Pensée. *Linguistique*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS).
- Entiversal. (2018). *Consciousness: The Neuroscience of Perception, illusion & Cognition. How Your Brain Works: Anil Seth* [Vidéo en ligne]. Repéré à https://www.youtube.com/watch?v=M_Uqw6JGEG8
- Etzkowitz, H., Fuchs, S., Gupta, N., Kemelgor, C. et Ranga, M. (2008). The Coming Gender Revolution in Science. Dans E. J. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch et J. Wajcman (dir.), *The Handbook of Science and Technology Studies* (p. 403-428). Cambridge, MA : MIT Press.
- Evans, B. (2011). *Beginning Arduino Programming. Writing code for the most popular microcontroller board of the world*. New York : Springer.

- Exner, K., Sternitzke, A., Kind, S. et Beckmann-Dobrev, B.(2015). Hybrid Prototyping. Dans Gengnagel, C., Nagy, E. et Stark, R. (Édit.), *Rethink! Prototyping. Transdisciplinary Concepts of Prototyping* (p. 89-128). Cham : Springer International Publishing.
- FAQ : Synaesthesia research : University of Sussex. (s.d) Repéré à <http://www.sussex.ac.uk/synaesthesia/faq#difftypes>
- Fichier : CodeVentilateur.jpg. (2013, 15 janvier). *Wikidébrouillard*. Repéré à <http://www.wikidebrouillard.org/index.php?title=Fichier:CodeVentilateur.jpg>
- Findeli, A. (2010). Préface. Dans *Recherche-création en design. Modèles pour une pratique expérimentale* (p. 11-14). Genève, Suisse : Métis Presses.
- Finlay, R. (2007). Weaving the Rainbow: Visions of Color in World History. *Journal of World History*, 18(4), 383-431. doi:[10.1353/jwh.2008.0001](https://doi.org/10.1353/jwh.2008.0001)
- Fioravanti, I. (s. d.). Les formes de l'intangible by Ilona Fioravanti - issuu. Repéré à https://issuu.com/ilonafioravanti7/docs/2014_imgd2_fioravanti_ilona_me_moi
- Fisher, C. (2015). Mentoring Research-Creation: Secrets, Strategies, and Beautiful Failures. *RACAR : Revue d'art Canadienne*, 40(1), 46. doi:[10.7202/1032752ar](https://doi.org/10.7202/1032752ar)
- Fitzgibbon, B. M., Enticott, P. G., Rich, A. N., Giummarra, M. J., Georgiou-Karistianis, N. et Bradshaw, J. L. (2012). Mirror-sensory synaesthesia: Exploring 'shared' sensory experiences as synaesthesia. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(1), 645-657. doi:[10.1016/j.neubiorev.2011.09.006](https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.09.006)
- Forest, D. (2016). Les ambiguïtés de la neurodiversité : Un droit à la différence ? *médecine/sciences*, 32(4), 412-416. doi:[10.1051/medsci/20163204021](https://doi.org/10.1051/medsci/20163204021)
- Formis, B. (2009.). Richard Shusterman, Conscience du corps. Pour une soma-esthétique. *Mouvements*. Repéré à https://www.cairn.info/revue-mouvements-2009-1-page-155.htm?try_download=1
- Fortin, S. (2006). Apports possibles de l'ethnographie et de l'autoethnographie pour la recherche en pratique artistique. Dans Gosselin, P. et Le Cogniec, E. L. (dir) *La recherche création : pour une compréhension de la recherche en pratique artistique* (p. 97-109). Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Foucault, M. (1994). *Dits et écrits : 1954-1988. Tome IV (1980-1988)*. Paris, France : Gallimard.
- Fouquier, H. (1891). L'Art Mystique. *Le Figaro*.
- Fraisse, P. (2005). La prise d'information. Sensations et perceptions. *Que sais-je ?*, (13e éd.), 22-35. Paris, France : Presses universitaires de France.

- France Culture. (2018.). Étude de la conscience par interfaces cerveau-machine. *La recherche montre en main* [Podcast]. Repéré à <https://www.franceculture.fr/emissions/la-recherche-montre-en-main/la-recherche-montre-en-main-du-mercredi-24-octobre-2018>
- Freedberg, D. et Gallese, V. (2007). Motion, emotion and empathy in esthetic experience. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(5), 197-203. doi:[10.1016/j.tics.2007.02.003](https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.02.003)
- Fullen, A., Lüdtke, U. M., Racine, T. P. et Zlatev, J. (dir.). (2012). *Moving ourselves, moving others - Motion and emotion in intersubjectivity, consciousness and language*. Amsterdam, Pays-Bas : John Benjamins Publishing Company.
- Future of StoryTelling. (2018). *The Neuroscience of Perception* [Vidéo en ligne]. Repéré à https://www.youtube.com/watch?v=yMjvjw_LRHU
- Gaimari, C. (2013). Dawn Goldworm. *Purple*. Repéré à <https://purple.fr/magazine/ss-2013-issue-19/dawn-goldworm/>
- Ganaz, F. (s. d.). Littre - prototype - définition, citations, étymologie. Repéré à <https://www.littre.org/definition/prototype>
- Garcia, V. (2016, 26 décembre). « Premier contact » : l'hypothèse de Sapir-Whorf déchiffrée par une linguiste. *L'Express.fr*. Repéré à https://www.lexpress.fr/culture/cinema/premier-contact-l-hypothese-de-sapir-whorf-dechiffree-par-une-linguiste_1863639.html
- Gélard, M.-L. et Sirost, O. (2010). Corps et langages des sens. *Communications*, n° 86(1), 7-14.
- Genest, V. (2014). Rêves de L'Infini - Réflexions sur l'installation immersive interactive (mémoire de maîtrise, Université de Laval, Canada). Repéré à <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/25334/1/30213.pdf>
- Gengnagel, C., Nagy, E. et Stark, R. (Édit.). (2015). *Rethink! Prototyping: Transdisciplinary Concepts of Prototyping*. Cham, Suisse : Springer International Publishing.
- Georges Vanor. (1889). *L'art symboliste*. Paris, France : Chez le Bibliopole Vanier.
- Gessner, C., Rondelet, G., Belon, P., Carronus, J. et Wolf, H. K. (1551). *Historiæ animalivm ... Tigvri* [Zurich] : Apvd Christ. Froschovervm. Repéré à http://archive.org/details/gri_33125010867691
- Ghedighian-Courier, J.-J. (2006). Le toucher, un sens aux multiples avatars. *Cahiers jungiens de psychanalyse*, n° 118(2), 17-28.
- Gibbons, B. (1986, septembre). The intimate sense of smell. *National Geographic Review*. 324-361.
- Gibson, J. J. (1978). The Ecological Approach to the Visual Perception of Pictures. *Leonardo*, 11(3), 227. doi:[10.2307/1574154](https://doi.org/10.2307/1574154)

- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Houston, TX : Houghton Mifflin.
- Gille, B. et al. (1986). *The History of Techniques: Techniques and Sciences* (vol. 2). Londres, Royaume-Uni : Gordon and Breach.
- Gnaedinger, A. (2016). *Le son de la rose : comment le cerveau traite-t-il l'interaction multisensorielle audio-olfactive ?* (Thèse de doctorat, Université Paris-Saclay). Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01416306>
- Gosain, D. et Sajwan, M. (2014). Aroma Tells a Thousand Pictures: Digital Scent Technology a New Chapter in IT Industry, *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4 (4). 2804-20812. Repéré à <https://inpressco.com/wp-content/uploads/2014/08/Paper972804-2812.pdf>
- Gosselin, P. (2006). La recherche en pratique artistique. Dans Gosselin, P. et Le Cogniec, E. L. (dir) *La recherche création : Pour une compréhension de la recherche en pratique artistique*. p. 21-32. Montréal, QC : Les Presses de l'Université du Québec.
- Gosselin, P. et Cogniec, É. L. (2006). *La recherche-crédation : Pour une compréhension de la recherche en pratique artistique*. Montréal, QC : Les Presses de l'Université du Québec.
- Gouvernement du Canada, Centre de recherches en sciences humaines. (2012, 11 mai). Conseil de recherches en sciences humaines. Repéré à <http://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/programs-programmes/definitions-fra.aspx#a25>
- Grammer, K., Fink, B. et Neave, N. (2005). Human pheromones and sexual attraction. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 118(2), 135-142. doi:[10.1016/j.ejogrb.2004.08.010](https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2004.08.010)
- Grandin, T. (s. d.). Welcome to Temple Grandin's Official Autism Website. Repéré à <https://www.templegrandin.com/>
- Gridley, M. C. (2007). Differences in Thinking Styles of Artists and Engineers. *The Career Development Quarterly*, 56(2), 177-182. doi:[10.1002/j.2161-0045.2007.tb00030.x](https://doi.org/10.1002/j.2161-0045.2007.tb00030.x)
- Griffin, E. (2017). BRAIN.HE - Best Resources for Achievement and Intervention re Neurodiversity in Higher Education. Repéré à <http://www.brainhe.com/>
- Grossenbacher, P. G. et Lovelace, C. T. (2001). Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(1), 36-41. doi:[10.1016/S1364-6613\(00\)01571-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01571-0)
- Grover, S. et Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42, 38-43. doi:[10.3102/0013189X12463051](https://doi.org/10.3102/0013189X12463051)

