

École doctorale 473 Sciences de l'Homme et de la société (EDSHS)

Unité de recherche ULR 3587 Centre d'Étude des Arts Contemporains (CEAC)

Thèse de doctorat présentée par **Alban BRICENO**

Soutenue le **2 décembre 2024**

En vue de l'obtention du grade de docteur de l'Université de Lille

Discipline **Architecture (ses théories et ses pratiques), arts appliqués, arts plastiques, arts du spectacle, épistémologie des enseignements artistiques, esthétique, musicologie, musique, sciences de l'art**

Spécialité **Musicologie**

De la musique vibrotactile pour une expérience également partagée entre individus sourds et non sourds

Conception et étude d'un nouveau principe de composition

Thèse dirigée par Christian HAUER directeur
Laurent SPARROW co-encadrant

Composition du jury

<i>Rapporteuses</i>	Christine ESCLAPEZ	professeure à Aix-Marseille Université	
	Isabelle VIAUD-DELMON	directrice de recherche à l'IRCAM-CNRS	
<i>Examineurs</i>	Marcelo M. WANDERLEY	full professor à McGill University	président du jury
	Tifanie BOUCHARA	MCF à l'Université Paris-Saclay	
<i>Directeurs de thèse</i>	Christian HAUER	professeur à l'Université de Lille	
	Laurent SPARROW	MCF à l'Université de Lille	

École doctorale 473 Sciences de l'Homme et de la société (EDSHS)

Unité de recherche ULR 3587 Centre d'Étude des Arts Contemporains (CEAC)

Thèse de doctorat présentée par **Alban BRICENO**

Soutenue le **2 décembre 2024**

En vue de l'obtention du grade de docteur de l'Université de Lille

Discipline **Architecture (ses théories et ses pratiques), arts appliqués, arts plastiques, arts du spectacle, épistémologie des enseignements artistiques, esthétique, musicologie, musique, sciences de l'art**

Spécialité **Musicologie**

De la musique vibrotactile pour une expérience également partagée entre individus sourds et non sourds

Conception et étude d'un nouveau principe de composition

Thèse dirigée par Christian HAUER directeur
Laurent SPARROW co-encadrant

Composition du jury

<i>Rapporteuses</i>	Christine ESCLAPEZ	professeure à Aix-Marseille Université	
	Isabelle VIAUD-DELMON	directrice de recherche à l'IRCAM-CNRS	
<i>Examineurs</i>	Marcelo M. WANDERLEY	full professor à McGill University	président du jury
	Tifanie BOUCHARA	MCF à l'Université Paris-Saclay	
<i>Directeurs de thèse</i>	Christian HAUER	professeur à l'Université de Lille	
	Laurent SPARROW	MCF à l'Université de Lille	

Doctoral School **473 Sciences de l'Homme et de la société (EDSHS)**

University Department **ULR 3587 Centre d'Étude des Arts Contemporains (CEAC)**

Doctoral thesis defended by **Alban BRICENO**

Defended on **December 2, 2024**

In order to become Doctor from Université de Lille

Academic Field **Architecture (its theories and practices), applied arts, plastic arts, performing arts, epistemology of artistic education, aesthetics, musicology, music, art sciences**

Speciality **Musicology**

Vibrotactile music for an equally shared experience between deaf and non-deaf Individuals

Design and study of a new composition principle

Thesis supervised by Christian HAUER Supervisor
Laurent SPARROW Co-Monitor

Committee members

<i>Referees</i>	Christine ESCLAPEZ	Professor at Aix-Marseille Université	
	Isabelle VIAUD-DELMON	Senior Researcher at IRCAM-CNRS	
<i>Examiners</i>	Marcelo M. WANDERLEY	Full Professor at McGill University	Committee President
	Tifanie BOUCHARA	Associate Professor at Université Paris-Saclay	
<i>Supervisors</i>	Christian HAUER	Professor at Université de Lille	
	Laurent SPARROW	Associate Professor at Université de Lille	

L'Université de Lille n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses : ces opinions devront être considérées comme propres à leurs auteurs.

Mots clés: musique, surdité, sourd, vibration, vibrotactile, émotion

Keywords: music, deafness, deaf, vibration, vibrotactile, emotion

Cette thèse a été préparée dans les laboratoires suivants.

ULR 3587 Centre d'Étude des Arts Contemporains (CEAC)

Université de Lille
Domaine universitaire du Pont de Bois
Rue du barreau - Bâtiment C Bis
BP 60149
59653 Villeneuve d'Ascq Cedex
FRANCE



☎ 03.20.41.71.87
✉ ceac@univ-lille.fr
Site <https://ceac.univ-lille.fr>

UMR CNRS 9193 Sciences Cognitives & Sciences Affectives (SCALab)

Université de Lille
Rue du barreau
BP 60149
59653 Villeneuve d'Ascq Cedex
FRANCE



✉ contact-scalab@univ-lille.fr
Site <https://scalab.univ-lille.fr/>

« Il ne peut rien manquer à un vivant,
si l'on veut bien admettre qu'il y a
mille et une façons de vivre. »

George CANGUILHEM

DE LA MUSIQUE VIBROTACTILE POUR UNE EXPÉRIENCE ÉGALEMENT PARTAGÉE ENTRE INDIVIDUS SOURDS ET NON SOURDS**Conception et étude d'un nouveau principe de composition**

L'étude de l'expérience musicale sourde a permis de mettre en lumière le rôle fondamental du corps comme modalité de réception de la musique. Pourtant, si l'audition ou la vue s'imposent comme des modalités privilégiées selon les conceptions courantes, la modalité vibrotactile demeure souvent subsidiaire dans les pratiques musicales. C'est ainsi que l'usage actuel des technologies audiotactiles en tant que dispositifs destinés à rendre les concerts accessibles aux personnes sourdes se trouve encore limité. Dans ce contexte, cette thèse de doctorat propose d'étudier les potentialités de la musique vibrotactile à forger une expérience musicale également partagée entre individus sourds et non sourds (entendants ; malentendants). Cette recherche définit tout d'abord un nouveau principe de composition pour la musique vibrotactile, appelé *composition trajectorielle*, et dégage ses principaux paramètres. Pour exploiter de la musique vibrotactile composée selon ce principe, nous exposons la conception d'un nouveau dispositif vibrotactile et d'un ensemble de techniques de composition. Enfin, les émotions musicales constituant une dimension commune aux sourds et aux entendants, cet axe est exploré à travers deux études expérimentales comparatives. La première étude se consacre aux émotions musicales perçues à travers un gilet vibrant, tandis que la deuxième étude propose d'évaluer les capacités de séquences de musique vibrotactile composées selon notre principe à faire ressentir des émotions. Les résultats obtenus ouvrent des perspectives intéressantes pour faire de la musique vibrotactile le socle d'expériences communes plus également partagées.

Mots clés : musique, surdité, sourd, vibration, vibrotactile, émotion

VIBROTACTILE MUSIC FOR AN EQUALLY SHARED EXPERIENCE BETWEEN DEAF AND NON-DEAF INDIVIDUALS**Design and study of a new composition principle**

This study on the deaf musical experience emphasizes the body's essential role in music perception. Although hearing and sight are generally regarded as the primary senses in mainstream musical experiences, the vibrotactile modality remains secondary in most musical practices. As a result, audiotactile technologies designed to make concerts accessible to deaf individuals are still limited. In response, this doctoral thesis seeks to explore the potential of vibrotactile music to create a shared musical experience between deaf, hard-of-hearing, and hearing individuals. The research introduces a new compositional principle for vibrotactile music, termed *trajectorial composition*, and identifies its key parameters. To harness the full potential of this compositional principle, this thesis outlines the design of a novel vibrotactile device and a set of specific techniques for creating music in this modality. Additionally, since emotional responses to music are shared by both deaf and hearing individuals, two comparative experimental studies are conducted. The first examines the emotions expressed by music through a wearable tactile bass systems, while the second assesses the emotional impact of vibrotactile music sequences created using the trajectorial composition principle. The findings offer promising insights into how vibrotactile music could foster more inclusive and equally shared musical experiences.

Keywords: music, deafness, deaf, vibration, vibrotactile, emotion

ULR 3587 Centre d'Étude des Arts Contemporains (CEAC)

Université de Lille – Domaine universitaire du Pont de Bois – Rue du barreau -
Bâtiment C Bis – BP 60149 – 59653 Villeneuve d'Ascq Cedex – FRANCE –

Remerciements

Comme le veut l'usage, c'est par ces mots que se clôture le fruit de six années de « travail », bien que je trouve ce qualificatif réducteur, tant la préparation d'une thèse de doctorat représente bien davantage à mes yeux. Au-delà d'avoir investi beaucoup de temps, d'énergie et tant pour tant de mètres cubes de café que de « jus de cerveau », la réalisation d'une thèse est ponctuée de moments guidés par la curiosité, des moments de réflexion – souvent prolixes et alambiquées, mais quelquefois fructueuses! –, de réussites, mais aussi de préoccupations et de (nombreux) doutes qui se cristallisent « au fil de l'eau », sur fond de pandémie mondiale, d'instabilités sociales et d'incertitudes géopolitiques et climatiques. Cependant, et fort heureusement, une thèse est aussi une somme de rencontres, d'instantanés de partage, d'échanges et d'interactions qui ont largement nourri chez moi un sentiment persistant « d'être-au-monde » et d'appartenance à une communauté qui déborde aujourd'hui largement de la sphère scientifique. C'est donc ici que je souhaite exprimer sans modération mes remerciements et ma gratitude pour toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à créer ces instants et graver ces souvenirs dans ma mémoire.

Mes premiers remerciements s'adressent à mon directeur de recherche, Christian Hauer, ainsi qu'à mon co-encadrant, Laurent Sparrow. Votre accompagnement et votre guidance ont été exemplaires et sans failles depuis les prémises de cette thèse. Je reste particulièrement marqué par les sentiments de détermination et de motivation que j'ai pu systématiquement ressentir une fois passée la porte à la suite de chacun de nos rendez-vous. Il me semble évident que ce sont des signes qui révèlent bien à quel point cette thèse, tout comme son rédacteur, ont trouvé dans ce trio chaussure à leur pied et se sont épanouis grâce à votre bienveillance respective, votre confiance et vos encouragements toujours valorisants à mon égard, mais aussi votre rigueur scientifique et académique sans laquelle ce travail n'aurait clairement pas abouti.

Je remercie également le conseil doctoral de l'EDSHS pour avoir financé ces travaux de recherche et permis leur réalisation dans les meilleures conditions en m'accordant

un contrat doctoral. Je souhaite dans ce sillage exprimer ma reconnaissance envers l'ensemble de l'équipe pédagogique et administrative du CEAC, de SCALab, ainsi que du département de musicologie pour l'accueil que vous m'avez réservé pendant ces années et pour avoir répondu à mes différents besoins. Des remerciements tout particuliers aux membres de mon Comité de Suivi de Thèse, Francis Courtot et Florent Berthaut, ainsi qu'à l'équipe Ingénierie de la Fédération de Recherche Sciences et Cultures du Visuel (SCV) pour leurs précieux conseils et pour nos échanges qui ont eu un impact sur l'orientation et la conduite méthodologique de cette recherche. Un grand merci aux rapporteuses et aux examinateurs de cette thèse pour leur lecture fine et méticuleuse du manuscrit, ainsi que pour leurs remarques très pertinentes lors de nos échanges, qui ont ouvert chez moi d'autres pistes de réflexion et de nouvelles perspectives à explorer.

La préparation de cette thèse a connu plusieurs « maisons » et autres « terres d'accueil » situées en dehors des murs de l'Université. Si j'ai pu développer une expertise secondaire sur les qualités gustatives du café gracieusement offert au sein de ces différents lieux, mes multiples allées et venues et les rencontres que j'ai pu y faire ont surtout permis de donner un sens très concret à ce travail et de l'ancrer dans le réel. Je souhaite donc remercier grandement toute l'équipe de La Plaine Images, la première de mes maisons secondaires, et en particulier Aurélien, Frédéric, Pierre-André et Nicolas pour votre accueil et toute la considération que vous m'avez apportés. Riche et passionnante, ma période d'incubation a été une aventure humaine inoubliable, à l'instar de mes collègues de la promotion TO15 et de mes voisins incubés que j'ai pu côtoyer ou avec lesquels j'ai eu la chance de travailler directement : Frans, Christophe, Ludmila, Gus ou encore Yohann.

Impossible ensuite de ne pas mentionner L'Aéronef, dans lequel ce fut (et c'est toujours!) un réel plaisir de passer du temps, en journée comme en soirée. Merci énormément à Clémence Bruggeman, puis à Vincent Beltramo de m'avoir introduit dans cet univers gratifiant, notamment par le biais du projet TOTEM, autour duquel j'ai souvent gravité de manière privilégiée. Pour un chercheur, il n'y a pas meilleur bac à sable pour observer, échanger et expérimenter autour de la musique. Quelques mots supplémentaires pour Vincent, qui a sauvé in extrémis la réalisation de la première étude par le prêt d'un gilet vibrant. Une modeste bière était bien trop insuffisante pour te remercier!

Quel que soit le cadre, mes remerciements vont aussi à toutes les personnes dont j'ai pu croiser le chemin en cours de route et qui ont contribué à enrichir ce travail par des discussions inspirantes et stimulantes : Fanny et l'équipe de Signes de Sens pour votre aide, Enrico pour ton enthousiasme et ton expérience, Arthur pour nos discussions autour du hardware, ou encore Juliette et François pour m'avoir intégré au projet MUSIMITEX. J'ai aussi une pensée toute particulière pour Laëty Tual : merci pour ton ouverture, ta sympathie, ainsi que la grande modestie dont

tu fais preuve. Je tiens également à remercier Clémence Nineuil pour m'avoir fait économiser de nombreuses (et précieuses!) heures de travail en m'aidant dans le design expérimental des études et pour m'avoir fourni l'ensemble des données et des extraits musicaux à diffuser. Enfin, ce paragraphe serait incomplet sans nommer mes chers collègues Octavia Rioual et Sylvain Brétéché qui, au-delà de nos discussions toujours enrichissantes, m'ont fait ressentir et comprendre ce qu'être au sein d'une communauté scientifique signifiait réellement.

Quelques lignes à mes étudiants qui, non contents de m'avoir supporté comme enseignant en licence ou en master, ont parfois même persisté jusqu'à devenir des collègues et des amis. Alice, Léo et Luc : je vous souhaite tout le meilleur pour la suite!

À mes amis les plus fidèles, Yann, Armand, Alexandra, tantôt camarades de promo dans une autre vie, tantôt oreilles attentives ou encore témoins de mariage. Je m'efforce prétentieusement de le faire, mais je ne mesure jamais assez la chance de vous avoir à mes côtés malgré les kilomètres. Un petit coucou à Anaëlle, pour avoir eu le bon goût de naître à la meilleure date possible du calendrier!

À mes amies lilloises Margaux et Jeanne, qui ont soutenu quotidiennement l'homme derrière le doctorant et ont brillamment fait en sorte que je garde le cap dans les moments difficiles. Je suis fier de vous avoir dans ma vie et je me réjouis déjà des futurs événements à venir!

À ma famille, tout particulièrement mes parents et mes frères, pour avoir cru en moi et m'avoir guidé jusque-là avec un amour inconditionnel.

À ma belle-famille, pour m'avoir toujours accueilli comme un fils et pour la fierté que vous m'avez toujours accordée. Comme je sais que tu nous regardes de là-haut Patrick : comme tu peux le voir, j'y suis arrivé au bout de cette thèse!

À mon petit assistant Ravel, non pas compositeur, mais chartreux de 5 kilogrammes, particulièrement présent dans les phases de veille et de rédaction.

À toutes les personnes citées qui m'ont très justement aidé ou soutenu, et à toutes les autres ayant fait de même, mais que j'aurais très injustement oublié (pardon si c'est le cas!).

Je termine par toi Charline. D'amie chère ayant regardé avec une bienveillance rare mes premiers pas en tant qu'étudiant en musicologie et témoin d'une époque où, ne sachant lire une simple note, cette thèse n'existait pas même dans le monde abstrait des idées, a bouleversé ma vie et est finalement devenue ma femme à l'heure où j'écris ces dernières lignes. Du fond du cœur, merci infiniment d'incarner ce qui représente mon plus grand bonheur au quotidien.

À toi, mon fils. Sache que ta venue prochaine au monde et la personne que tu décideras de devenir sont – et resteront quoi qu'il advienne – l'une de mes plus grandes fiertés dans la vie. Je te dédis ce manuscrit.

Liste des acronymes

Nombres | A | B | C | D | E | F | G | H | I | L | M | N | O | P | R | S | T | U | V

Nombres

2LPE Deux Langues Pour une Éducation. 108

A

ACP Analyse en Composantes Principales. 372, 376, 388

ALPC Association nationale pour la Langue française Parlée Complétée. 48, 50

ANPEDA Association Nationale des Parents d'Enfants Déficients Auditifs. 104

APA *American Psychological Association*. 264

ASL *American Sign Language*. 68, 75, 105–108

B

BCG ballistocardiographie. 268

BIAP Bureau International d'AudioPhonologie. 29, 30

BIM Boucle à Induction Magnétique. 123, 324

BMRQ *Barcelona Music Reward Questionnaire*. 335

BSL *British Sign Language*. 160

C

CCE Cellules Ciliées Externes. 19–21, 23, 24, 26

CCI Cellules Ciliées Internes. 19, 21, 26

CEAC Centre d'Étude des Arts Contemporains. 148, 395

CERSES Centre de Recherche Sens, Éthique et Société. 110

CIF Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé. 14

CIH Classification Internationale des Handicaps. 13, 14, 52

CMI Carte Mobilité Inclusion. 29
CNM Centre National de la Musique. 235, 236
CS Cued Speech. 47–49

D

DAC Convertisseur Numérique-Analogique. 310, 311
DES *Differential Emotion Scale*. 265
DIPH Délégation Interministérielle aux Personnes Handicapées. 118
DJ *Disc Jockey*. 161
DMI *Digital Musical Instruments*. 217–219, 227, 228, 232, 386
DREES Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques. 13, 14

E

EAS Electric-Acoustic Stimulation. 42
ECG électrocardiographie. 269
EDA Activité Électrodermale. 269, 271, 369, 384
EDR Réponses Électrodermales. 269, 270
EEG Électroencéphalographique. 67
EEPS Enfant Entendant de Parents Sourds. 34
EHES École des Hautes Études en Sciences Sociales. 81, 92, 131, 407, 429
ERM Moteurs à masse Rotative Excentrique. 225, 229, 277, 279, 303, 304
ERP Établissements Recevant du Public. 117, 118, 121–123, 127, 150, 153, 233, 234, 238, 241, 289, 351
EVA éthylène-acétate de vinyle. 294, 295

F

FMS Fédération Mondiale des Sourds. 104–106
FMSS *Film Music Stimulus Set*. 283, 330–332, 342, 343, 349, 351

G

GEMS *Geneva Emotion Music Scale*. 259

H

HAS Haute Autorité de Santé. 15, 40, 41, 57
HCI *Human-Computer Interaction*. 209, 211, 217, 273, 274
HID Handicaps, Incapacités, Dépendance. 13, 14
HMI *Haptic Musical Interfaces*. 218
HMP *Haptic Music Players*. 218, 236, 238, 245, 333

HR fréquence cardiaque. 268, 388
HRV variabilité de la fréquence cardiaque. 269, 388, 397

I

ICC Industries Culturelles et Créatives. 2
IHM Interaction Homme-Machine. 4, 6, 389, 396
INA-GRM Groupe de Recherches Musicales. 315
INJS Institut National de Jeunes Sourds de Paris. 48, 84, 93, 428
INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques. 13, 14
INSHEA Institut National Supérieur de formation et de recherche pour l'éducation des jeunes Handicapés et les Enseignements Adaptés. 50, 69
IOP Installations Ouvertes au Public. 117
IRMF Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle. 64, 200
ISI *Inter-Stimulus Intervalle*. 194, 205, 250
ISO International Organization for Standardization. 29
ISWA Alphabet International d'Écriture des Signes. 58
IVT International Visual Theatre. 109, 113, 133–135, 144, 149, 151, 156

L

LCC Langage Complété Cornett. 48
LFA limitations fonctionnelles auditives. 14, 15
LFO *Low Frequency Oscillator*. 319, 321
LFPC Langue française Parlée Complétée. 48, 50, 122
LPC Langues Parlées Complétées. 47, 49, 50
LRA *Linear Resonant Actuators*. 303
LS Langues des Signes. 11, 32, 47, 56–66, 68, 70, 71, 73, 75, 77, 86, 96–102, 104–109, 113, 123–125, 135–137, 143, 144, 146–151, 153, 155, 160, 161, 163, 164, 246, 382, 386, 399, 456
LSF Langue des Signes Française. 12, 56–58, 62–64, 68–72, 75, 88, 93, 107–109, 122, 124, 125, 131, 134, 144, 152, 155, 289, 329, 334, 339, 351, 358, 365, 456
LSSF langue des signes à syntaxe française. 64

M

MAO Musique Assistée par Ordinateur. 312, 313, 359
MDPH Maisons Départementales des Personnes Handicapées. 29, 71
MHC *Model Human Cochlea*. 222–225, 239, 255, 278, 280, 306, 326, 383, 384
MIT *Massachusetts Institute of Technology*. 227, 294
MRU Mouvement Rectiligne Uniforme. 250

N

NIH *National Institutes of Health*. 334

O

OMS Organisation Mondiale de la Santé. 12, 14, 30, 31

ONU Organisation des Nations Unies. 117, 119, 122

P

PCH Prestation de Compensation du Handicap. 29

PMR Personnes à Mobilité Réduite. 245

PPG photopléthysmographie. 269

PSH Personnes en situation de handicap. 126, 149, 151, 233

PSM Publics Sourds ou Malentendants. 324

R

RAC Recherche-Action Collaborative. 389, 398

S

SAM *Self-Assessment Manikin Scale*. 284, 336–339, 364

SAT substitution audio-tactile. 221, 222, 224, 232, 242–244, 255, 263, 274, 278, 282, 324–329, 343, 347, 349, 350, 352, 353

SC *Skin Conductance*. 269, 270, 355, 357, 363, 369–373, 376, 377, 382, 384, 388, 395, 460

SCL niveaux de conductance cutanée. 270

SCR *Skin Conductance Responses*. 270

SHS Sciences Humaines et Sociales. 3, 107, 109

SJ *Sign Jockey*. 161

SMAC Scènes de Musiques Actuelles. 238

SMT Stimulation Magnétique Transcrânienne. 201

SOA *Stimulus Onset Asynchrony*. 199, 205, 250, 306

SSS *Sensory Substitution Systems*. 211

SUB Surdité Unilatérale Brusque. 27

T

TAC *Tactile Acoustic Monitor*. 213

TVSS *Tactile-to-Vision Substitution System*. 211, 214, 215, 222, 326

U

USA  tats-Unis d'Amérique. 237

V

VJ *Visual Jockey*. 161

VMC *Vibrotactile Music Composition*. 6, 226–229, 232, 241, 247–249, 251, 255, 263, 279, 281, 282, 284, 318, 393

VMI *Vibrotactile Music Interfaces*. 218, 219, 221, 224

VMP *Vibrotactile Music Players*. 218, 221, 222, 225, 227–229, 236, 248, 284, 287–298, 302–311, 314, 356, 385–387, 459, 460