- Gsoellpointner, K. (2015). DIGITAL SYNESTHESIA. The Merge of Perceiving and Conceiving. *The Moving Image Studies*, 1, 109-133.
- Gsöllpointner, K., Schnell, R. et Schuler, R. K. (Edit.) (2016). *Digital Synesthesia: A Model for the Aesthetics of Digital Art*. Berlin, Allemagne : Walter de Gruyter.
- Guéneau, C. (2005). L'interactivité : une définition introuvable. *Communication & Langages*, 145(1), 117-129. doi:[10.3406/colan.2005.3365](https://doi.org/10.3406/colan.2005.3365)
- Gusdorf, G. (1977). *La parole* (8^e édition). Paris, France : Presses Universitaires de France.
- Hap2U. (2019, 18 mars). Multi-material demos. *Hap2U*. Repéré à <https://www.hap2u.net/multi-material-demos/>
- Hatwell, Y. (1994). Transferts intermodaux et intégration intermodale. Dans M. Richelle, J. Requin, et M. Robert (Edit.), *Traité de Psychologie Expérimentale* (p. 543-584). Paris : Presses Universitaires de France.
- Heil, J. (2011). The Senses, excerpt from Perception and Cognition. Dans Macpherson, F. (Edit), *The Senses: Classic and Contemporary Philosophical Perspectives* (p. 136-155). New York : Oxford University Press.
- Henderson, V. (1994). *La Nature des soins infirmiers*. Montréal, QC : Renouveau Pédagogique.
- Hertz, G. (2011). Arduino Microcontrollers and the Queen's Hamlet: Utilitarian and Hedonized DIY Practices in Contemporary Electronic Culture. *Integration through computation: proceedings of the 31st Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture*. Repéré à https://www.academia.edu/1311021/Arduino_Microcontrollers_and_the_Queens_Hamlet_Utilitarian_and_Hedonized_Diy_Practices_in_Contemporary_Electronic_Culture_ACADIA_2011
- Herz, R. S. et Inzlicht, M. (2002). Sex differences in response to physical and social factors involved in human mate selection: The importance of smell for women. *Evolution and Human Behavior*, 23(5), 359-364. doi:[10.1016/S1090-5138\(02\)00095-8](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(02)00095-8)
- Heyes, C. et Catmur, C. (2015). A task control theory of mirror-touch synesthesia. *Cognitive neuroscience*, 6(2-3), 141-142. doi:[10.1080/17588928.2015.1057485](https://doi.org/10.1080/17588928.2015.1057485)
- Holley, A. (2016). À propos du renouveau des recherches sur l'olfaction. *Hermès, La Revue*. 1(74), 83-88. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2016-1-page-83.htm>
- Holz, P. (2007). Cognition, olfaction and linguistic creativity. Dans Marina Plümacher et Peter Holz (Edit), *Speaking Colors and Odors* (p.185-202). Amsterdam, Pays-Bas : John Benjamins Publishing Company

- How to Mechatronics. (2015). *Ultrasonic Sensor HC-SR04 and Arduino Tutorial*. [Vidéo en ligne] Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=ZejQOX69K5M&feature=youtu.be&fbclid=IwAR2r5uxqhKI15FWc3oNsoJF-zTwbkx2Sx24xQeP9bD3n65twF71oWvs3Jw>
- Howes, D. (1986). Le sens sans parole : vers une anthropologie de l'odorat. *Anthropologie et Sociétés*, 10(3), 29. doi:[10.7202/006362ar](https://doi.org/10.7202/006362ar)
- Howes, D. (2010). L'esprit multisensoriel, ou la modulation de la perception. *Communications*, 1(86), 37-46
- Howes, D. et Classen, C. (2014). *Way of Sensing, Understanding the Senses in Society*. Londres, Royaume-Uni : Routledge.
- Hubbard, E. M. (2007). Neurophysiology of synesthesia. *Current Psychiatry Reports*, 9(3), 193-199. doi:[10.1007/s11920-007-0018-6](https://doi.org/10.1007/s11920-007-0018-6)
- Hubbard, E. M. (s. d.). L'étrange monde de la synesthésie. *Site des ressources d'ACCES pour enseigner la Science de la Vie et de la Terre*. Repéré à http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/neurosciences/apprentissage/association_perceptives
- Hunter, L. (2009). Situated Knowledge. Dans S. R. Riley et L. Hunter (dir.), *Mapping Landscapes for Performance as Research: Scholarly Acts and Creative Cartographies* (p. 151-153). Londres, Royaume-Uni : Palgrave Macmillan. doi:[10.1057/9780230244481_23](https://doi.org/10.1057/9780230244481_23)
- Hurst, A., et Tobias, J. (2011). Empowering individuals with do-it-yourself assistive technology. *ASSETS '11: Proceedings of the 13th International ACM SIGACCESS*. 11-18.
- Husserl, E. (1982). *Recherches phénoménologiques pour la constitution*. Paris, France : Presses Universitaires de France.
- Huygue, P.-D. (2017). *Contre-temps. De la recherche et de ses enjeux. Arts, architecture, design*. Paris, France : B42.
- Jaarsma, P. et Welin, S. (2012). Autism as a Natural Human Variation: Reflections on the Claims of the Neurodiversity Movement. *Health Care Analysis*, 20(1), 20-30. doi:[10.1007/s10728-011-0169-9](https://doi.org/10.1007/s10728-011-0169-9)
- Ihde, D. (1979). *Technics and Praxis*. Cham : Springer International Publishing.
- Igoe, T. (2017). *Making Things Talk: Using Sensors, Networks, and Arduino to See, Hear, and Feel Your World* (3^e éd.). Sebastopol, Canada : Maker Media, Inc.
- Ingold, T. (2013). *Making: Anthropology, Archaeology, Art and Architecture*. Abingdon-on-Thames, Royaume-Uni : Routledge.

- Jackson, T. E. et Sandramouli, S. (2012). Auditory-Olfactory Synesthesia Coexisting With Auditory-Visual Synesthesia. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, 32(3), 221. doi:[10.1097/WNO.0b013e31825d3c44](https://doi.org/10.1097/WNO.0b013e31825d3c44)
- Janesick, V. J. (2001). Intuition and Creativity: A Pas de Deux for Qualitative Researchers. *Qualitative Inquiry*, 7(5), 531-540. doi:[10.1177/107780040100700501](https://doi.org/10.1177/107780040100700501)
- Jarvis, C. (2012). Fiction, empathy and lifelong learning. *International Journal of lifelong education*. 31:6, 743-758. doi: [10.1080/02601370.2012.713036](https://doi.org/10.1080/02601370.2012.713036)
- Jha, R. (s. d.). Suggest me a power source for my Arduino UNO project. *Arduino Stack Exchange*. Repéré à <https://arduino.stackexchange.com/questions/13778/suggest-me-a-power-source-for-my-arduino-uno-project>
- Jones, C. (dir.). (2006). *Sensorium - Embodied Experience, Technology, and Contemporary Art*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Jones, C. (2010). Sense. Dans W. J. T. Mitchell et M. B. N. Hansen (dir.), *Critical Terms for Media Studies*. Chicago, IL : The University of Chicago Press.
- Jones, D. (2017, 14 février). On a demandé à une personne atteinte de synesthésie quel goût avaient ces chansons. *Vice*. Repéré à <https://www.vice.com/fr/article/kbp45v/we-asked-a-guy-with-synaesthesia-what-a-bunch-of-songs-taste-like>
- Joost, K. (2014). Notes on the movement. Dans Walter-Herrmann, J. et Büching, C. (Edit.) *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors* (p. 27-31). Bielefeld, Allemagne : Transcript-Verlag.
- Jorland, G. et Thirioux, B. (2008). Note sur l'origine de l'empathie. *Revue de métaphysique et de morale*, 2(58), 269-280.
- Joy, A. et Sherry, J. F. (2003). Speaking of Art as Embodied Imagination: A Multisensory Approach to Understanding Aesthetic Experience. *Journal of Consumer Research*, 30(2), 259-282. doi:[10.1086/376802](https://doi.org/10.1086/376802)
- Kantrowitz, L., Love, S., Dries, K., Luong, T. et Lowenstein, K. (2019, 7 mai). This Doctor's Rare Condition Might Help Us Understand the Roots of Empathy. *Vice*. Repéré à https://www.vice.com/en_us/article/5973jq/joel-salinas-feels-patients-pain-mirror-touch-synesthesia
- Kayler, M., Owens, T. et Meadows, G. (2013). *Inspiring Maker Culture through Collaboration, Persistence, and Failure* (p. 1179-1184). Communication présentée au Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. Repéré à <https://www.learntechlib.org/primary/p/48281/>

- Kelemen, M., Virgala, I., Kelemenová, T., Miková, Ľ., Frankovský, P., Lipták, T. et Lörinc, M. (2015). Distance Measurement via Using of Ultrasonic Sensor. *Journal of Automation and Control*, 3(3), 71-74. doi:[10.12691/automation-3-3-6](https://doi.org/10.12691/automation-3-3-6)
- Kirby, D. (2010). The Future is Now: Diegetic Prototypes and the Role of Popular Films in Generating Real-world Technological Development. *Social Studies of Science*, 1(40), 41-70. doi:[10.1177/0306312709338325](https://doi.org/10.1177/0306312709338325)
- Klatzky, R. et J. Lederman, S. (2010). Multisensory Texture Perception. Dans Naumer Marcus J. et Kaiser, J. (Édit.), *Multisensory Object Perception in the Primate Brain* (p. 211-230). doi:[10.1007/978-1-4419-5615-6_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5615-6_12)
- Knobel, M. et Lankshear, C. (2010). *DIY Media: Creating, Sharing and Learning with New Technologies*. New York : Peter Lang.
- Korzybsky, A. (1998). Le Rôle du langage dans les processus perceptuels. *L'Éclat-Lyber*.
- Krcek, T. E. (2013). Deconstructing Disability and Neurodiversity: Controversial Issues for Autism and Implications for Social Work. *Journal of Progressive Human Services*, 24(1), 4-22. doi:[10.1080/10428232.2013.740406](https://doi.org/10.1080/10428232.2013.740406)
- L, B. (2017, 28 juin). Vaqso – Un accessoire pour sentir les odeurs dans la VR sur PSVR, HTC Vive et Oculus Rift. *Réalité-Virtuelle.com*. Repéré à <https://www.realite-virtuelle.com/vaqso-accessoire-odeurs-vr-2806>
- Lacroix, S. (2019). Neurodiversité, s'ouvrir aux intelligences multiples. *Philonomist*. Repéré à <https://www.philonomist.com/fr/kezako/neurodiversite>
- La parfumeuse qui sent les odeurs de la musique. (2017). Vice [Vidéo en ligne]. Repéré à https://video.vice.com/fr_ca/video/la-parfumeuse-qui-sent-les-odeurs-de-la-musique/5a04d7a1177dd426a22bc4c1
- Laurier, D. (2006). Vers une méthodologie de recherche en pratique artistique : quelques spécificités des recherches menées par des artistes chercheurs. Dans Gosselin, P. et Le Cogniec, E. L. (dir). *La recherche création : pour une compréhension de la recherche en pratique artistique* (p. 77-94). Québec, QC : Presses de l'Université du Québec.
- Le Breton, D. (2007). Pour une anthropologie des sens. *VST - Vie sociale et traitements*, 96(4), 45-53. doi:[10.3917/vst.096.0045](https://doi.org/10.3917/vst.096.0045).
- Le Breton, D. (2006). *La saveur du monde. Une anthropologie des sens*. Paris, France : Éditions Métailié.
- Léchoth-Hirt, L. (2010). *Recherche-crédation en design. Modèles pour une pratique expérimentale*. Genève, Suisse : Métis Presses.

- Le Corre, F. (2014). *Distinguer les sens : individuation et classification* (Thèse de doctorat, Université Paris 6, École doctorale Cerveau, cognition, comportement, France). Repéré à <http://www.theses.fr/2014PA066419>
- Leaders, M. O. (2018, 6 mai). Rapid Prototyping, Arduino, and DIY Culture. *Read, Write, Participate*. Repéré à <https://medium.com/read-write-participate/rapid-prototyping-arduino-and-diy-culture-157aee713aaf>
- Leavy, P. (2008). *Method Meets Art: Arts-based Research Practice*. New York : Guilford Publications.
- Lefebvre, M. (1958). Aspects de la perception sociale à travers l'œuvre de quelques auteurs actuels. *Bulletin de l'Institut de Recherches Économiques et Sociales*, 24(8), 647-671.
- Légaré, A. (2016). *Exploration clinique des hallucinations olfactives dans la schizophrénie* (Thèse de doctorat, Université François Rabelais de Tours, France). Repéré à http://www.applis.univ-tours.fr/scd/Medecine/Theses/2016_Medecine_LegareAlexandre.pdf
- Lejeune, F. (2014). Le corps du regardeur dans l'art expérientiel. *Figures de l'art. Revue d'études esthétiques*, (26), 127-142.
- Les cahiers de l'atelier* ([Résidence] n° 1). (2007). Repéré à https://www.atelier-arts-sciences.eu/IMG/pdf/cahiers_ateliers_arts_sciences_bd.pdf
- Lévi-Strauss, C. (1990). *La Pensée sauvage* (Révisée). Paris, France : Pocket.
- Lewis, S. (2014). Scientists aren't the only innovators! We really need artists. *Salon.com*. Repéré à https://www.salon.com/2014/03/10/scientists_arent_the_only_innovators_we_really_need_artists/
- Li, W., Piech, V., and Gilbert, C. D. (2004). Perceptual learning and top-down influences in primary visual cortex. *Nat. Neurosci.* 7, 651–657.
- Livet, P. (1987). Les Limites de la communication. *Les Études philosophiques*, 2(3), 255-275. Repéré à https://www.jstor.org/stable/20848298?seq=1#metadata_info_tab_contents
- Lopes, P., Ion, A. et Baudisch, P. (2015). *Impacto: Simulating Physical Impact by Combining Tactile Stimulation with Electrical Muscle Stimulation*. Communication présentée au Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology - UIST '15, Daegu, Kyungpook, Republic of Korea (p. 11-19). doi:[10.1145/2807442.2807443](https://doi.org/10.1145/2807442.2807443)
- Loveless, N. S. (2015). Towards a Manifesto on Research-Creation. *RACAR : Revue d'art Canadienne*, 40(1), 52. doi:[10.7202/1032754ar](https://doi.org/10.7202/1032754ar)

- Luong, L. K., Shayla Love, Tony. (2019, 7 mai). This Doctor's Rare Condition Might Help Us Understand the Roots of Empathy. *Vice*. Repéré à https://www.vice.com/en_us/article/5973jq/joel-salinas-feels-patients-pain-mirror-touch-synesthesia
- Luyat, M. et Regia-Corte, T. (2009). Les affordances : de James Jerome Gibson aux formalisations récentes du concept. *L'Année psychologique*, 109(2), 297-332.
- Macia, O. (s. d.). *Under the Horizon*. Repéré à <https://www.oswaldomacia.com/under-the-horizon>
- Macpherson, F. (2010). *The Senses: Classic and Contemporary Philosophical Perspectives*. Oxford, Royaume-Uni : Oxford University Press.
- Madlener, F. et Leroux, G. (2010, juin). Du prototype au postotype. Entretien avec Nicolas Bourriaud. *L'Étincelle*. Repéré à <http://etincelle.ircam.fr/954.html>
- Maingain, A., Dufour, B. et Fourez, G. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. Bruxelles, Belgique : De Boeck Université. Repéré à <https://researchportal.unamur.be/en/publications/approches-didactiques-de-linterdisciplinarit%C3%A9>
- Majid, A., Roberts, S. G., Cilissen, L., Emmorey, K., Nicodemus, B., O'Grady, L., ... Levinson, S. C. (2018). Differential coding of perception in the world's languages. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(45), 11369-11376. doi:10.1073/pnas.1720419115
- Maker Movement. (s. d.). *Maker Faire*. Repéré à <https://makerfaire.com/maker-movement/>
- Manning, E. et Massumi, B. (2018). *Pensée en acte, vingt propositions pour la recherche-création*. Dijon, France : les Presses du réel.
- Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. Cambridge, MA : The MIT Press.
- Marguin, O. (2003). *C++ : LES BASES*. Université Lyon 1. Repéré à <http://math.univ-lyon1.fr/~omarguin/programmation/C++Polycop1.pdf>
- Marks, L. E. et Mulvanna, C. M. (2013). Synesthesia, at and near its borders. *Frontiers in Psychology*, 4. doi:10.3389/fpsyg.2013.00651
- Markush. (2014, 28 octobre). How to control computer fans with Arduino UNO + vvvv (Firmata). *Forum*. Repéré à <http://discourse.vvvv.org/t/how-to-control-computer-fans-with-arduino-uno-vvvv-firmata/12349>
- Martin (2018, 8 janvier). Maison du futur, expérience utilisateur toujours plus folle : voici les startups françaises les plus prometteuses au CES Las Vegas 2018. *Robot et compagnie*. Repéré à <http://www.robots-et-compagnie.com/maison-futur-experience-utilisateur-toujours-plus-folle-voici-startups-francaises-plus-prometteuses-las-vegas-2018/>

- Masten, C., Morelli, S. et Eisenberg, N. (2011). An fMRI investigation of empathy for ‘social pain’ and subsequent prosocial behavior. *NeuroImage*, 55(1), 381-388.
doi:[10.1016/j.neuroimage.2010.11.060](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.060)
- Maza, M. (1998). *Les Installations vidéo, « œuvres d’art »*. Paris, France : L’Harmattan.
- McCall, L. (2009). What is maker culture? DIY Roots. Repéré à <https://www.chici.org/resources/what-is-maker-culture-diy-roots>
- McLeod, S. A. (2018). Visual Perception. *Simply Psychology*. Repéré à <https://www.simplypsychology.org/perception-theories.html>
- McLuhan, M. (1977). *Pour comprendre les médias : les prolongements technologiques de l’homme*. Paris, France : Mame/Seuil.
- Mélès, B. (2016). Approche philologique des langages de programmation. *Technique et Science Informatiques*, 35(2), 237-254. doi:[10.3166/TSI.35.237-254](https://doi.org/10.3166/TSI.35.237-254)
- Merleau-Ponty, M. (1945). *Phénoménologie de la perception*. Paris, France : Gallimard.
- Mieyeville, F., Navarro, D. et Carrel, L. (2015). Fablab et DIY : de nouvelles voies pour l’enseignement de l’électronique ? *J3eA*, 14, 2011. doi:[10.1051/j3ea/2015023](https://doi.org/10.1051/j3ea/2015023)
- Migrenot, V. (s. d.). Projet Synesthémie. *Projet Synesthémie*. Repéré à <http://synestheorie.fr>
- Milán, E. G., Iborra, O., Hochel, M., Rodríguez Artacho, M. A., Delgado-Pastor, L. C., Salazar, E. et González-Hernández, A. (2012). Auras in mysticism and synaesthesia: A comparison. *Consciousness and Cognition*, 21(1), 258-268.
- Miller, M. et Miller, M. (2016, 11 janvier). 5 Pioneering Artworks That Trace The Rise Of Digital Art. *Fast Company*. Repéré à <https://www.fastcompany.com/3055176/5-pioneering-artworks-that-trace-the-rise-of-digital-art>
- Millet, C. (1987). *L’art contemporain en France*. Paris, France : Flammarion.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking Through Technology. The Path Between Engineering and Philosophy*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Mody, C. C. M. et Kaiser, D. (2008). Scientific Training and the Creation of Scientific Knowledge. Dans E. J. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch et J. Wajcman (dir.), *The Handbook of Science and Technology Studies* (p. 377-402). Cambridge, MA : MIT Press.
- Moilanen J. (2012) Emerging Hackerspaces – Peer-Production Generation. Dans Hammouda I., Lundell B., Mikkonen T., Scacchi W. (Édit.), *Open Source Systems: Long-Term Sustainability. OSS 2012. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, (p. 94-111). Berlin : Springer.