Sommaire

Résumé	xv
Remerciements	xvii
Liste des acronymes	xxi
Sommaire	xxvii
Introduction	1
I Musique, surdité(s), sourds : cadre théorique et état de l'art	9
1 Surdité(s) : généralités et rappels	11
2 Du sourd au Sourd : histoire, développement et opposition des paradigmes de description	79
3 Des sourds et de la musique : accessibilité, formes d'expression et pratiques musicales sourdes	115
II <i>Codage musical</i> de stimuli vibrotactiles	167
4 Mécanismes neurophysiologiques et perceptifs de la modalité vibrotactile	169

5	Codage de signaux vibrotactiles : état des connaissances et applications en musique	205
6	Musique, émotions et stimulation vibrotactile	235
7	Vers une <i>composition trajectorielle</i> de stimuli vibrotactiles	263
	Raison d'être de l'approche expérimentale	285
III	Contribution expérimentale	289
8	Méthode générale	291
9	Étude n° 1 : La <i>dégradation</i> des émotions exprimées par la musique lors de la Substitution Audio-Tactile (SAT) : une étude comparative entre individus sourds et individus non sourds	327
10	Étude n° 2 : Exprimer des émotions à travers la musique vibrotactile : évaluation de la <i>composition trajectorielle</i> chez des participants sourds et non sourds	359
	Conclusion générale et perspectives	395
	Références bibliographiques	405
A	Annexes	439
	Table des matières	459

Introduction

Les sourds jouissent d'une expérience vivante de la musique. Ce qui dépasse désormais le simple stade de l'exception à la règle ou de l'expérimentation isolée, pour mieux se dévoiler en tant que réelle scène musicale forte d'un ensemble de pratiques, ne cesse de croître à travers le monde. L'intérêt pour les pratiques musicales sourdes se dévoile également dans les travaux universitaires qui, bien que peu nombreux encore, se proposent conjointement d'en faire l'étude. Car voilà plusieurs décennies que les sourds investissent de plus en plus les espaces musicaux. Un investissement rendu visible par l'exécution scénique de formes musicales liées à la langue des signes, par des expérimentations sonores et sensorielles variées, ou encore par des collaborations avec le monde universitaire, comme en témoigne la tenue récente d'un colloque scientifique dédié à l'expérience musicale sourde au sein des murs de la Philharmonie de Paris¹.

Ces récents allers-retours entre milieux artistique et académique ont ainsi pavé la voie à la constitution d'un champ de recherche dont la quête de légitime existence se voit progressivement déchargée d'une injonction de justification, longtemps préalablement ancrée autour du « paradoxe » du sourd musicien ou mélomane. Il semblerait donc que ce temps soit derrière nous : celui où la relation entre la musique et les sourds se limitait à la seule évocation de la vie et de l'œuvre du célèbre compositeur clôturant la première école de Vienne, ou encore à quelques exemples de musiciens sourds – l'étant devenus pour la plupart. Ainsi, de par leur présence en tant que public, sur scène ou à travers les médias numériques tels que les réseaux sociaux ou les plateformes d'hébergement vidéo en ligne, les sourds sont de plus en plus compris, au

1. Colloque intitulé : « *Au-delà du son : surdités et expériences musicales* », tenu les 8 et 9 décembre 2023. Voir : <https://philharmoniedeparis.fr/fr/activite/colloque/26792-au-dela-du-son-surdites-et-experiences-musicales>, (visité le 20-02-2024).

sens que le définit l'ethnomusicologue Gilbert Rouget, comme des « musiciens »². En ce sens donc, bien que cette représentation ne soit pas encore généralisée, ouvrir cette présente thèse de doctorat par de telles prémisses relève d'un certain privilège.

« Mais où sont les sourds dans tout ça ? »

Pour autant, si les sourds « musiquent », la part de leurs contributions artistiques reste relativement mineure eu égard à la globalité des productions musicales jouées sur scène ou enregistrées sur support. À l'exception des quelques bastions culturels existants dans l'Hexagone, plus rares encore se font la présence et le positionnement des personnes sourdes dans la filière de la musique ou du spectacle vivant, viviers professionnels pourtant particulièrement fertiles³ au sein de ce que l'on nomme aujourd'hui les Industries Culturelles et Créatives (ICC)⁴. La voie de la facilité consisterait à expliquer cette mise en marge par le seul argument démographique. Les personnes sourdes constituant sur un plan quantitatif une minorité dans notre pays, il serait tentant de penser qu'il va de soi que la proportion des productions musicales et le nombre de salariés sourds au sein des lieux de musique sont moindres. Or, ce raisonnement néglige en réalité des interrogations pourtant fondamentales concernant les conditions d'accès actuelles des personnes sourdes à l'expérience musicale.

À l'heure où les actions se poursuivent pour tenter de garantir l'égalité des droits et des chances, ainsi que l'objectif de pleine participation à tous les aspects de la vie – notamment portés juridiquement dans le champ du handicap depuis la loi du 11 février 2005, il semble que la musique résiste encore aux tentatives de « déconstruction »⁵ objectives des stéréotypes liés au cantonnement de l'emploi des personnes sourdes dans certains secteurs d'activité ou métiers. Au cours de la rédaction de ce présent travail de thèse de doctorat, nombre de constatations et de critiques parfois animées – émises par des personnes sourdes comme par des personnes entendant – ont pu être relevées à travers des situations mettant en jeu les conditions du partage de la musique. Des situations dans lesquelles les personnes sourdes se trouvent secto-

2. ROUGET, Gilbert, « L'efficacité musicale : musiquer pour survivre. Le cas des Pygmées », in : *L'Homme* 171-172, 2004, p. 27-52.

3. Selon le dernier panorama des Industries Culturelles et Créatives en France, publié par l'agence France Créative : « la musique et le spectacle vivant constituent les deux filières affichant les effectifs les plus importants ». Voir : FRANCE CRÉATIVE, *L'économie mosaïque : 3^e Panorama des Industries Culturelles et Créatives en France*, Paris : Ernst & Young Advisory (EY), 2019, p. 14.

4. Pour une vue d'ensemble de la filière musicale sur le plan économique, voir par exemple : <https://societe.sacem.fr/ecosysteme>, (visité le 27-02-2024).

5. KERBOUCH, Sylvain *et al.*, « “Soyez raisonnables”. De l'aménagement des situations et des conditions du travail, aux stratégies professionnelles de salariés sourds », in : *Rapport de recherche du Centre d'études de l'emploi et du travail (CEET)* 110, 2022.

risées au rang de public ou de simple « consultant »⁶ extérieur, lorsqu'elles ne sont pas simplement mises à l'écart de tout processus créatif ou décisionnaire les concernant et permettant à la musique de « faire œuvre ».

Face à cela, une question récurrente demeure : « mais où sont les sourds dans tout ça ? ». C'est ainsi que, trop souvent conditionnée par l'aspect fonctionnel du système auditif, la musique demeure, comme l'écrivait le sociologue Bernard Mottez à propos de la surdité, une expérience « inégalement » partagée⁷.

Positionnement scientifique et problématique générale

Que peut bien faire alors le musicologue et plus globalement la musicologie face à une telle problématique socialement et culturellement située ? Au regard de la discipline dans son ensemble et contrairement à d'autres Sciences Humaines et Sociales (SHS), peu de travaux musicologiques ont fait des interactions entre les sourds et la musique leur objet d'étude⁸. Or, ce qui peut être souligné avec assurance, c'est que la globalité de ces travaux s'inscrit dans une approche hautement interdisciplinaire pour tenter d'explorer et de comprendre au mieux, par le prisme de la musique et de ses pratiques, le complexe ensemble de réalités et d'enjeux dissimulé derrière le terme « surdité ». Ce faisant, c'est en prenant la « réalité musicale sourde »⁹ comme point de départ que ces travaux se caractérisent par le décroisement des « savoirs » et des « faire »¹⁰. Il s'agit donc ici de penser le « point de vue »¹¹ musicologique « à partir »¹² de son objet d'étude, c'est-à-dire en portant un regard « par essence »¹³ interdisciplinaire, se nourrissant « d'une multitude de points de vue disciplinaires différents »¹⁴.

6. NANCHEN, Benjamin *et al.*, « Innover avec et pour les personnes en situation de handicap. Vers une approche transdisciplinaire de co-innovation », in : *Alter* 17.4, 2023, p. 69-84.

7. MOTTEZ, Bernard, *Les Sourds existent-ils ?*, La Philosophie en commun, Paris : L'Harmattan, 2006, p. 161.

8. En France, à notre connaissance, seuls trois musicologues ont publié, principalement au cours de la dernière décennie, des travaux académiques sur le sujet : Sylvain Brétéché, Sandrine Perraudeau et Octavia Rioual.

9. BRÉTÉCHÉ, Sylvain, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et "expérience musicale Sourde" », in : ESCLAPEZ, Christine, *Ontologies de la création en musique (Volume III)*, Paris : L'Harmattan, 2014, p. 21-48.

10. ESCLAPEZ, Christine et BRÉTÉCHÉ, Sylvain, « L'objet (du) musicologique. Réflexion métamusicologique », in : *Itamar. Revista de investigación musical* 6, 2020, p. 236-260.

11. TRAUBE, Caroline, « Quelle place pour la science au sein de la musicologie aujourd'hui ? », in : *Circuit. Musiques contemporaines* 24.2, 2014, p. 41-49.

12. ESCLAPEZ et BRÉTÉCHÉ, *op. cit.*

13. *Ibid.*

14. TRAUBE, *op. cit.*

Ce point de vue est celui adopté pleinement dans ce présent travail de thèse de doctorat. En faisant de l'expérience musicale sourde notre objet musicologique et le point de départ de notre questionnement, notre propos se construit ainsi à partir de la convocation et du croisement de travaux issus d'un ensemble large et varié de disciplines scientifiques et de domaines : l'anthropologie, l'histoire, la sociologie, la philosophie, les sciences médicales, les sciences cognitives et les sciences affectives, ou encore l'Interaction Homme-Machine (IHM). C'est à travers ce regard pluridisciplinaire que nous tenterons de comprendre dans quelle mesure l'étude de l'expérience et des pratiques musicales sourdes peut permettre de rééquilibrer le partage de la musique – telle que celle-ci se concrétise en tant que spectacle vivant en France – entre les populations sourdes et non sourdes. L'enjeu auquel répond cette problématique générale confère ainsi une dimension fondamentalement appliquée à ce travail de recherche.

Pour autant, notre approche n'a pas vocation à « s'emparer » de cet objet d'étude pour le cantonner à une musicologie qui serait hermétique à toute contribution profane, en particulier provenant des personnes sourdes. En effet, la posture adoptée tout au long de la préparation de ce présent travail de thèse de doctorat est celle d'un musicologue entendant dénué d'expérience initiale des réalités cliniques, sociales ou culturelles des sourds. C'est pourquoi, dans ce sillage, notre démarche ne vise donc pas à se substituer aux sourds pour décrire ce qu'est la musique pour eux, mais plutôt d'apprendre de leur vécu musical à travers leurs savoirs – rapportés *a posteriori* par la littérature scientifique – afin de mieux comprendre, du point de vue musicologique, les limites de nos conceptions dominantes actuelles. En définitive, notre posture vis-à-vis des sourds est à l'image de celle très justement décrite par Bernard Mottez : « je ne leur apporte rien en somme, sinon ma propre curiosité »¹⁵.