- Moynihan, M. (2019, 2 septembre). New member: Morgan Moynihan. *Synesthesia List*.
- Mroczko-Wąsowicz, A. et Werning, M. (2012). Synesthesia, Sensory-Motor Contingency, and Semantic Emulation: How Swimming Style-Color Synesthesia Challenges the Traditional View of Synesthesia. *Frontiers in Psychology*, 3. doi:[10.3389/fpsyg.2012.00279](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00279)
- Mueller, J. (2006). Au cœur des odeurs. *Revue française de psychanalyse*, 70(3), 791-813.
- Munier, B. et Letonturier, E. (2016). La sensorialité, une communication paradoxale. *Hermes, La Revue*, 1(74), 17-24. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2016-1-page-17.htm>
- Musson, V. (2011, 25 mars). Le Labo Synesthetic Workshop: Scent & The Sense Of Touch – Smelling Me Softly + Draw. *ÇaFleureBon Perfume Blog*. Repéré à <https://www.cafleurebon.com/le-labo-synesthetic-workshop-scent-the-sense-of-touch-smelling-me-softly-draw/>
- Nathalie. (2018, 19 avril). Sensorwake, le réveil olfactif made in France. *NeozOne*. Repéré à <https://www.neozone.org/innovation/sensorwake-le-reveil-olfactif-made-in-france/>
- Nebra, M. et Schaller, M. (2018, 2 août). Qu'est-ce que le C++ ? *OpenClassrooms*. Repéré à <https://openclassrooms.com/fr/courses/1894236-programmez-avec-le-langage-c/1894377-quest-ce-que-le-c>
- Nielsen, J., Krüger, T. H. C., Hartmann, U., Passie, T., Fehr, T. et Zedler, M. (2013). Synaesthesia and sexuality: the influence of synaesthetic perceptions on sexual experience. *Frontiers in Psychology*, 4. doi:[10.3389/fpsyg.2013.00751](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00751)
- Nikolić, D., Jürgens, U. M., Rothen, N., Meier, B. et Mroczko, A. (2011). Swimming-style synesthesia. *Cortex*, 47(7), 874-879. doi:[10.1016/j.cortex.2011.02.008](https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.02.008)
- Noë, A. (2000). Experience and Experiment in Art. *Journal of Consciousness Studies*, 7(8-9), 123-136. Repéré à <https://pdfs.semanticscholar.org/44db/97426bfbcc118fa27a3c8d6c4b9316ec71c7.pdf>
- Noë, A. (2006). The Enactive Approach of Perception. Dans Noë, A., *Action in Perception*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Noonoo, S. (2018, 14 juin). Maker Culture Has a 'Deeply Unsettling' Gender Problem - EdSurge News. *EdSurge*. Repéré à <https://www.edsurge.com/news/2018-06-14-maker-culture-has-a-deeply-unsettling-gender-problem>
- Novich, S., Cheng, S. et Eagleman, D. M. (2011). Is synaesthesia one condition or many? A large-scale analysis reveals subgroups: Subtypes of synaesthesia. *Journal of Neuropsychology*, 5(2), 353-371. doi:[10.1111/j.1748-6653.2011.02015.x](https://doi.org/10.1111/j.1748-6653.2011.02015.x)

- Novotný, K. et Bernard, M. (2011). Corps, corps propre et affectivité de l'homme. *Les Etudes philosophiques*, 98(3), 375-393. doi:[10.3917/leph.113.0375](https://doi.org/10.3917/leph.113.0375)
- Nowak, M. (2011). The Complicated History of Einfühlung. *Argument: Biannual Philosophical Journal*, 1(2), 301–326.
- Obrist, M., Tuch, A. N. et Hornbaek, K. (2014). *Opportunities for odor: experiences with smell and implications for technology*. Communication présentée au Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '14, Toronto, Ontario, Canada (p. 2843-2852). doi:[10.1145/2556288.2557008](https://doi.org/10.1145/2556288.2557008)
- OCAD University. (s. d.). What is the Approach? *Inclusive Learning Design Handbook*. Repéré à <https://handbook.floeproject.org/WhatIsTheApproach.html#whoIsExcluded>
- Olfactif. (2013). An insatiable need to create: An interview with Dawn Spencer Hurwitz. *Olfactif*. Repéré à <https://www.olfactif.com/blogs/blog/10927205-an-insatiable-need-to-create-an-interview-with-dawn-spencer-hurwitz>
- Palmer, S. (1999). *Vision Science: From Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Panoff-Eliet, F. (1971). B. Berlin and P. Kay, Basic Color Terms. *Homme*, 11(4), 100-103.
- Paquin, L.-C. (2006). *Comprendre les médias interactifs*. Montréal, QC : Isabelle Quentin éditeur.
- Paquin, L.-C. et Noury, C. (2018). Définir la recherche-crédation ou en cartographier les pratiques ? *ACFAS*. Repéré à <https://www.acfas.ca/publications/decouvrir/2018/02/definir-recherche-creation-cartographier-ses-pratiques>
- Param. (2019, 9 janvier). *Digital Scent Technology: Sense & transmit smell? What's Scentography/Smell-o-vision*. *Tech Nuggets* [Vidéo en ligne]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=bWFrX9GSIGg>
- Paterson, M. (2007). *The Senses of Touch: Haptics, Affects and Technologies*. New York : Bloomsbury.
- Pecher, D. et Zwaan, R. A. (Édit.) (2005). *Grounding Cognition: The Role of Perception and Action in Memory, Language, and Thinking*. Cambridge, Royaume-Uni : Cambridge University Press. doi:[10.1017/CBO9780511499968.001](https://doi.org/10.1017/CBO9780511499968.001)
- Pecqueux, A. (2012). John Langshaw Austin, la perception et son ethnographie, Dans Colon, P.-A. (Édit.), *Les sens et les sciences sociales* (p. 43-70). Paris, France : Petra.
- Pfeifer, J. et Dapretto, M. (2009). Mirror, Mirror, in My Mind. Dans Decety, J. et Ickes, W. (Édit.), *The Social Neuroscience of Empathy* (p. 183-197). Cambridge, MA : MIT Press.

- Piéron, H. (1951). *Vocabulaire de la psychologie*. Paris, France : Presses universitaires de France.
- Piesse, S. (1890). *Histoire des parfums*. Paris, France : Baillière.
- Pinker, S. (1994). *The language instinct*. Londres, Royaume-Uni : Penguin Books.
- Plümacher, M. et Holz, P. (dir.). (2007). *Speaking of Colors and Odors*. Amsterdam, Pays-Bas : John Benjamins Publishing Company.
- Poirier, N. et Abouzeid, N. (2016). Étude qualitative auprès de personnes présentant un trouble du spectre de l'autisme dans la grande région de Montréal. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/296223504_Etude_qualitative_aupres_de_personnes_presentant_un_trouble_du_spectre_de_l'autisme_dans_la_grande_region_de_Montreal
- Poissant, L. (2003). *Interfaces et sensorialité*. Québec, QC : Presses universitaires du Québec.
- Popper, F. (1980). *Art, action et participation. L'artiste et la créativité aujourd'hui*. Paris, France : Klincksieck.
- Porcherot, C., Delplanque, S., Raviot-Derrien, S., Calvé, B. L., Chrea, C., Gaudreau, N. et Cayeux, I. (2010). How do you feel when you smell this? Optimization of a verbal measurement of odor-elicited emotions. *Food Quality and Preference*, 21(8), 938-947. doi:[10.1016/j.foodqual.2010.03.012](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.03.012)
- Pourtois, G., Rauss, K., Vuilleumier, P., and Schwartz, S. (2008). Effects of perceptual learning on primary visual cortex activity in humans. *Vision Res.* 48, 55–62.
- Putnam, H. (1994). La théorie de la perception de James. Dans Putnam, H (dir.). *Le Réalisme à visage humain* (p. 421-449). Paris, France : Seuil.
- Raboisson, N. (2014). *Esthétique d'un art expérientiel : l'installation immersive et interactive*. (Thèse de doctorat, Université PARIS VIII, Vincennes-Saint-Denis, France).
- Ramachandran, V. S. et Hubbard, E. M. (2001). Synaesthesia — A Window into Perception, Thought and Language, *Journal of Consciousness Studies* 8(12), 3–34. Repéré à <http://chip.ucsd.edu/pdf/Synaesthesia%20-%20JCS.pdf>
- Rasmi, J. (2018). Manuel d'immédiation. Dans Manning, E. et Massumi, B. (Édit.), *Pensée en acte, vingt propositions pour la recherche-crédation*. (p. 5-23). Dijon, France : Les Presses du réel.
- Ratto, M. (2011). Critical Making: Conceptual and Material Studies in Technology and Social Life. *The Information Society*, 27(4), 252-260. doi:[10.1080/01972243.2011.583819](https://doi.org/10.1080/01972243.2011.583819)
- Rauss, K. et Pourtois, G. (2013). What is Bottom-Up and What is Top-Down in Predictive Coding? *Frontiers in Psychology*, 4. doi:[10.3389/fpsyg.2013.00276](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00276)

- Rétiveau, A. N., Iv, E. C. et Milliken, G. A. (2004). Common and specific effects of fine fragrances on the mood of women. *Journal of Sensory Studies*, 19(5), 373-394. doi:[10.1111/j.1745-459x.2004.102803.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2004.102803.x)
- Ricard, M.-A. (2005). L'empathie comme expérience charnelle ou expressive d'autrui chez Husserl, *Recherches qualitatives*, 25(1), 88-102. Repéré à [http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition_reguliere/numero25\(1\)/Marie-Andree%20Ricard.pdf](http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition_reguliere/numero25(1)/Marie-Andree%20Ricard.pdf)
- Riches, S., Maskey, R., Waddingham, R., Benjamin, J., Dishman, P., Tebrook, C., ... Fisher, H. L. (2018). Altered States of Consciousness: Evaluation of a voice-hearing simulation during an immersive art exhibition. *Early Intervention in Psychiatry*, 12(5), 947-950. doi:[10.1111/eip.12497](https://doi.org/10.1111/eip.12497)
- Robertson, L. C. et Sagiv, N. (dir.). (2005). *Synesthesia : perspectives from Cognitive Neuroscience*. Toronto, Canada : Oxford University Press.
- Robertson, S. I. (2017). *Problem Solving - Perspective from Cognition and Neuroscience* (Deuxième édition). New York : Routledge.
- Robin. (2011, 19 janvier). Le Labo Synesthetic Series ~ perfume workshops in London. *Now smell this*. Repéré à <https://nstperfume.com/2011/01/19/le-labo-synesthetic-series-perfume-workshops-in-london/>
- Robotshop Inc. (s. d.). Kit de Capteurs Capacitif de Touché pour Arduino DFRobot. *Robotshop*. Repéré à <https://www.robotshop.com/eu/fr/kit-capteurs-capacitif-touche-arduino-dfrobot.html>
- Rolls, E.T. (2010). The affective and cognitive processing of touch, oral texture, and temperature in the brain, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 34, 237–245
- Root, N. B., Rouw, R., Asano, M., Kim, C.-Y., Melero, H., Yokosawa, K. et Ramachandran, V. S. (2018). Why is the synesthete's "A" red? Using a five-language dataset to disentangle the effects of shape, sound, semantics, and ordinality on inducer-concurrent relationships in grapheme-color synesthesia. *Cortex*, 99, 375-389. doi:[10.1016/j.cortex.2017.12.003](https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.12.003)
- Rothen, N. et Meier, B. (2010). Higher Prevalence of Synaesthesia in Art Students. *Perception*, 39(5), 718-720. doi:[10.1068/p6680](https://doi.org/10.1068/p6680)
- Rothenberg, D. (1995). *Hand's End*. Berkeley, CA : University of California Press.
- Rouby, C. et Sicard, G. (1997). Chapitre 3. Des catégories d'odeurs ? Dans Dubois, D. (dir), *Catégorisation et cognition : de la perception au discours* (p. 59-81). Paris, France : Éditions Kimé. Repéré à <https://www.cairn.info/categorisation-et-cognition-de-la-perception-au-di--978284174101X-page-59.htm>

- Rouleau, J. (2016). Bricolage méthodologique : autoethnographie et recherche-création. *Composite*, 19(1), 94-113-113.
- Rouw, R. et Scholte, S. (2007). Increased structural connectivity in grapheme-color synesthesia. *Nature neuroscience*, (10), 792-797. doi:[10.1038/nn1906](https://doi.org/10.1038/nn1906)
- Roy, P. (2000). Le médium est le message dans le village global : le vrai message de Marshall McLuhan. *Aspects sociologiques*, 7 (1), 38-48. Repéré à <http://www.aspects-sociologiques.soc.ulaval.ca/sites/aspects-sociologiques.soc.ulaval.ca/files/roy2000.pdf>
- Rowe, D.B. (2018). The “Novel” Approach: Using Fiction to Increase Empathy. *Virginia Libraries*, 63(1). doi: [10.21061/valib.v63i1.1474](https://doi.org/10.21061/valib.v63i1.1474).
- Russell, A., Stevenson, R. J. et Rich, A. N. (2015). Chocolate smells pink and stripy: Exploring olfactory-visual synesthesia. *Cognitive Neuroscience*, 6(2-3), 77-88. doi:[10.1080/17588928.2015.1035245](https://doi.org/10.1080/17588928.2015.1035245)
- Sacks, O. (2012). *An Anthropologist on Mars: Seven Paradoxical Tales*. New York : Knopf Doubleday.
- Salas Vilar, J. (2015). *Sinestesia y arte. Hacia la autoinvestigaci n creativa*. (Thèse de doctorat, Université de Grenade, Grenade, Espagne). Repéré   <https://hera.ugr.es/tesisugr/25934922.pdf>
- Sample, I. (2019, 20 mars). « Super-smeller » helps develop swab test for Parkinson’s disease. *The Guardian*. Repéré   <https://www.theguardian.com/society/2019/mar/20/super-smeller-helps-develop-swab-test-for-parkinsons-disease>
- Sánchez Criado, T., Rodríguez-Giralt, I. et Mencaroni, A. (2016). Care in the (critical) making. Open prototyping, or the radicalisation of independent-living politics. *Alter*, 10(1), 24-39. doi:[10.1016/j.alter.2015.07.002](https://doi.org/10.1016/j.alter.2015.07.002)
- Sánchez Laws, A. L. (2017). Can Immersive Journalism Enhance Empathy? *Digital Journalism*, 0(0), 1-16. doi:[10.1080/21670811.2017.1389286](https://doi.org/10.1080/21670811.2017.1389286)
- Sarafoleanu, C., Mella, C., Georgescu, M. et Perederco, C. (2009). The importance of the olfactory sense in the human behavior and evolution. *Journal of Medicine and Life*, 2(2), 196-198.
- Schwartz, S., Maquet, P., and Frith, C. (2002). Neural correlates of perceptual learning: a functional MRI study of visual texture discrimination. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 99, 17137–17142.
- Sennett, R. (2010). *The Craftsman*. Yale, CT : Yale University Press.

- Serrano, M. J. de C., Riccò, D., Day, S. A., Dorso, A. S., jewanski, J., Leyden, T. B., ... al, et. (2018). VI congreso internacional de sinestesia, ciencia y arte 2018 + actividades paralelas. *Fundación Internacional artecittà*.
- Shapiro, L. (2004). *The Mind Incarnate*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Shanken, E. A. (2005). Artists in Industry and the Academy: Collaborative Research, Interdisciplinary Scholarship and the Creation and Interpretation of Hybrid Forms. *Leonardo*, 38(5), 415-418. doi:[10.1162/leon.2005.38.5.415](https://doi.org/10.1162/leon.2005.38.5.415)
- Shusterman, R. (2010). Conscience soma-esthétique, perception proprioceptive et action. *Communications*, 86(1), 15-24. doi:[10.3406/comm.2010.2532](https://doi.org/10.3406/comm.2010.2532)
- Shusterman, R. et Rollet, B. (2011). Le corps et les arts : le besoin de soma-esthétique. *Diogène*, n° 233-234(1), 9-29.
- Simner, J. (2013). Why are there different types of synesthete? *Frontiers in Psychology*, 4. doi:[10.3389/fpsyg.2013.00558](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00558)
- Simner, J. et Ludwig, V. U. (2012). The color of touch: A case of tactile–visual synaesthesia. *Neurocase*, 18(2), 167-180. doi:[10.1080/13554794.2011.568503](https://doi.org/10.1080/13554794.2011.568503)
- simpletechprojects. (2018, 12 octobre). How to Make Automatic Fan Using Arduino and Ultrasonic sensor. *The simple tech projects*. Repéré à <https://simpletechproject.wordpress.com/2018/10/12/how-to-make-automatic-fan-using-arduino-and-ultrasonic-sensor/>
- Singer, T., Seymour, B., O’Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J. et Frith, C. D. (2004). Empathy for Pain Involves the Affective but not Sensory Components of Pain. *Science*, 303(5661), 1157-1162. doi:[10.1126/science.1093535](https://doi.org/10.1126/science.1093535)
- Sinner, A., Leggo, C., Irwin, R. L., Gouzouasis, P. et Grauer, K. (2006). Arts-Based Educational Research Dissertations: Reviewing the Practices of New Scholars. *Canadian Journal of Education*, 29(4), 1223-1270.
- Slack Team. (2016). Diversity at Slack. Repéré à <https://slackhq.com/diversity-at-slack>
- Sorabji, R. (1992). Intentionality and Physiological Processes: Aristotle’s Theory of Sense-Perception. Dans M. Nussbaum et A. Oksenberg Rorty (dir.), *Essays on Aristotle’s de Anima* (p. 195-225). Oxford, Royaume-Uni : Oxford University Press.
- Somanath, S., Morrison, L., Hughes, J., Sharlin, E. et Costa Sousa, M. (2016). Engaging « At-Risk » Students through Maker Culture Activities. Dans *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* (p. 150-158). doi:[10.1145/2839462.2839482](https://doi.org/10.1145/2839462.2839482)

- Spry, T. (2001). Performing Autoethnography: An Embodied Methodological Praxis. *Qualitative Inquiry*, 7(6), 706-732. doi:[10.1177/107780040100700605](https://doi.org/10.1177/107780040100700605)
- Steen, C. (2001). Visions Shared: A Firsthand Look into Synesthesia and Art. *Leonardo*, 34(3), 203-208. doi:[10.1162/002409401750286949](https://doi.org/10.1162/002409401750286949)
- Stewart, R. A. (2001). Practice vs praxis: constructing models for practitioner-based research. *TEXT: Journal of Writing and Writing Courses*, 5. Repéré à <http://www.griffith.edu.au/school/art/text/oct01/stewart.htm>
- Stinson, L. (2018, 5 novembre). What Artists Can Teach Us About Making Technology More Human. *Wired*. Repéré à <https://www.wired.com/story/bell-labs-eat-only-human-man-contemporary/>
- Stroustrup, B. (1997). *The C++ programming language* (3ème éd.). Boston, MA : Addison-Wesley Professionnal.
- Stuart-Hamilton, I. (1995). *Dictionary of Cognitive Psychology*. Londres, Royaume-Uni : Jessica Kingsley Publishers.
- Suslick, K. S. (2012). Synesthesia in science and technology: more than making the unseen visible. *Current Opinion in Chemical Biology*, 16(5), 557-563. doi:[10.1016/j.cbpa.2012.10.030](https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2012.10.030)
- Swee, T.T, Ariff, A. K., Salleh, S., Siew Kean Seng et Leong Seng Huat. (2007). *Wireless data gloves Malay sign language recognition system*. Communication présentée au 2007 6th International Conference on Information, Communications Signal Processing (p. 1-4). doi:[10.1109/ICICS.2007.4449599](https://doi.org/10.1109/ICICS.2007.4449599)
- Tanenbaum, J. G., Williams, A. M., Desjardins, A. et Tanenbaum, K. (2013). *Democratizing technology: pleasure, utility and expressiveness in DIY and maker practice*. Communication présentée au Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '13, Paris, France (p. 2603-2612). doi:[10.1145/2470654.2481360](https://doi.org/10.1145/2470654.2481360)
- Tavassoli, T., Brandes-Aitken, A., Chu, R., Porter, L., Schoen, S., Miller, L. J., ... Marco, E. J. (2019). Sensory over-responsivity: parent report, direct assessment measures, and neural architecture. *Molecular Autism*, 10(1), 4. doi:[10.1186/s13229-019-0255-7](https://doi.org/10.1186/s13229-019-0255-7)
- Taylor, V. and Ladner, R. (2011). Broadening participation: Data trends on minorities and people with disabilities in computing. *Communications of the ACM*, 54(12), 34-37.
- Tchounikine, P. (2017). Initier les élèves à la pensée informatique et à la programmation avec Scratch. *Laboratoire informatique de Grenoble*. Repéré à <http://lig-membres.imag.fr/tchounikine/PenseeInformatiqueEcole.html>
- TED. (2015). *Do we see reality as it is? | Donald Hoffman* [Vidéo en ligne]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=oYp5XuGYqqY>