« De quoi parlons-nous quand nous parlons de “sourds” ? »¹⁶

Afin de répondre au mieux à cette problématique et d'envisager l'ensemble des dimensions sémantiques introduit par notre objet d'étude, il convient au préalable de mener à bien un travail de contextualisation et de clarification des notions dont il sera question tout au long de cette thèse de doctorat. Telle est la tâche à laquelle nous nous employons dans la première partie, dont la raison d'être première est de fournir un cadre holistique de compréhension ancré dans un état élargi des connaissances sur « la » surdité, les sourds et leurs interactions avec la musique. La musicologie restant davantage observatrice que contributrice dans l'apparition et la définition de

15. MOTTEZ, *op. cit.*, p. 162.

16. Formulation empruntée *verbatim* au titre d'un article de la philosophe Andrea Benvenuto. Voir : BENVENUTO, Andrea, « De quoi parlons-nous quand nous parlons de “sourds” ? », in : *Le Télémaque* 1.25, 2004, p. 73-86.

ces notions à travers les âges, le point de vue interdisciplinaire que nous évoquions précédemment et adopté dans ce présent travail prend donc, dans ces premiers chapitres, tout son sens.

Par ailleurs, de la complexité de notre objet d'étude émane une complexité terminologique particulière qui impose, à l'image d'une large majorité de travaux de la littérature, une clarification quant à l'emploi et l'orthographe du terme « sourd ». Sans entrer davantage au cœur de ce qui sera développé dans cette première partie et sauf exception ¹⁷, c'est le terme « sourd », écrit avec un « s » minuscule, qui, pour une raison d'intelligibilité de notre discours, sera globalement employé au sein de cette thèse de doctorat. En revanche, nous n'excluons pas derrière l'emploi de la minuscule les réalités anthropoculturelles qui ont conduit à la définition et à l'usage, dedans et en dehors de la littérature, du terme « Sourd », écrit avec un « S » majuscule. C'est pourquoi le terme « sourd » est ici employé pour désigner tout individu dont l'expérience de la surdité implique une condition sociale spécifique, liée ou non au handicap, ou encore à la revendication d'une identité culturelle partagée. À l'inverse, le terme « non sourd » rassemble les individus qui ne s'inscrivent pas dans cette dernière définition (tels que les personnes « entendantes » ou les personnes « malentendantes »).

Ainsi, le premier chapitre (cf. 1) engage une description de la surdité qui, au regard de son importante polysémie, est à la fois abordée à travers ses aspects médicaux (anatomiques, physiologiques, étiologiques, cliniques), sociaux (liés au handicap et aux interactions sociales) ou encore culturels (minorité culturelle et linguistique), dont l'ensemble participe à forger de nos jours plusieurs « paradigmes de description » des sourds. Dans l'optique d'approfondir la contextualisation de la formation de ces paradigmes, la compréhension de ses tenants et des représentations véhiculées de nos jours, le second chapitre (cf. 2) est consacré à une revue de l'histoire des sourds, de ses figures et de ses moments principaux. Enfin, à la lumière des connaissances rapportées, le troisième chapitre (cf. 3), quant à lui, porte sur l'accès des sourds à la musique et les moyens d'accessibilité qui s'y rattachent, ainsi que sur l'étude de l'expérience musicale sourde par le prisme notamment de ses formes d'expression et de ses pratiques artistiques. Au regard de notre problématique, cette lecture vise à proposer, à partir de la réalité musicale sourde, une piste de réflexion pouvant être exploitée dans ce travail.

17. En fonction du contexte, notamment en respect de la casse utilisée au sein des citations, ou encore celle utilisée par leur auteur pour définir certains concepts ou certaines notions spécifiques (par exemple : le « Réveil Sourd »).

Faire du corps un bien (en) commun : « ce que nous apprennent les sourds »¹⁸

À juste titre, ce que nous révèle « l'expérience musicale sourde » transparaît à travers la place spécifique et le rôle fondamental qu'occupe le corps en son sein, tel que s'efforce de le démontrer maintenant depuis plusieurs années le musicologue Sylvain Brétéché, à qui nous devons très largement la propagation de la formule dans le paysage scientifique. C'est ainsi que Mottez décrivait, dès le milieu des années soixante-dix, une « façon tellement autre »¹⁹ d'utiliser le corps, qui démontre que « le rythme, l'harmonie et le silence qu'on croyait ne relever que d'une expérience auditive, peuvent être expérimentés sous d'autres modes »²⁰. Or, ce ne sont pas sur les qualités visuelles ou visuogestuelles du corps musicien – concrétisées en particulier dans les pratiques artistiques en langue des signes – sur lesquelles repose le mode dont il est ici question, mais bien sur la qualité sensible du corps lui permettant d'être envisagé en tant que modalité partagée de création, de jeu et d'écoute musicales.

Cette réflexion est développée dans la seconde partie de cette thèse de doctorat, par le prisme, là encore, d'un ensemble de disciplines. Le chapitre quatre (cf. 4) est consacré à l'étude de la modalité tactile, c'est-à-dire des mécanismes (neuro)physiologiques et psychophysiques du corps, et plus précisément de la peau (modalité appelée dès lors : modalité vibrotactile), qui permettent d'aboutir à la perception des vibrations. Ces connaissances fournissent un cadre théorique au chapitre cinq (cf. 5) qui met en lumière comment cette modalité, au sein des travaux en IHM et plus spécifiquement dans le champ émergent et interdisciplinaire de l'« haptique musicale »²¹, est exploitée afin de délivrer des informations vibrotactiles dans un contexte général et d'applications variées en musique, incluant notamment des personnes sourdes. Cette perspective est poursuivie dans le chapitre six (cf. 6), qui aborde plus spécifiquement l'usage des signaux vibrotactiles à l'aune des émotions musicales.

En parallèle des connaissances apportées par la littérature scientifique se manifeste aujourd'hui un déploiement croissant des technologies dites « audio-tactiles » au sein des structures de diffusion et de créations musicales. Ces technologies, qui apparaissent sous la forme de mobilier ou de dispositif vibrant portatif (dont les plus emblématiques sont regroupés autour de l'appellation « gilets vibrants »), trouvent une pertinence aux yeux des professionnels du spectacle vivant, chez qui, pour nombre d'entre eux, cet équipement apporte une réponse au besoin de participation des

18. Pour reprendre ici le titre de la conclusion de la monographie phare de l'anthropologue Yves Delaporte. Nous ajoutons toutefois que si le « nous » employé par Delaporte désigne un nous collectif renvoyant à la société entendante, ce *nous*, dans le cadre de ce présent travail, peut également être compris comme désignant la musicologie et les musicologues dans leur ensemble. Voir : DELAPORTE, Yves, *Les Sourds c'est comme ça*, Paris : Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2002.

19. MOTTEZ, *op. cit.*, p. 165.

20. *Ibid.*

21. De l'anglais : « *Musical Haptic* ».

publics sourds à la musique, selon une perspective d'accessibilité conjointe au cadre du handicap. Par conséquent, en se reposant sur les chapitres précédents, le chapitre sept (cf. 7) dresse un ensemble de critiques concernant l'usage de ces technologies au sein des lieux de musique et souligne en quoi ces dernières, à l'heure actuelle, ne permettent pas de répondre de manière efficace aux enjeux sur lesquels repose leur attente – rendre accessible aux personnes sourdes l'expérience de la musique en concert, ainsi qu'à notre problématique.

En réponse à ces limites, l'orientation de cette thèse de doctorat prendra, dès lors, la forme d'une proposition de solution, sur le fondement de l'exploration de la « musique vibrotactile » comme perspective de création musicale commune et partagée entre sourds et non sourds. Par conséquent, nous tentons, dans le sillage de ce même chapitre, de définir un nouveau principe de « composition musicale vibrotactile » (ou « *Vibrotactile Music Composition* (VMC) »), appelé « *composition trajectorielle* », et d'en formuler ses principaux paramètres. C'est ainsi, à la lumière des critiques formulées à l'égard des technologies audio-tactiles et de la constitution de ce nouveau principe, que la nécessité de conférer à ce travail un volet expérimental nous conduira, dans une section *ad hoc* (cf. 7.2.2), à émettre un ensemble d'hypothèses théoriques et à formuler une question de recherche expérimentale s'inscrivant dans le prolongement de notre problématique générale.

Contribution pour une expérience musicale (également) partagée²²

Motivée par la volonté de mettre à l'épreuve la légitimité et la validité de la « *composition trajectorielle* », la troisième partie de ce travail constitue notre contribution expérimentale, initiée par un chapitre précisant les contours méthodologiques généraux de l'approche engagée. Compte tenu de la disconvenance, en raison de leurs limitations techniques, des technologies audio-tactiles disponibles dans le commerce, le chapitre huit (cf. 8) s'ouvre sur la conception d'un dispositif capable de reproduire les stimuli vibrotactiles composés selon le principe de *composition trajectorielle*, ainsi que sur la description des techniques préalablement employées en informatique musicale pour y parvenir. Cette conception s'inscrit à travers les spécificités environnementales, sociales ou encore culturelles de notre objet d'étude, qui invitent à être prises en compte et incombent *de facto* à cette démarche de recherche expérimentale, *a fortiori* puisque celle-ci implique des participants sourds. C'est donc en considération de ces spécificités que ce même chapitre définit un cadre de conception sous la forme d'un cahier des charges.

Forts de ce soubassement méthodologique, les chapitres neuf et dix décrivent les deux études expérimentales comparatives, menées en parallèle dans une période

22. En référence à la notion d'expérience « inégalement » partagée introduite par Bernard Mottez, citée également plus haut. Voir : MOTTEZ, *op. cit.*, p. 161.

comprise entre mars et avril 2024. L'intérêt scientifique pour l'usage des technologies audio-tactiles dans une perspective d'accessibilité reste encore en deçà du rythme par lequel ces dernières s'implantent dans les salles de concert et autres festivals musicaux. Dans le même temps, les observations et les propos collectés dans les rares travaux qui étudient ces technologies dans leur milieu d'usage contrastent avec les discours souvent laudatifs des publications journalistiques régulières qui soulignent les bénéfices apportés par ces technologies auprès du public sourd. Il reste que, du point de vue de la littérature, les effets de ces technologies sont méconnus.

C'est ainsi que la première étude (cf. 9) se consacre à l'objectivation de la capacité d'un gilet vibrant du commerce à transmettre des dimensions émotionnelles d'un ensemble d'extraits de musiques de film chez des participants sourds et entendants. La seconde étude (cf. 10), quant à elle, vise à fournir, selon un paradigme méthodologique similaire à l'étude précédente, une évaluation primaire de séquences de musique vibrotactile, composées selon le principe de « *composition trajectorielle* » et reproduites par le dispositif précédemment évoqué, à exprimer des émotions musicales. Les résultats fournis par ces deux études seront discutés à la lumière de la littérature, afin de fournir des perspectives pour de futurs travaux, mais également des pistes de réflexion pour envisager des applications concrètes sur la base de cette contribution.

Première partie

Musique, surdité(s), sourds : cadre théorique et état de l'art

CHAPITRE 1

Surdité(s) : généralités et rappels

Sommaire du présent chapitre

1.1 Données quantitatives	12
1.1.1 �� l'international	12
1.1.2 En France	12
1.2 Aspects organique et fonctionnel	15
1.2.1 Rappels otologiques sur l'anatomie du système auditif hu- main	16
1.2.2 Mécanismes physiologiques du système cochléaire	19
1.2.3 Typologie et étiologie de la surdité	25
1.2.4 Classification audiométrique des déficiences auditives . . .	28
1.3 Aspects social et communicationnel	31
1.3.1 Invisibilité et obstacles liés à la communication	32
1.3.2 Compensation audioprothétique : la voie de la réhabilitation auditive	36
1.3.3 Apports d'éléments multimodaux à la compréhension de la parole	42
1.3.4 Le modèle d'intégration audiophonologiste	51
1.3.5 Utilisation des Langues des Signes (LS)	57
1.3.6 Législation et accès à l'éducation : entre paradoxe et diglossie	68

1.3.7 L'inscription culturelle de la Langue des Signes Française (LSF) : retournement et rejet du stigmate	71
1.4 Des surdités : une expérience plurielle	76

1.1 Données quantitatives

1.1.1    l'international

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime le nombre de personnes atteintes de d  fici  nce auditive incapacitante¹ à travers la planète à plus de 430 millions, soit 5 % de la population mondiale². Ce chiffre connaît une tendance à l'augmentation, car, selon l'OMS, il est prévu que, d'ici à 2050, près d'une personne sur dix pourrait être atteinte de d  fici  nce auditive, soit plus de 700 millions d'individus au total. Cette augmentation est expliquée par l'accroissement de la population mondiale et la proportion accrue de la population de personnes âgées (presbyacousie).