- The Art and Olfaction Awards › 2019 Finalists. (2019). *The Art and Olfaction Awards*. Repéré à <http://www.artandolfactionawards.org/2019overview/2019-finalists/>
- The Contemporary, M. (2015). The Contemporary : Projects. Repéré à <https://www.contemporary.org/projects/ghostfood/>
- The Floe Inclusive Learning Design Handbook. (s.d). Inclusive Making and Hacking. Repéré à <https://handbook.floeproject.org/InclusiveMakingAndHacking.html>
- Thomas, J. et Soupramanien S. (2012). Auditory-Olfactory Synesthesia Coexisting With Auditory-Visual Synesthesia. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, 32. 221–223. doi:[10.1097/WNO.0b013e31825d3c44](https://doi.org/10.1097/WNO.0b013e31825d3c44)
- Thompson, E. (2005). Sensorimotor subjectivity and the enactive approach to experience. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4(4), 407-427. doi:[10.1007/s11097-005-9003-x](https://doi.org/10.1007/s11097-005-9003-x)
- Tolstoï, L. (1898). Qu'est-ce que l'art ?, Paris, France : Presses Universitaires de France.
- Tomchek, S. D. et Dunn, W. (2007). Sensory Processing in Children with and without Autism: A Comparative Study Using the Short Sensory Profile. *American Journal of Occupational Therapy*, 61(2), 190-200. doi:[10.5014/ajot.61.2.190](https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.190)
- Tran Ba Huy, P. (2000). Odorat et histoire sociale. *Communication & Langages*, 126(1), 85-107. doi:[10.3406/colan.2000.3046](https://doi.org/10.3406/colan.2000.3046)
- Travers, J. (2019, 22 mars). Cette femme est capable de littéralement sentir la maladie de Parkinson. *Maxisciences*. Repéré à https://www.maxisciences.com/maladie/cette-femme-est-capable-de-litteralement-sentir-la-maladie-de-parkinson_art43004.html
- Tse, P. U. et Cavanagh, P. (2000). Chinese and Americans see opposite apparent motions in a Chinese character. *Cognition*, 74(3). doi:[10.1016/S0010-0277\(99\)00065-7](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00065-7)
- Turner, F. (2014, 19 juin). Prototype [draft] [#digitalkeywords]. *Culture Digitally*. Repéré à <http://culturedigitally.org/2014/06/prototype-draft-digitalkeyword/>
- Twilley, N. (2017, 8 mai). Seeing with Your Tongue. *New Yorker*. Repéré à <https://www.newyorker.com/magazine/2017/05/15/seeing-with-your-tongue>
- Ueda, M. (s. d.). Atelier MAKI UEDA ::: olfactory art ::: - TANGIBLE SCENTS. Repéré à http://www.ueda.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=291&Itemid=856&lang=en
- Ultrasonic Sensor Module HC-SR04 Distance Measuring Sensor for Arduino. (s. d.). *Jumia Kenya*. Repéré à <https://www.jumia.co.ke/universal-ultrasonic-sensor-module-hc-sr04-distance-measuring-sensor-for-arduino-16572126.html>

- Valade, B. (2016). Les cinq sens : diversité et divergences de savoirs désunis. *Hermes, La Revue*, 1(74), 31-42. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2016-1-page-31.htm>
- Varela, F. J., Thompson, E. et Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Vekil, M. (2018, 27 septembre). Making Engineering More Inclusive | Faculty of Engineering. *Daily News*. Repéré à <https://www.eng.mcmaster.ca/news/making-engineering-more-inclusive>
- Ventós, E. (s. d.). Olor/Color. Lo visual y lo olfativo se unen. *colección olorVISUAL*. Repéré à <https://olorvisual.com/olorcolor-lo-visual-y-lo-olfativo-se-unen/>
- Vettraino-Soulard, M.-C. (1992). La communication olfactive. *Communication & Langages*, 92(1), 102-109. doi:[10.3406/colan.1992.3686](https://doi.org/10.3406/colan.1992.3686)
- Vieta, M. et Ralon, L. (2013). Being-in-the-Technologically-Mediated-World: The Existential Philosophy of Marshall McLuhan. *The Popular Culture Studies Journal*, 1(1&2), 36-60. Repéré à <https://www.academia.edu/5062253/Being-In-The-Technologically-Mediated-World-The-Existential-Philosophy-of-Marshall-McLuhan>
- von Glasersfeld, E. (1988). Introduction à un constructivisme radical. Dans Watzlawick, P. (dir.), *L'invention de la réalité. Contributions au constructivisme*. Paris, France : Seuil.
- Wadors, P. (2016). Workforce Diversity Data. *Linkedin*. Repéré à <https://blog.linkedin.com/2016/10/18/linkedin-2016-workforce-diversity-data>
- Waldrop J., et Stern S., (2003), *Disability Status: 2000; Census 2000 Brief*, US Census Bureau, US Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, March.
- Walter-Herrmann, J. et Büching, C. (Edit.) (2014). *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors*. Bielefeld, Allemagne : Transcript-Verlag.
- Ward, J. (2019). Synaesthesia: a distinct entity that is an emergent feature of adaptive neurocognitive differences. *The Royal Society Publishing*. doi :[10.1098/rstb.2018.0351](https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0351)
- Ward, J., Banissy, M. J. et Jonas, C. N. (2008). Haptic perception and synaesthesia. Dans M. Grunwald (dir.), *Human Haptic Perception: Basics and Applications* (p. 259-265). Basel, Suisse : Birkhäuser Basel. doi:[10.1007/978-3-7643-7612-3_20](https://doi.org/10.1007/978-3-7643-7612-3_20)
- Ward, J., Brown, P., Sherwood, J. et Simner, J. (2018). An autistic-like profile of attention and perception in synaesthesia. *Cortex*, 107, 121-130. doi:[10.1016/j.cortex.2017.10.008](https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.008)
- Ward, J., Hoadley, C., Hughes, J. E. A., Smith, P., Allison, C., Baron-Cohen, S. et Simner, J. (2017). Atypical sensory sensitivity as a shared feature between synaesthesia and autism. *Scientific Reports*, 7. doi:[10.1038/srep41155](https://doi.org/10.1038/srep41155)

- Ward, J., Thompson-Lake, D., Ely, R. et Kaminski, F. (2008). Synaesthesia, creativity and art: What is the link? *British Journal of Psychology*, 99(1), 127-141. doi:[10.1348/000712607X204164](https://doi.org/10.1348/000712607X204164)
- Watzlawick, P. (1988). *L'invention de la réalité. Contributions au constructivisme*. Paris, France : Seuil.
- Whorf, B. L. (1956). *Language, Thought, and Reality*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Wicky, É. (2018). L'art olfactif contemporain, ses médias et leurs inventions fin-de-siècle. *Sens Public*. Repéré à <http://sens-public.org/article1303.html>
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*. New York : Wiley.
- Williams, F. (2019, 26 août). Visuals and texture. *Synesthesia List*.
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–36.
- Wittgenstein, L. (1983). *Remarques sur les couleurs*. Mansempuy, France : TRANS-EUROP-REPRESS
- Witthoft, N. et Winawer, J. (2006). Synesthetic Colors Determined by Having Colored Refrigerator Magnets in Childhood. *Cortex*, 42(2), 175-183. doi:[10.1016/S0010-9452\(08\)70342-3](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70342-3)
- Yoo, S.-S., Freeman, D., McCarthy, J. et Jolesz, F. (2003). Neural substrates of tactile imagery: a functional MRI study. *Neuroreport*, 14(4), 581-585.
- Yu, F., Pasinelli, M. et Brem, A. (2018). Prototyping in Theory and in Practice: A Study of the Similarities and Differences between Engineers and Designers. *Creativity and Innovation Management*, 27(2), 121-132. doi:[10.1111/caim.12242](https://doi.org/10.1111/caim.12242)
- Zepic, K. (2019, 30 juin). Gendered graphemes & gendered nouns. *Synesthesia List*.
- Zimmerman, B. J., Bonner, S., & Kovach, R. (1996). *Developing self-regulated learners: Beyond achievement to self-efficacy*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Zucco, G. M. (2003). Anomalies in cognition: Olfactory memory. *European Psychologist*, 8(2), 77-86. doi:[10.1027//1016-9040.8.2.77](https://doi.org/10.1027//1016-9040.8.2.77)
- Zucco, G. M. (2007). Odor Memory. Dans Marina Plümacher et Peter Holz (Edit), *Speaking of Colors and Odors* (p. 155-165). Amsterdam, Pays-Bas : John Benjamins Publishing Company.

ANNEXES

Annexe 1 :

Les types de synesthésie répertoriées par Sean Day sur son site personnel (2011)

emotions -> flavors	0.26%	musical sounds -> flavors	0.44%	phonemes -> vision	7.54%
emotions -> odors	0.35%	musical sounds -> personality	0.09%	proprioception -> flavor	0.09%
emotions -> sounds	0.09%	musical sounds -> spatial coordinates	0.09%	proprioception -> vision	0.09%
emotions -> vision	3.24%	musical sounds -> temperatures	0.09%	sounds -> flavors	5.00%
flavors -> musical sounds	0.09%	musical sounds -> vision	18.05%	sounds -> kinetics	0.96%
flavors -> sounds	0.53%	non-graphemic ordinal personification	*****	sounds -> odors	1.58%
flavors -> temperatures	0.09%	number -> flavor	0.26%	sounds -> temperatures	0.53%
flavors -> touch	0.53%	object personification	*****	sounds -> touch	4.38%
flavors -> vision	5.78%	odors -> flavors	0.09%	spatial sequence (number form)	*****
general sounds -> vision	16.21%	odors -> sounds	0.44%	temperatures -> sounds	0.09%
grapheme personification (OLP*)	4.65%	odors -> temperatures	0.09%	temperatures -> vision	1.84%
grapheme -> sound	0.09%	odors -> touch	0.70%	ticker-tape	*****
grapheme -> touch	0.09%	odors -> vision	6.13%	time units -> flavors	0.09%
graphemes -> vision	61.26%	orgasm -> flavors	0.09%	time units -> sounds	0.09%
kinetics -> personality	0.09%	orgasm -> vision	1.93%	time units -> spatial coordinates	*****
kinetics -> sound	1.05%	pain -> flavors	0.09%	time units -> vision	22.96%
kinetics -> vision	0.53%	pain -> odors	0.09%	touch -> emotion	0.26%
lexemes -> flavors	2.89%	pain -> sounds	0.09%	touch -> flavors	1.14%
lexemes -> odors	0.61%	pain -> temperature	0.09%	touch -> odors	0.35%
lexemes -> temperature	0.09%	pain -> vision	5.43%	touch -> sounds	0.35%
lexemes -> touch	0.44%	personalities -> flavors	0.35%	touch -> temperatures	0.09%
lexemes -> vision	0.70%	personalities -> odors	0.70%	touch -> vision	3.94%
mirror speech	0.18%	personalities -> sound	0.09%	vision -> flavors	2.98%
mirror touch	*****	personalities -> touch	0.09%	vision -> graphemes	*****
musical notes -> vision	7.80%	personalities -> vision ("auras")	6.49%	vision -> kinetics	0.09%
		phonemes -> flavors	*****	vision -> odors	1.14%
				vision -> sounds	3.07%
				vision -> temperatures	0.35%
				vision -> touch	1.58%

Annexes 2, 3, 4, 5 et 6 : Reproduction des extraits du journal de bord documentant le projet de recherche-création *Odorama V2* (Piguet, 2019)

Distance calculation -

$$\text{Distance } L = 1/2 \times T \times C$$

T = time between the emission and reception.