Néanmoins, l'exposition excessive au bruit (trop forte et trop longue) compte parmi les causes majeures de perte d'audition. De plus, cette cause, contrairement à d'autres pouvant aboutir à une finalité similaire, est considérée comme évitable, car directement induite par des pratiques et des facteurs liés à nos modes et habitudes de vie (incluant certaines pratiques d'écoute musicale, telles que l'écoute en concert, ou encore l'usage excessif et prolongé de dispositifs d'écoute nomades par exemple), notre environnement (pollutions sonores dues à l'activité humaine), ainsi qu'aux conditions de travail dans certains milieux professionnels à risque. Les autres facteurs mentionnés sont d'ordre génétique, pathologique (maladie infectieuse ou infections chroniques de l'oreille), médicamenteux (prise de médicaments ototoxiques) ou encore issus de complications néonatales.

1.1.2 En France

En France, les principales données quantitatives concernant les personnes présentant une altération de la fonction auditive ont été introduites dans le cadre plus général du handicap, notamment par l'Institut National de la Statistique et des études économiques (INSEE), puis la Direction de la Recherche, des études, de l'évaluation et des Statistiques (DREES), service rattaché à l'actuel ministère des Solidarités et de

1. L'OMS considère une d  fici  nce auditive comme incapacitante dès lors que la perte d'audition mesurée après examen audiométrique est, dans la meilleure oreille, supérieure à 40 décibels (dB) chez l'adulte et à 30 dB chez l'enfant.

2. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>, (visité le 02-07-2024).

la Santé. Dans une étude de 2007 publiée suite à l'enquête Handicaps, Incapacités, Dépendance (HID)³, le nombre de personnes porteuses d'un handicap auditif est estimé à environ 5,2 millions, dont 303 mille ayant une déficience auditive profonde ou totale (aussi appelée « anacousie » ou « cophose »)⁴.

Toutefois, l'enquête HID se base sur la Classification Internationale des Handicaps (CIH) de 1980, aussi appelée « classification de Wood »⁵, qui considère le handicap comme le produit issu de la relation de cause à effet entre trois facteurs : déficiences, incapacités et désavantages⁶. En amalgamant ainsi handicap et maladie, dans un contexte où la situationnalisation du handicap et la mise en cause de l'environnement matériel, institutionnel et social s'annoncent comme des progrès sociaux majeurs⁷, la CIH sera vigoureusement critiquée. De ce fait, afin d'écarter toute terminologie « défective »⁸, une révision sera engagée dès 1995 et conduira en 2001 à la création par l'OMS de la Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF). Adoptée par deux cents pays, la CIF fournira un socle commun de concepts et de nomenclatures qui s'imposera en tant que cadre de référence

3. Publiée par l'INSEE et réalisée en plusieurs étapes de 1998 à 2001, l'enquête HID s'intéresse aux conséquences sanitaires engendrées par le handicap en France, à travers notamment des enquêtes de terrain portant sur de nombreux aspects du handicap, tels que la description des déficiences et de leur origine, la description des incapacités, l'environnement socio-familial, les conditions de logement, l'accessibilité du logement et aux aides techniques, les déplacements et transports, la scolarité et les diplômes, l'emploi, les revenus et la reconnaissance officielle du handicap, les loisirs, les vacances, ou encore les pratiques sociales et culturelles.

4. Disponible sur : <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/er589.pdf>, (visité le 28-01-2020).

5. Du nom du rhumatologue anglais Philip Wood qui a dirigé la réalisation de cette classification. Voir : OMS, *Classification internationale des handicaps : déficiences, incapacités et désavantages*, Paris : CTNERHI - INSERM, 1988, URL : https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41005/9782877100205_fre.pdf;sequence=1.

6. VILLE, Isabelle, FILLION, Emmanuelle et RAVAUD, Jean-François, *Introduction à la sociologie du handicap. Histoire, politiques et expérience*, Ouvertures politiques, Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2014, p. 94.

7. Rappelons que, à la même période, sont pour la première fois évoqués les termes de « situation de handicap », ou plutôt de « handicap de situation », à travers les travaux de Pierre Minaire et Jean Cherpain qui, par la suite, articuleront ce concept dans le cadre de réflexions sur l'accessibilité aux transports urbains. Voir : MINAIRE, Pierre et CHERPIN, Jean, « Handicaps et handicapés : pour une classification fonctionnelle », in : *Cahiers Médicaux Lyonnais* 52.2, 1976, p. 479-480.

8. Nous empruntons ce terme au philosophe et historien anthropologue français Henri-Jacques Stiker pour qui le handicap reste l'un des axes de recherche majeurs de l'ensemble de son travail. Le chercheur regroupe sous le qualificatif « défectif » l'ensemble des mots aux préfixes en « in/im » ou « dé » (tels que : invalide, imbécile, incapable, infirme ou encore déficient, débile, désavantagé, etc.) qui, à travers les représentations sociales, ont longtemps désigné et désignent parfois encore les personnes en situation de handicap.

international sur le handicap, et pr  parerera l'avènement de nombreuses réformes sur le plan légal au sein des   tats membres⁹.

Dix ans plus tard, en 2008, une nouvelle enquête nommée « Handicap-Santé » (HSM pour les ménages et HSI pour les institutions) est reconduite afin de renouveler l'enquête HID et de prendre en compte les changements opérés depuis l'adoption de la CIF et de la loi né 2005-102 du 11 février 2005 dite « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées »¹⁰. D'après une étude portant sur cette enquête publiée en 2014 et ciblant de manière spécifique la surdité, le nombre de personnes présentant des limitations fonctionnelles auditives (LFA)¹¹ est estimé à 10 millions. Parmi ces personnes, 5,5 millions sont concernées par des limitations moyennes à lourdes, et 360 mille par des limitations très graves ou totales, corroborant ainsi les résultats observés dix ans plus t  t¹². Par ailleurs, ces résultats ont également été rapportés dans un dossier publié la même ann  e¹³.

Selon les dernières données rapportées par l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), un adulte français sur quatre, d'âge compris entre 18 et 75 ans, seraient concernés par une forme de d  fici  nce auditive, dont 4 % d'entre eux par une forme incapacitante¹⁴. Néanmoins, par la suite et jusqu'à nos jours, très peu d'études de recensement des populations sourdes n'ont ainsi été reconduites en France. De ce fait, de nombreux travaux soulignent une grande difficulté à établir et obtenir des chiffres exacts et représentatifs sur ce sujet. Par exemple, les données rapportées par les études menées par l'INSEE et la DREES – qui, par ailleurs, ne ciblent pas la surdité de manière spécifique – reposent uniquement sur les déclarations des personnes interrogées *via* une méthodologie d'enquête par questionnaire. De plus, il est mentionné que ces enquêtes ne s'adjoignent aucun bilan médical ou codage effectué par un médecin qualifié. Enfin, bien que les terminologies employées

9. Pour en savoir plus sur la CIH et la CIF, voir : BARRAL, Catherine, « La Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé : un nouveau regard pour les praticiens », in : *Contraste* 27, 2007, p. 231-246.

10. Afin de faciliter la lecture, nous réduirons d  s à présent le titre complet de cette loi en la désignant par l'appellation simplifiée de « loi de 2005 ».

11. Réparties selon une échelle en quatre modalités : LFA légères, moyennes, graves, très graves ou totales, les limitations fonctionnelles auditives sont définies sur la capacité d'un individu à entendre une conversation à plusieurs, sur la déclaration d'une ou plusieurs d  fici  nces auditives, ainsi que sur l'utilisation d'un appareillage audioprothétique.

12. Ce rapport d'analyse, intitulé «   tude quantitative sur le handicap auditif à partir de l'enquête "Handicap-Santé" », est disponible sur : https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/dt131-etudes_et_recherches.pdf, (visité le 28-01-2020).

13. Ce dossier, intitulé « Vivre avec des difficultés d'audition. Répercussions sur les activités quotidiennes, l'insertion et la participation sociale », est disponible sur : <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/dss52.pdf>, (visité le 28-01-2020).

14. LISAN, Quentin *et al.*, « Prevalence of hearing loss and hearing aid use among adults in France in the CONSTANCES Study », in : *JAMA Network Open* 5.6, 2022.

désignent la surdité de manière générale, de déficience auditive à LFA ou encore handicap auditif, les disparités dans les dénominations, ainsi que dans les échelles de classification des pertes auditives utilisées, ne font que renforcer leur manque de clarté et les incohérences existantes. Toutefois, toujours selon ces enquêtes, il semblerait que le handicap auditif soit, en France, le type de handicap le plus répandu.

1.2 Aspects organique et fonctionnel

Le terme « surdité » recouvre une multiplicité de réalités sous-jacentes. Sur le plan du droit français, la loi de 2005 a permis à une première définition légale du handicap de voir le jour¹⁵. Dès lors, le handicap peut être considéré comme :

[...] toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé invalidant¹⁶.

Constituant un facteur de handicap, la surdité est ici reconnue comme l'altération d'une fonction sensorielle au même titre que la cécité, avec laquelle elle peut parfois être associée¹⁷. En tant que handicap reconnu, elle donne accès de droit à une prise en charge spécifique, recommandée par la Haute Autorité de Santé (HAS)¹⁸, et se dévoile à travers trois dimensions principales :

- la dimension organique, qui détermine l'origine anatomique, c'est-à-dire l'étiologie, de ou des altérations du système auditif chez la personne (dimension individuelle) ;
- la dimension fonctionnelle, qui caractérise de manière quantifiable le niveau d'altération de la perception auditive (résultant de la dimension précédente)¹⁹ ;

15. Jusqu'alors, il n'existait pas de réelle définition du « handicap ». Le terme de « travailleur handicapé », apparu avec la loi n° 57-1223 du 23 novembre 1957, ainsi que l'expression « personne handicapée », relative à la précédente loi-cadre du 30 juin 1975, constituaient la seule nomenclature en vigueur sur cet aspect.

16. Selon l'article L114 du présent Code de l'action sociale et des familles. L'ensemble du texte est disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/>.

17. Produisant ainsi une surdi-cécité, dont les causes les plus connues, bien qu'elles restent rares, sont relatives à des pathologies d'ordre génétique telles que le syndrome « d'Usher » ou le syndrome « CHARGE ».

18. Modalités disponibles sur : <https://www.has-sante.fr/>, (visité le 03-02-2020).

19. Selon Benoît Virole, la surdité est définie comme « la conséquence d'une atteinte pathologique de la fonction auditive ». Voir : VIROLE, Benoît, « 4. La perception auditive », in : *Psychologie de la surdité*, Paris : De Boeck Supérieur, 2006, p. 69-84.

- la dimension sociale, qui témoigne des obstacles et des difficultés pratiques rencontrées au quotidien dans les interactions de la personne avec son environnement matériel, institutionnel et social²⁰.

Il existe de nombreuses revues typologiques portées sur les tentatives de catégorisation de la surdité et des déficiences auditives. Par ailleurs, si le terme surdité est une notion commune et couramment employée dans des travaux de tout horizon, la « d  ficiency auditive » est, quant à elle, porteuse de connotations médicale et étiologique, et souligne davantage les aspects organique et fonctionnel. Ainsi, avant d'aborder les principaux contours typologiques de la surdité, rappelons au préalable les principaux points de fonctionnement du système auditif humain.