C = sonic speed

1/2 = because T is time for go- and-return distance -

Ce que mon code doit dire.

Si

La distance est inférieure ou égale à x
alors déclenche la fan Y pendant a secondes
et la fan W
puis stop -

~~Else.~~

Rien -

Si

La fan Y tourne alors envoie information sérieuse -

Ou - Déclarer au début communication entre transmettre et récepteur - ?

= Arduino 1 -

Si

Reçoit un sig

Arduino 1

~~Si~~ Etablit communication sérieuse + communice entre les 2os.

Si

Distance est inférieure ou égale à x
envoie information via 433MHz

Je dois réussir à tirer des conclusions qui me permettront d'établir et d'appliquer des règles de manière assez régulière et certaine pour être créative.

- Dépasser la peur du résultat, la peur de l'échec. Extraire de son esprit la certitude que si l'on ne sait pas faire une chose maintenant, on ne saura jamais la faire. S'accrocher à l'idée que l'on peut tout apprendre, à n'importe quel moment de sa vie.

- Premières choses à maîtriser = la langue et la logique → vocabulaire.

Nota Bene = Bluetooth doit être étanche.

Bluetooth → pb doit être proche

Wifi, permettra de positionner des objets partout dans la pièce mais plus simple à utiliser

proche
cousine
+ d'espace

→ potentiel pb = que faire si je ne peux pas exposer dans un lieu avec wifi ou potentiellement m'y connecter? Type uni.

Lundi 11 mars 2019.

Objectif de la semaine = faire tourner le moteur sur lequel est attaché une "fan". Moteur doit être déclenché par Capacitive Sensor.

Réalisation / Epiphanie = Research-based practice actually require practice.

→ nous-entend donc de s'astreindre quotidiennement à des exercices sur Arduino, et non simplement de lire des livres et d'étudier des codes.

Idee / Intuition - Internet est compliqué à gérer avec le wifi. Sans wifi dans une pièce, l'installation tomberait à l'eau. Protocole / Danices X.Bee peut-être une solution alternative.

433mh récepteur radio reçoit information qu'un des objets a été touché.

⇓

Arduino Nano déclenche ventilateur associé pour 1^{ère} seconde - puis ventilateur pour nettoyer l'odeur pendant 2^{ème} secondes.

27 mars 2019

Arrivée du matériel nécessaire à la réalisation du prototype selon Damien.

Premiers essais basés sur des tutoriels sur internet.

1. 433mh communication.

Echec total.

Utilisation d'un Arduino Uno (celui de l'université) et d'un Nano, nouvellement acquis.

Je n'avais qu'un bread board que j'ai utilisé avec le nano. Pour le Arduino Uno, j'ai utilisé le prototyping shield fourni avec le kit de débutant de l'uni. À chaque fois que j'effectue un circuit avec ce shield, j'échoue. Je n'arrive pas à comprendre comment brancher les choses dessus. manque de précision →

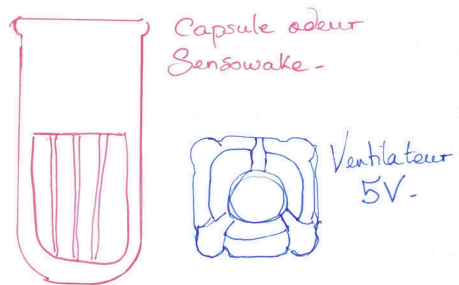
Je ne comprends pas les branchements étant donné qu'il s'agit de construire un réseau

Un circuit sur le dessus de l'Arduino.
 Bref, impossible pour moi de comprendre mon erreur. Je ne arrive pas à voir là où j'ai commis une erreur = code, branchements ou les 2 ?

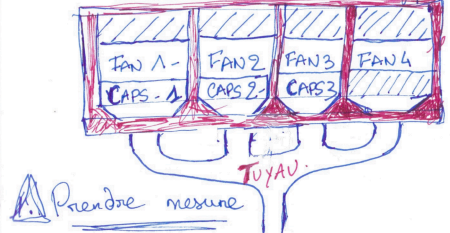
2. Ultrasonic Sensor

A fonctionner - si s'agissait seulement de brancher le capteur pour qu'il affiche la distance pour le moniteur sériel de l'écran. Soulagement. Mes trois heures de travail n'auront pas été en vain.

Prochaine étape = réaliser un circuit / code où les ventilateur se déclenche lorsque la main se situe entre 2 distances -



Bon point = ventilateurs 5V mini faut la même longueur que les capsules.
 Q° = sont-ils assez puissants pour projeter l'air?
 ↳ Déclencher la fan concernée + l'autre au même moment et laisser le 4 tours @ 1gtps.
 Vue de haut du boîtier.



Arduino 2

3. Reçoit distance inférieure à x (Comment coder cette information?)

Déclenche ventilateur.

Jeu de avril

Exercices de communication radio 433mhz

Réussite!
 des 2 Arduinos se parlent à distance - 1 envoie des ondes radio et l'autre les reçoit. Grâce à un tutoriel j'ai d'abord pu faire clignoter la LED de l'Arduino qui reçoit l'info, et puis dans un second temps, j'ai réussi à faire s'afficher sur le moniteur sériel les fréquences

émises par le transmetteur pendant un temps donné.

Très utile car je vais avoir besoin de savoir comment qualifier les datas afin de faire passer celles-ci de l'autre côté mais aussi de savoir quoi indiquer comme data à l'Arduino pour qu'il déclenche la Fan.

Prochaine étape = ondes radios déclenchent à distance la fan.

Annexe 7 : Description des projets intermédiaires réalisés afin de s'appropriier le fonctionnement des outils

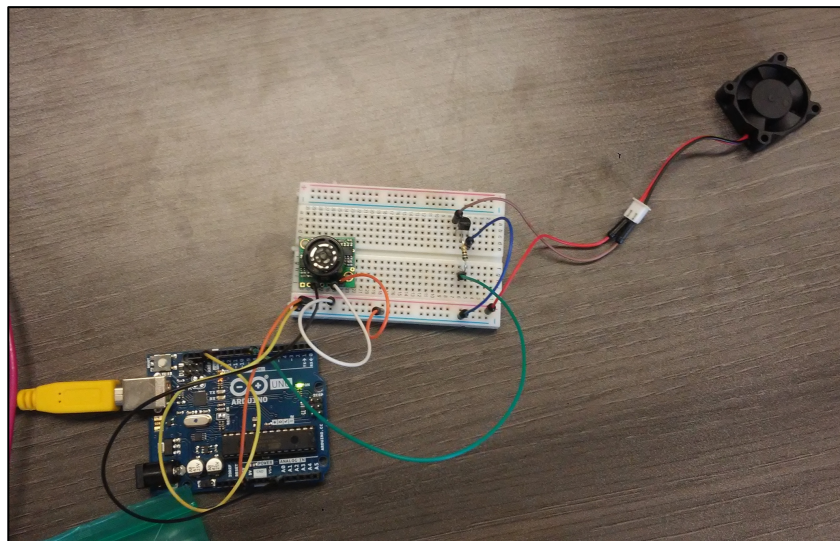
Projet n°1 : Afficher sur le moniteur sériel les données de distance enregistrées par le capteur ultrasonique

Nous branchons le capteur ultrasonique sur l'Arduino. Le capteur ultrasonique enregistre constamment des distances. Il les affiche toutes sur l'écran à notre demande. Puis nous modifions le code pour qu'il réalise la moyenne de toutes ces distances et n'affiche plus sur l'écran que deux : proche et loin : « proche » lorsqu'un objet entre dans le champ situé entre certaines données, et « loin » le reste du temps.

Projet n°2 : Déclencher un ventilateur par détection de distance avec le capteur ultrasonique

À partir de ces résultats, nous ajoutons un ventilateur au circuit pour qu'il se mette à tourner lorsqu'un objet est enregistré comme « proche ». Nous codons le système pour que le ventilateur tourne tant qu'il y a un objet dans le champ.

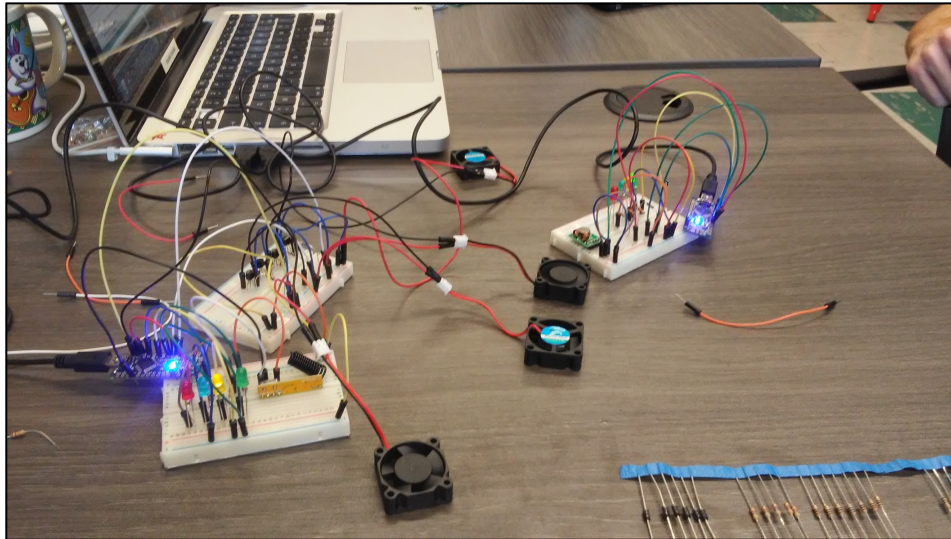
Figure 22 : Photographie du branchement du projet 2



Projet n°3 : Synchroniser deux Arduinos par fréquence radio. Le premier Arduino émet par fréquence radio à un rythme précis certaine longueur d'onde et le second Arduino déclenche les ventilateurs associés à chacune de ces longueurs d'onde pour qu'ils tournent pendant un certain temps.