1.2.1 Rappels otologiques sur l'anatomie du système auditif humain

De nombreux ouvrages proposent une revue anatomique et physiologique complète du système auditif humain. Toutefois, pour le rappel des connaissances évoquées dans cette section, nous nous appuyons en particulier sur le *Traité d'ORL* (2008) de r  f  rence²¹, ainsi que sur une thèse de doctorat réalisée récemment en neurosciences pour sa précision et ses qualités explicatives²².

Structure générale de l'oreille humaine

L'ou   est le fruit d'un mécanisme complexe qui repose sur l'implication et l'articulation d'un ensemble d'organes situés à différents niveaux, de l'oreille jusqu'au cortex auditif. L'oreille, organe primaire dans la chaîne de l'audition, rassemble les mécanorécepteurs responsables de la transduction des sons acoustiques ou mécaniques en afférences, ou potentiels d'action, capables d'être véhiculés par les voies auditives et interprétés au niveau cérébral. Elle peut se diviser en trois régions anatomiques distinctes (cf. FIG. 1.1) :

- l'oreille externe, organe de la réception, qui comprend le pavillon (1), le conduit auditif (2) et se termine à la membrane tympanique ou tympan (3). Région visible et ouverte sur l'extérieur, son rôle est d'assurer la bonne orientation et transition des ondes sonores jusqu'au tympan, tout en protégeant ce dernier des infections potentielles;

20. GUIDETTI, Michèle et TOURRETTE, Catherine, *Handicaps et développement psychologique de l'enfant*, 4     d., Collection Psycho Sup, Malakoff : Dunod, 2018.

21. BRASNU, Daniel *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008.

22. LOURENÇO, Blandine, « Monitoring des paramètres pressionnels et vasculaires cochléaires au moyen du potentiel microphonique cochléaire - étude chez le patient », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Thierry MOM, Université Clermont Auvergne, 19 sept. 2017.

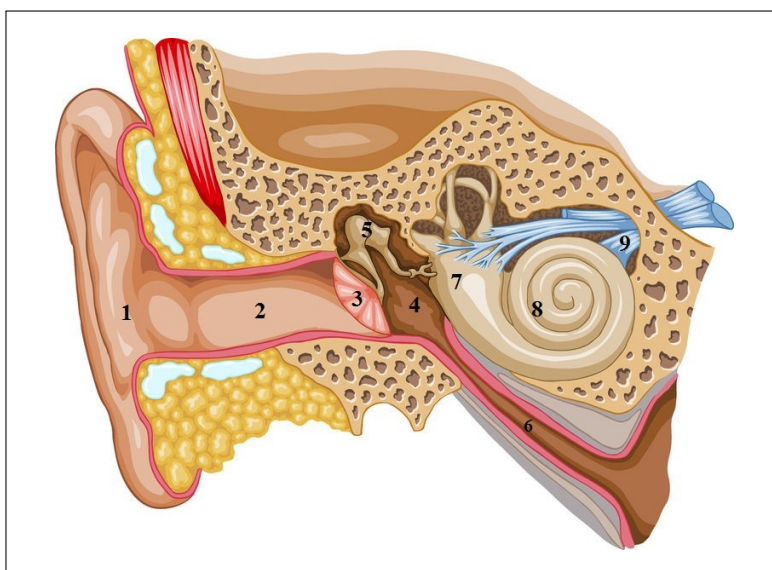


FIGURE 1.1 – Illustration anatomique (coupe longitudinale) révélant les différents organes qui composent le système auditif humain. Issue du site : <https://www.surdi.info/>, (visité le 04-02-2020).

- l'oreille moyenne (4), organe de la transmission, comporte la chaîne tympano-ossiculaire (5) couplée au tympan. Cette chaîne est faite d'un ensemble de trois osselets appelés marteau (*malleus*), enclume (*incus*) et étrier (*stapes*). Articulés par des muscles (muscle tenseur et muscle « stapédien » de l'étrier), ils jouent le rôle d'amplificateur des stimuli en provenance de l'oreille externe en vue de les transmettre à l'oreille interne. Ils possèdent également un rôle protecteur de cette dernière face aux stimuli de trop grande amplitude (réflexe stapédien). La trompe d'Eustache (6) désigne le conduit reliant l'oreille moyenne au rhinopharynx. Son rôle principal, en plus de protéger des infections et d'évacuer les résidus de l'oreille moyenne, est de maintenir cette région à la pression atmosphérique afin d'éviter tout déséquilibre avec l'oreille externe pouvant entraîner une déformation douloureuse et lésionnelle du tympan (barotraumatisme) ;
- l'oreille interne, organe de la transduction, est confinée dans une capsule osseuse issue de l'os temporal appelée « le rocher » et dévoile une structure complexe dite en « labyrinthe ». Le labyrinthe se compose en vérité d'une double structure imbriquée : une première appelée « labyrinthe osseux » ou « capsule otique », à l'intérieur de laquelle est contenue la seconde, appelée « labyrinthe membraneux », qui renferme les structures sensorielles de l'oreille interne. Les deux labyrinthes sont séparés entre eux par des cavités « périlymphatiques » emplies d'un liquide appelé « périlymphe ». Le labyrinthe membra-

neux contient quant à lui un liquide appelée « endolymphe » qui circule dans des cavités « endolymphatiques ». Deux structures peuvent être distinguées à partir de cet agencement spécifique : le vestibule (7), ou système vestibulaire, qui est la structure postérieure captant les mouvements du corps et jouant de ce fait un rôle dans la sensation d'équilibre, ainsi que de la cochlée (8), ou système cochléaire, qui constitue la structure antérieure responsable de la transformation des sons en potentiels d'action électriques véhiculés par le nerf auditif (9). Seuls deux orifices membraneux, appelés « fenêtres », assurent la communication avec l'oreille moyenne : la fenêtre ovale, permettant la jonction avec l'étrier et assurant ainsi la bonne transmission des stimuli auditifs ; ainsi que la fenêtre ronde, située à la base de la cochlée, permettant aux fluides internes, périlymphe et endolymphe, de se déplacer correctement lors de la stimulation.

Le système cochléaire

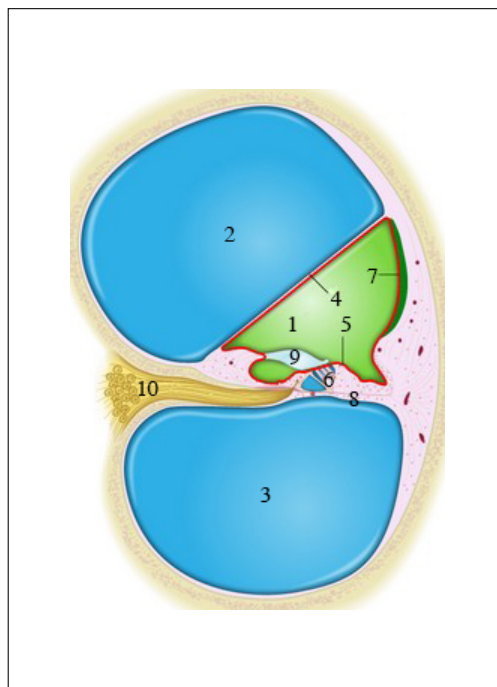


FIGURE 1.2 – Illustration d'une section tubulaire de la cochlée humaine. L'endolymphe est représentée en vert, tandis que la périlymphe est représentée en bleu. Modifiée à partir de l'illustration issue du site : <http://www.cochlea.eu/cochlee>, (visité le 04-02-2020).

La cochlée, anciennement nommée « limaçon », est l'organe constituant la structure antérieure de l'oreille interne. Elle se présente sous la forme d'un tube conique

hélicoïdal au diamètre décroissant et enroulé de deux spires et demie sur lui-même (cf. FIG. 1.2). Le noyau central d'enroulement se nomme « columelle » ou « modiolus », tandis que « l'apex » désigne la partie située à l'extrémité du tube. Le tube contient en son sein trois canaux distincts : le canal cochléaire (1) au centre, la rampe vestibulaire (2) située au-dessus et la rampe tympanique (3) située en dessous. Les rampes, emplies de périlymphe, communiquent entre elles *via* un orifice appelé « hélicotrème » situé dans l'apex. Le canal cochléaire contient, quant à lui, l'endolymphe et reste isolé de la rampe vestibulaire par la membrane de Reissner (4), ainsi que de la rampe tympanique *via* la lame réticulaire (5) qui recouvre l'organe de Corti (6). La paroi latérale du canal cochléaire, appelée « strie vasculaire » (7), participe à la génération de l'endolymphe à partir de la périlymphe, en agissant sur la composition électrochimique de ce dernier. En effet, les deux fluides cochléaires se distinguent de par leur composition chimique et, de ce fait, par leur différence de potentiel sur le plan électrochimique (+80 mV pour l'endolymphe par rapport à la périlymphe²³).

Du nom de l'anatomiste italien Alfonso Corti, l'organe de Corti, précédemment cité, repose entre la lame réticulaire, qui le sépare du canal cochléaire situé plus haut, et la membrane basilaire (8) qui l'isole de la rampe tympanique au niveau inférieur. Le rôle de l'organe de Corti est central dans l'audition, car il contient les « épithéliums », tissus composés des Cellules Ciliées Externes (CCE) et des Cellules Ciliées Internes (CCI) à l'origine de la transduction entre signal mécanique et électrique. Au nombre d'environ 12 000 par oreille, les CCE, situées en surface, sont organisées sur trois rangées, tandis que les CCI, moins nombreuses (environ 3500 par oreille), forment une seule rangée et sont accompagnées d'autres types de cellules dites « de soutien »²⁴. Les cellules ciliées possèdent la particularité d'être pourvues de structures fileuses en surface que l'on nomme des « stéréocils ». Les stéréocils des CCE sont rattachés à une membrane appelée « membrane tectoriale » (9) qui flotte dans le canal cochléaire et l'endolymphe. Si les stéréocils des CCE baignent dans l'endolymphe du canal cochléaire, le reste de la cellule, isolé par la lame réticulaire, baigne dans un liquide proche de la périlymphe appelé « cortilymphe », dont le potentiel électrochimique est de -70 mV. L'espace intercellulaire, qui contient ce fluide, est nommé « espace de Nuel ». La base des CCE est ancrée aux cellules de Deiters qui assurent le couplage avec la membrane basilaire et encapsulent les fibres nerveuses du nerf auditif.

1.2.2 Mécanismes physiologiques du système cochléaire

23. Cette différence de potentiel est variable dans la cochlée en étant plus importante à sa base qu'à l'apex.

24. Ces cellules sont principalement des cellules de Hensen ainsi que des cellules de Deiters.

La transduction mécano-électrique

Sur le plan physiologique, le son peut stimuler le système auditif de deux manières différentes : soit les ondes sonores sont véhiculées par le milieu qui compose l'environnement direct du récepteur, par exemple l'air dans le cas d'une transmission acoustique ; soit ces ondes, sous forme de vibrations mécaniques, sont transmises par le corps jusqu'aux différentes structures entourant l'ensemble du système auditif, transmettant son énergie à ce dernier et générant ainsi un phénomène nommé improprement « conduction osseuse » ou « ost  ophonie »²⁵. Ces deux modalités de réception du son peuvent être simultanées.

Suite à la transduction de l'énergie acoustique en énergie mécanique amplifiée par l'intermédiaire du tympan et de la chaîne tympano-ossiculaire, l'énergie fournie par le mouvement alternatif de l'étrier est communiquée à la cochlée *via* la fenêtre ovale. L'onde,    présent de nature hydraulique, se propage alors à travers la périlymphe contenue dans la rampe vestibulaire avant d'atteindre la rampe tympanique par l'intermédiaire de l'h  licotr  me. La fenêtre ronde subit alors la déformation provoquée par l'onde et est repoussée vers l'oreille moyenne, transduisant l'énergie hydraulique en énergie acoustique qui est alors évacuée par la trompe d'Eustache. Lors de son passage dans la périlymphe, l'onde déforme la membrane de Reissner, entraînant une variation de pression de l'endolymphe à l'intérieur du canal cochléaire. Le fonctionnement de l'organe de Corti peut alors être résumé en six phases²⁶ :

1. la variation de pression rencontrée dans l'endolymphe atteint la membrane basilaire sur laquelle repose l'organe de Corti, entraînant celle-ci à son tour dans un mouvement vertical alternatif. Ce mouvement est transmis aux cellules de Deiters situées à la base des CCE ;
2. par couplage, les stéréocils des CCE sont à leur tour entraînés. Lorsque la membrane basilaire s'élève, ces derniers s'inclinent et provoquent un contact entre l'endolymphe du canal cochléaire et la cortilymphe de l'espace de Nuel *via* l'ouverture de canaux²⁷. Ce contact engendre une « dépolarisation » des CCE par rééquilibre électrochimique entre les deux fluides (différence de

25. Phénomène connu depuis le XIX   siècle, la transmission des vibrations à travers la boite crânienne s'effectue en vérité à travers l'ensemble des éléments contenus en son sein, c'est-à-dire aussi bien par les voies osseuses que non osseuses, cartilagineuses ou gélatineuses. Voir : SCHMERBER, Sébastien et QUATRE, Rapha  le, « 10. Conduction osseuse », in : TRUY,   ric *et al.*, *Surdités. Actualités, innovations et espoirs. Rapport 2018 de la Société française d'ORL et de chirurgie cervico-faciale*, Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2018, p. 163-170.

26. Ce modèle est valable pour la réception d'un son de faible amplitude. Dans le cas d'un son de forte amplitude, l'onde responsable de la déformation de la membrane de Reissner provoque également, de manière plus directe, la déformation de la membrane basilaire.

27. Que l'on nomme les canaux cationiques, situés au niveau du lien apical entre la cellule et son st  r  ocil.

potentiel de 150 mV). Les ions potassium, chargés positivement et responsables de la différence de potentiel entre cortilymphe et endolymphe du fait de leur plus grande concentration dans ce dernier, migrent dans les cellules ;

3. selon un phénomène biologique appelé « électromotilité »²⁸, les CCE dépolarisées se contractent. L'énergie de cette contraction amplifie l'énergie de déformation verticale originelle de la membrane basilaire. Cette électromotilité conduit à une hyperpolarisation des CCE du fait de l'entrée d'ions calciques ;
4. la contraction des CCE entraîne mécaniquement la membrane tectoriale par couplage avec les stéréocils. La membrane tectoriale entre en contact avec les stéréocils des CCI, provoquant à leur tour leur dépolarisation ;
5. la dépolarisation des CCI provoque, suite à plusieurs mécanismes électrophysiologiques internes aux CCI, la libération d'un neurotransmetteur (glutamate) à la base des cellules. Ce neurotransmetteur se fixe par contact synaptique aux fibres nerveuses afférentes composant le nerf auditif, provoquant ainsi un potentiel d'action qui sera véhiculé jusqu'au cortex auditif par les voies auditives. L'amplitude du potentiel d'action dépend du temps d'ouverture des canaux cationiques lors de la dépolarisation des CCE et est donc proportionnelle à l'amplitude de la flexion des stéréocils de ces dernières ;
6. la déformation des membranes de Reissner et basilaire étant de nature périodique, la descente de cette dernière replace l'organe de Corti dans son état de repos, permettant au cycle de débiter à nouveau.

La tonotopie

La discrimination sélective par l'oreille des fréquences sonores (discrimination tonale) est un mécanisme qui porte le nom de tonotopie. Plusieurs modèles ont longtemps été discutés et comparés afin de lever le voile sur son fonctionnement. Chez l'Homme, nous savons que le système auditif est capable de coder des sons de fréquences allant de 20 Hz (seuil infraliminaire) à 20 kHz (seuil supraliminaire)²⁹, et peut supporter des sons d'amplitude allant de 0 à 120 dB sans risques immédiats de lésion

28. BROWNELL, William E. *et al.*, « Evoked Mechanical Responses of Isolated Cochlear Outer Hair Cells », in : *Science* 227.4683, 1985, p. 194-196.

29. Les données restent variables sur ce point. De nombreux travaux mentionnent également une gamme de fréquences allant de 16 Hz à 16 kHz. Toutefois, dans l'optique de ne pas réduire les caractéristiques vraisemblables du spectre auditif humain, notre préférence s'oriente vers le spectre fréquentiel plus large mentionné en corps de cette section. Voir : DAUMAN, René, « 1. Physiologie de l'audition », in : BRASNU, Daniel *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 3-6.

irr  versible³⁰. Ce champ auditif est caractéristique de la physiologie de la cochlée qui, en plus de tenir les rôles d'amplificateur et de transducteur des ondes sonores en potentiels d'action électrique, discrimine les stimuli en fréquences capables d'être analysées et interprétées par le cerveau.

Ainsi, deux modèles ont longtemps été mis en concurrence pour tenter de décrire la sélectivité fréquentielle résultant du mode de propagation de l'onde sonore dans l'oreille. Le premier modèle considère que cette faculté serait due à la morphologie spécifique de la cochlée, qui permettrait un codage linéaire des fréquences réparties spatialement entre sa base et l'apex. La première personne à avoir envisagé la possibilité d'un tel modèle, basé sur une « théorie de la résonance », est l'anatomiste français Joseph-Guichard Du Verney qui, dans son *Traité de l'organe de l'ouie* (1683),   voquait³¹ :

Enfin³², cette lame [la lame spirale osseuse] n'est pas seulement capable de recevoir les tremblemens de l'air, mais sa structure doit faire penser qu'elle peut répondre à tous leurs caracteres differens; estant plus large au commencement de sa premiere revolution qu'à l'extremité de sa derniere, où elle finit comme en pointe, & ses autres parties diminuant proportionnellement de largeur, on peut dire que les parties les plus larges pouvant estre ébranlées sans que les autres le soient, ne sont capables que de fremissemens plus lents qui répondent par consequent aux tons graves; & qu'au contraire ses parties les plus étroites estant frappées, les frémissements vont plus vistes, & répondent par conséquent aux tons aigus, [...]; desorte qu'enfin selon les différens ébranlemens de la lame spirale, les esprits du nerf, qui se repand dans sa substance, reçoivent différentes impressions qui représentent dans le cerveau les diverses apparences des tons³³.

Des tentatives de correction de cette théorie ont par la suite vu le jour chez plusieurs scientifiques, notamment chez Cotugno (1761)³⁴, Hensen (1863)³⁵ puis Helm-

30. Au-delà de son amplitude, la nocivité d'un son dépend également de la durée d'exposition. Voir : GELIS, Christian *et al.*, *L'audition. Guide complet*, Paris : J.Lyon, 2012, p. 36.

31. Comme mentionné dans ce mémoire : CHEVEIGNÉ, Alain de, « Modèles de traitement auditif dans le domaine temps », Mémoire d'Habilitation    Diriger des Recherches, Université Paris 6, 2000.

32. Afin de favoriser l'intelligibilité de la lecture, nous avons remplacé l'ensemble des *f* (« s long ») employés dans la typographie d'origine par la lettre « s » du français moderne. En revanche, l'orthographe d'époque a été conservée.

33. DU VERNEY, Joseph-Guichard, *Traité de l'organe de l'ouie, contenant la structure, les Usages & les Maladies de toutes les parties de l'Oreille*, Paris : Estienne Michallet, 1683, p. 96-98.

34. Domenico Cotugno (1736-1822)   tait un médecin italien, anatomiste et Professeur d'anatomie à l'Université de Naples. Il d  crouvrit notamment la structure labyrinthique de l'oreille interne et la présence des fluides cochléaires. Voir : COTUGNO, Domenico, *De Aqu  ductibus auris human   intern   anatomina dissertatio*, Naples : Ex Typographia Simoniana, 1761.

35. Christian Andreas Victor Hensen (1835-1924), plus communément nommé Victor Hensen, était un physiologiste et biologiste allemand. Gr  ce à ses recherches anatomiques sur l'ou  ie des crustacés décapodes et sur la cochlée humaine, Hensen a précédé le mécanisme fonctionnel et tonotopique

holtz³⁶, dans son ouvrage *Die Lehre von den Tonempfindungen als Physiologische Grundlage für die Theorie der Musik* (1863)³⁷. Par ailleurs, ce dernier compara le fonctionnement de la membrane basilaire de la cochlée à celui d'une série de cordes vibrantes indépendantes. Selon Helmholtz, la membrane basilaire, supposée tendue dans sa globalité, est composée d'une succession de sections spécialisées dans la discrimination tonale, chacune d'entre elles entrant en résonance selon une fréquence qui lui est propre. De ce fait, tout comme l'avait pressenti Du Verney, ce modèle décrit un codage linéaire des fréquences dans la cochlée. Néanmoins, la théorie de la résonance selon Helmholtz fait de cette membrane la structure privilégiée de l'audition, passant ainsi sous silence la participation d'autres structures potentielles.

Près d'un siècle plus tard, en 1960, le physiologiste et physicien américano-hongrois Georg von Békésy réfuta, dans son ouvrage *Experiments in Hearing* (1960), la théorie de la résonance au profit d'une nouvelle théorie dite de « l'onde propagée »³⁸. Pour Békésy, les déplacements des fluides cochléaires sont la cause des mouvements de la membrane basilaire et cette dernière, ayant une rigidité hétérogène le long de sa structure, ne peut être spécialisée dans la discrimination tonale comme le stipulait Helmholtz. Békésy proposa ainsi les fondements du mécanisme cochléaire tel que nous le connaissons aujourd'hui et que nous avons pu décrire précédemment. Cette découverte lui a valu l'attribution du prix Nobel de Médecine et Physiologie en 1961. Toutefois, des découvertes plus récentes ont mis en évidence l'implication active des CCE dans le processus de codage fréquentiel, notamment *via* l'électromotilité incon- nue alors des travaux de Békésy, rendant obsolète le précédent modèle de « tonotopie passive » avancé par ce dernier.

En effet, le modèle actuellement considéré comme étant le plus vraisemblable est celui de la « tonotopie active », qui repose sur les théories antérieures du physicien autrichien Thomas Gold³⁹. Gold réfutait l'idée selon laquelle la membrane basilaire pouvait entrer spontanément en oscillation par l'existence seule du phénomène de

des stéréocils en suggérant que ceux-ci pouvaient réagir différemment en fonction de la fréquence du son émise. De plus, Hensen a proposé une description de plusieurs structures de l'oreille interne. Nommés *a posteriori*, les cellules de Hensen et le canal de Hensen (« *ductus reuniens* ») en sont des exemples. Voir : HENSEN, Victor, « Zur Morphologie des Schnecke des Menschen und der Säugethiere », in : *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* 13, 1863, p. 481-512.

36. Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821- 1894) était professeur d'anatomie, de physiologie et de physique à Berlin. Ses travaux ont survolé de nombreux domaines scientifiques : de la physiologie à l'acoustique, ou encore de l'optique à la thermodynamique. Il est également reconnu pour être l'un des fondateurs de la psychoacoustique.

37. HELMHOLTZ, Hermann von, *Die Lehre von den Tonempfindungen als Physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig : Vieweg, 1863.