Nous codons le Arduino 1 pour qu'il émette via le transmetteur radio toutes les 2, 4 et 6 secondes et que lorsqu'il émette la LED associée à la durée d'émission s'allume. Lorsqu'il n'émet pas, la LED rouge s'allume. Le Arduino 2, reçoit les via le récepteur radio les informations et allume les LED des couleurs correspondantes en conséquence. Lorsqu'il ne reçoit rien, la LED rouge allume. À chaque LED de couleur, un ventilateur est relié qui se déclenche automatiquement à l'allumage de la LED définie.

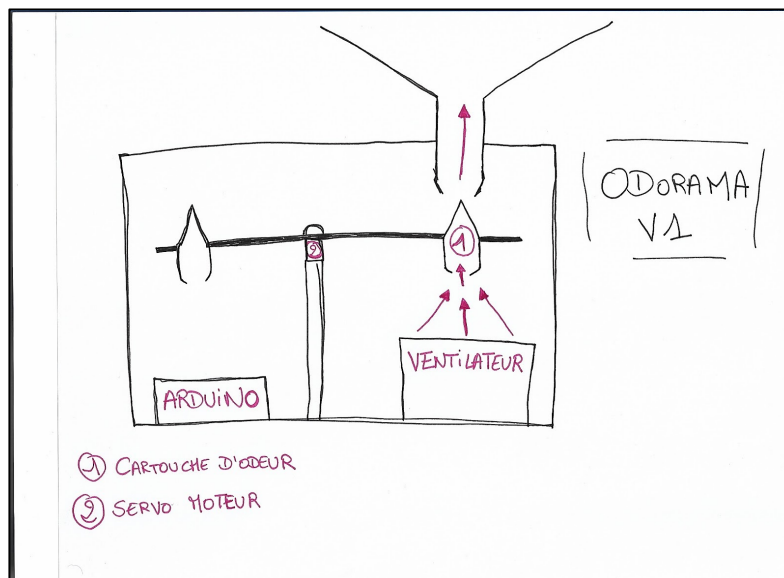
Figure 23 : Photographie du branchement du projet 3



Annexe 8 : Odorama V1

Le premier prototype que nous avons réalisé dans le cadre du DESS ACT, était fixe. Il consistait en une seule boîte posée sur une table qui contenait le dispositif électronique et mécanique. Des capteurs de capacitance étaient reliés par des pinces crocodiles à des objets conducteurs en dehors de la boîte (banane, tissu conducteur et pièce de monnaie). Les capteurs étaient branchés sur un Arduino qui enregistrait lorsqu'un des objets était touché. Il faisait alors tourner un plateau, sur lequel nous avons installé des cartouches d'odeurs réalisées par nos soins avec des huiles essentielles et du coton, selon un angle prédéfini. Chaque objet correspondait à une odeur et donc à un angle spécifique. Lorsque l'objet A était touché, le plateau tournait pour venir placer la capsule associée devant un ventilateur qui faisait remonter l'odeur le long d'un tube et dans un entonnoir où le spectateur plaçait son nez. Le moteur utilisé a surchauffé à cause du poids de la plaque que nous avons installé dessus. Ce qui a mis hors-service tout le dispositif.

Figure 24 : Schéma à main levée représentant le fonctionnement du prototype *OVI*



Annexe 9 : Code du programme gérant les parties fixe contenant les capteurs

```
transmetteur2
#define rfTransmitPin 10
#define ledPin_stop 3
#define ledPin_fan1 4
// #define ledPin_fan2 7
// #define ledPin_fan3 8
#define ledPin_sonar 5

int pause = 5000; // milliseconds
unsigned long time_paused = 0;

// All times in milliseconds
// int time_fan1 = 2000;
int time_fan1 = 4000;
//int time_fan3 = 6000;

int SonarPin=A0;
int sensorValue;

unsigned long startTime=0;
unsigned long endTime=0;
unsigned long signalDuration=0;
unsigned long timeRead = 1000000; // microseconds
const unsigned int upperThreshold = 100;
const unsigned int lowerThreshold = 50;
int highValue = 0;
int lowValue = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(rfTransmitPin, OUTPUT);
  pinMode(ledPin_stop, OUTPUT);
  pinMode(ledPin_fan1, OUTPUT);
  //pinMode(ledPin_fan2, OUTPUT);
  //pinMode(ledPin_fan3, OUTPUT);
  pinMode(SonarPin,INPUT);
  pinMode(ledPin_sonar, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPin_sonar,LOW);
  digitalWrite(ledPin_stop,HIGH);
}

void loop() {
  // read sonar value
  startTime=micros();
  signalDuration = 0;
  highValue = 0;
  lowValue = 0;

  while(signalDuration < timeRead)
  {
    sensorValue = analogRead(SonarPin);
    //Serial.println(sensorValue);
    if (sensorValue > upperThreshold)
    {
      highValue++;
    }
    else if (sensorValue < lowerThreshold)
```

```

else if (sensorValue < lowerThreshold)
{
  lowValue++;
}
Serial.println(sensorValue);
delay(100);
endTime=micros();
signalDuration = endTime - startTime;
}

// add to time paused to make sure we don't send signals too quickly
time_paused += (endTime - startTime) / 1000;
//Serial.print(lowValue);
//Serial.print(" ");
//Serial.println(highValue);
if (lowValue < highValue)
{
  Serial.println("loin");
  digitalWrite(ledPin_sonar, LOW);
  // do nothing else
}
else
{
  Serial.println("proche");
  digitalWrite(ledPin_sonar, HIGH);
  if (time_paused > pause){
    digitalWrite(ledPin_stop, LOW);
    // send RF signal
    digitalWrite(ledPin_fan1, HIGH);
    digitalWrite(rfTransmitPin, HIGH);
    delay(time_fan1);
    digitalWrite(rfTransmitPin, LOW);
    digitalWrite(ledPin_stop, HIGH);
    digitalWrite(ledPin_fan1, LOW);
    time_paused = 0;
  }
}
}
}

```

Annexe 10 : Code du programme gérant la partie mobile avec les ventilateurs

```
receveur2
#define rfReceivePin A0
#define ledPin_stop 7
#define ledPin_fan1 6
#define ledPin_fan2 5
#define ledPin_fan3 4

#define fanPin_fan1 8
#define fanPin_fan2 9
#define fanPin_fan3 10
#define fanPin_fan4 11

unsigned long startTime=0;
unsigned long endTime=0;
unsigned long signalDuration=0;
unsigned long timeRead = 500000; // microseconds

const unsigned int upperThreshold = 700;
const unsigned int lowerThreshold = 50;

int highValue = 0;
int lowValue = 0;
int rfRead;

int block_allume = 0;
int n_eteint = 0;

int temps_fan_allume = 5000; // milliseconds

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPin_stop, OUTPUT);
  pinMode(ledPin_fan1, OUTPUT);
  pinMode(ledPin_fan2, OUTPUT);
  pinMode(ledPin_fan3, OUTPUT);
  pinMode(fanPin_fan1, OUTPUT);
  pinMode(fanPin_fan2, OUTPUT);
  pinMode(fanPin_fan3, OUTPUT);
  pinMode(fanPin_fan4, OUTPUT);
  pinMode(rfReceivePin, INPUT);
}

void loop() {
  startTime=micros();
  signalDuration = 0;
  highValue = 0;
  lowValue = 0;

  // on fait la moyenne du signal sur 0,5 secondes
  while(signalDuration < timeRead)
  {
    rfRead = analogRead(rfReceivePin);
    //Serial.println(rfRead);
    if (rfRead > upperThreshold)
    {
      highValue++;
    }
    else if (rfRead < lowerThreshold)
    {
      -
    }
  }
}
```

```

    {
        lowValue++;
    }
    //delay(100);
    endTime=micros();
    signalDuration = endTime - startTime;
}

// on determine si lemetteur etait allume ou non.
// si oui, on incremente le compteur pour determiner quelle
// fan allumer
// sinon, on reset le compteur et on print la fan qu'on veut allumer
if (lowValue < highValue)
{
    // Serial.println("allume");
    block_allume++;
}
else
{
    // reset si on lit eteint au moins deux fois de suite
    if (block_allume == 0)
    {
        digitalWrite(ledPin_fan1, LOW);
        digitalWrite(ledPin_fan2, LOW);
        digitalWrite(ledPin_fan3, LOW);
        digitalWrite(ledPin_stop, HIGH);

        digitalWrite(fanPin_fan1, LOW);
        digitalWrite(fanPin_fan2, LOW);
        digitalWrite(fanPin_fan3, LOW);
        digitalWrite(fanPin_fan3, HIGH);
        delay(temps_fan_allume);
    }
    else if (block_allume > 13)
    {
        Serial.println("??");
        digitalWrite(ledPin_fan1, HIGH);
        digitalWrite(ledPin_fan2, HIGH);
        digitalWrite(ledPin_fan3, HIGH);
        digitalWrite(ledPin_stop, HIGH);

        digitalWrite(fanPin_fan1, LOW);
        digitalWrite(fanPin_fan2, LOW);
        digitalWrite(fanPin_fan3, LOW);
        digitalWrite(fanPin_fan4, LOW);
    }
    block_allume = 0;
    n_eteint = 0;
    Serial.println("eteint");
}
else
{
    n_eteint++;
}
}
//Serial.println("Low value: ", lowValue);
//Serial.println(lowValue);
//Serial.println("High value: ", highValue);
// Serial.println(highValue);
//delay(timeRead / 1000);
}

```