38. BÉKESY, Georg von, *Experiments in Hearing*, New York : McGraw Hill, 1960.

39. GOLD, Thomas, « Hearing. II. The Physical Basis of the Action of the Cochlea », in : *Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Royal Society of London, t. 135, 881, London : Royal Society, 1948, p. 492-498.

r  sonance⁴⁰. Pour lui, un mécanisme périphérique était activement impliqué dans les t  ches de s  lectivit   fréquentielle, d'amplification des sons de basse amplitude et d'amortissement de la vibration. De plus, Gold suggéra l'existence potentielle de sons émanant de l'organe de Corti et circulant de l'oreille interne vers l'oreille externe, préfigurant ainsi la découverte des « oto-émissions acoustiques »⁴¹. Ainsi, l'existence du mécanisme périphérique pressenti par Gold, l'électromotilité, a pu être révélée dans les années quatre-vingt par William Brownell et son   quipe⁴² grâce aux avancées technologiques en matière de mesure directe des oscillations de la membrane basilaire⁴³. Cette découverte a pu ainsi confirmer l'implication active des CCE dans l'amplification cochléaire et la sélectivité fréquentielle.

Le mécanisme actif des CCE est donc capable de provoquer une augmentation du gain du stimulus entrant de +50 dB SPL⁴⁴. De plus, l'électromotilité est active seulement pour les CCE dont la fréquence de résonance est égale à la fréquence de stimulation. En effet, ces dernières possèdent une géométrie variable le long de la cochlée : leur longueur s'accroît à mesure que la rigidité de leurs stéréocils décroît de la base à l'apex. L'amplification provoquée par les CCE est donc plus importante lorsque la fréquence du stimulus entrant correspond à la fréquence de résonance respective de chacune. De ce fait, amplification cochléaire et fréquence du stimulus sont donc couplées : plus cette fréquence augmente, plus l'amplification résultante est effective de la base vers l'apex. En d'autres termes, les cellules situées à la base de la cochlée vont amplifier les hautes fréquences avec lesquelles elles vont entrer en résonance, tandis que les cellules situées à l'apex vont amplifier les basses fréquences, bornant ainsi spatialement l'ensemble du champ auditif humain. Les CCE agissent donc comme une batterie de filtres fréquentiels de par leur propriété résonante qui diffère selon leur situation spatiale dans la cochlée. Le modèle mixte de la tonotopie active regroupe ainsi les principes fonctionnels de résonance, chers à Helmholtz, et la tonotopie de Bekesy.

40. ARAN, Jean-Marie, « L'amplificateur cochléaire », in : *médecine/sciences* 6.8, 1990, p. 740-742.

41. Mises en évidence par le physicien britannique David Kemp en 1978, les oto-émissions acoustiques correspondent à des stimuli de nature ondulatoire et sonore émis par l'excitation des CCE en réponse à leur stimulation. Pouvant être enregistré à l'aide d'un microphone, ce phénomène est aujourd'hui largement exploité afin de mesurer et d'évaluer le fonctionnement des CCE. Voir : KEMP, David Thomas, « Stimulated Acoustic Emissions from within the Human Auditory System », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 64.5, 1978, p. 1386-1391.

42. BROWNELL *et al.*, *op. cit.*

43. Jusqu'  lors, les techniques de mesure, notamment employées par Bekesy, étaient de nature optique et ne pouvaient démontrer une précision suffisante pour mettre en évidence un tel phénomène.

44. On distingue le dB SPL (pour « *Sound Pressure Level* »), qui est l'unité logarithmique de mesure du niveau de pression acoustique, du dB HL (pour « *Hearing Level* », aussi appelé « décibel HTL » ou « décibel audiométrique »), qui mesure le niveau de perte auditive en fonction d'une valeur de référence.

1.2.3 Typologie et étiologie de la surdité

Le processus d'acquisition physiologique des sons effectué par l'oreille étant le fruit d'un ensemble de mécanismes complexes, les causes pouvant mener à la surdité peuvent être nombreuses et très différentes sur le plan fonctionnel, pouvant ainsi générer une grande variation de situation et de conséquences ressenties chez la personne. Il existe de ce fait plusieurs systèmes de catégorisation étiologique de la surdité :

- une classification « clinique », qui s'oriente vers l'identification spatiale et fonctionnelle des causes conduisant à l'altération de la fonction auditive;
- une classification « temporelle », qui détermine le type de surdité en fonction du moment ou de l'âge à partir duquel la surdité a été acquise;
- une classification « linguistique », parfois confondue avec la classification temporelle, cette classification considère l'acquisition du langage oral comme une norme à partir de laquelle est déterminé le niveau d'altération rencontré chez l'enfant sourd.

Classification clinique

Quel que soit le type de surdité, on parle de surdité unilatérale ou bilatérale selon qu'une seule ou l'ensemble des deux oreilles est impacté. La surdité bilatérale peut être symétrique ou asymétrique en fonction de la correspondance ou non de la perte auditive entre les deux oreilles. De plus, toute surdité n'est pas strictement fixe et peut être évolutive. Ainsi, la classification clinique distingue trois types de surdité.

Le premier type renvoie à une surdité dite « de transmission » et concerne les déficiences auditives qui surviennent à la suite de pathologies de l'oreille externe et/ou moyenne (dysfonctionnement ou malformation dans la chaîne de transmission de l'onde sonore)⁴⁵. Ce type de surdité est généralement acquise après la naissance et peut survenir par exemple des suites d'une otite aiguë de l'oreille externe ou moyenne, ou encore d'une obstruction par accumulation de cérumen du conduit auditif. Par conséquent, une surdité de transmission est le plus souvent réversible et peut être traitée par voie médicamenteuse (antibiothérapie) ou chirurgicale (pose d'un aérateur transtympanique). Toutefois, certaines pathologies telles que l'ostéodystrophie (ankylose de l'étrier due à une otospongiose limitant les mouvements de la chaîne tympano-ossiculaire) entraînent nécessairement le recours à la pose chirurgicale

45. Pour une revue des pathologies pouvant entraîner une altération de la fonction auditive, voir : DEBRY, Christian, MONDAIN, Michel et REYT, Emile, « 3. Item 87 - Altération de la fonction auditive. Item 44 - Dépistage des troubles auditifs chez l'enfant », in : *ORL*, 3^e éd., Les Référentiels des Collèges, Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2014, p. 25-52.

d'une prothèse de substitution ou à la prescription d'un appareillage auditif⁴⁶. Bien que plus rare, une surdité de transmission peut également être d'origine congénitale (aplasie mineure impactant la morphogénèse de l'oreille). L'oreille interne n'étant pas atteinte, la transmission du son par ost  ophonie reste dans tous les cas possible. La perte auditive maximale mesurée pour ce type de surdité est de 60 dB HL.

Le second type définit une surdité dite « de perception », qui recouvre les déficiences auditives dont les causes peuvent être localisées au niveau de l'oreille interne. Pouvant être acquise ou congénitale, une surdité de perception peut être qualifiée d'« endo-cochléaire » si la pathologie concerne la cochlée, ou « rétro-cochléaire » si elle impacte les fibres nerveuses des voies auditives. Le plus souvent, les surdités de perception sont d'origine neurosensorielle et sont le fruit d'une atteinte de l'épithélium de l'organe de Corti (endo-cochléaire). Dans ce cas, plusieurs facteurs tels que la prise de médicaments ototoxiques, une stimulation traumatique (pollution sonore) ou encore le vieillissement (presbyacousie) peuvent modifier la quantité et la qualité de la population de CCE et de CCI. Cette altération peut aller jusqu'à la destruction totale de ces dernières (les cellules ciliées cochléaires ne se renouvelant pas, les conséquences sont de fait irréversibles). Dans le cas d'une surdité neurosensorielle rétro-cochléaire, ce sont les fibres nerveuses qui sont impactées, la pathologie la plus fréquente étant le neurinome de l'acoustique⁴⁷. Toutefois, toute surdité de perception n'est pas nécessairement neurosensorielle⁴⁸. Pour ce type de surdité, la perte auditive dépasse alors le seuil des 60 dB HL et la sélectivité fréquentielle est affectée. Enfin, le troisième type, appelé « surdité mixte », décrit une situation associant à la fois surdité de transmission et surdité de perception.

Classification temporelle

Cette classification s'établit autour du moment d'apparition de la surdité chez l'individu. De ce fait, une première classification temporelle distingue la surdité congénitale, qui survient lorsque cette dernière est présente dès la naissance, de la surdité acquise, si celle-ci intervient au cours de la vie, de la naissance à l'âge adulte. Toutefois, plusieurs moments distincts peuvent être dégagés de cette catégorie. Par exemple, on parlera de surdité périnatale ou postnatale si la surdité est diagnostiquée avant ou juste après la naissance de l'enfant. Dans ce cas précis, les déficiences auditives

46. Pour en savoir plus, voir : AYACHE, Denis et EL KOHEN, Asma, « 9. Otospongiose », in : BRASNU, Daniel *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 59-65.

47. Aussi appelé « schwannome vestibulaire », cette pathologie est due à la formation d'une tumeur bénigne sur le nerf vestibulaire inférieur.

48. Par exemple, l'otospongiose peut également affecter le labyrinthe osseux (labyrinthisation) de l'oreille interne (otospongiose cochléaire).

peuvent aussi être qualifiées de « précoces »⁴⁹. Les origines des surdités congénitales peuvent être multiples. Entre autres, elles peuvent être issues de causes génétiques (géniques ou chromosomiques) ou encore d'infections embryonnaires ou fœtales (rubéole congénitale ou cytomégalovirus par exemple)⁵⁰.

Une seconde classification temporelle distingue la surdité dite « brusque » de la surdité dite « fluctuante »⁵¹. Une surdité brusque (aussi appelée « Surdité Unilatérale Brusque (SUB) ») est une surdité de perception, la plupart du temps évolutive, unilatérale, et dont l'origine n'est pas établie (caractère idiopathique). La caractéristique principale de cette surdité est la rapidité de son acquisition, comprise généralement entre 24 et 72 heures. La surdité « fluctuante », quant à elle, traduit une situation dans laquelle la gravité de la déficience auditive oscille sur une période variable, allant de quelques heures à plusieurs semaines. À l'instar de la SUB, son origine n'est pas précisément déterminée.

Classification linguistique

Cette dernière classification, dite « linguistique », repose sur les conséquences de la surdité liées au développement linguistique. En ayant un effet direct sur la perception de la parole, la surdité peut ainsi se présenter comme un obstacle dans l'acquisition du langage oral et écrit chez l'enfant. L'âge pivot d'acquisition du langage étant estimé à deux ans⁵², la terminologie diffère donc en fonction de cette valeur normative. Par conséquent, les surdités sont qualifiées de « prélinguales » avant cet âge, de « déficiences auditives linguistiques » durant cet âge, et de « périlinguales » pour celles apparaissant entre deux et cinq ans. Les surdités acquises après cinq ans, quant à elles, sont qualifiées de « surdités postlinguales », ou « postlinguistiques », et ont des effets moins importants sur la personne du fait de l'existence d'un socle de connaissances acquis auparavant. En revanche, les surdités prélinguales présentent le plus de risques dans l'apprentissage linguistique et nécessitent de ce fait une prise en charge précoce afin d'éviter tout retard potentiel⁵³.

49. VIROLE, Benoît et HUYGHE, Brigitte, « 5. Typologie des déficiences auditives », in : VIROLE, Benoît, *Psychologie de la surdité*, Paris : De Boeck Supérieur, 2006, p. 85-103, (visité le 09/03/2019).

50. MONDAIN, Michel *et al.*, « Classification et traitement des surdités de l'enfant », in : *EMC - Oto-rhino-laryngologie* 2.3, 2005, p. 301-319.

51. Pour plus d'information, voir : LESCANNE, Emmanuel et ROBIER, Alain, « 14. Surdités brusques et fluctuantes », in : BRASNU, Daniel *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 94-99.

52. LINA-GRANADE, Geneviève et TRUY, Éric, « Conduite à tenir devant une surdité de l'enfant », in : *EMC - Oto-rhino-laryngologie* 2.3, 2005, p. 209-300.

53. *Ibid.*

1.2.4 Classification audiométrique des déficiences auditives

L'audiométrie

Parmi l'ensemble des techniques métrologiques d'évaluation de la condition auditive d'un individu, l'audiométrie reste une des plus courantes et des plus répandues à travers le globe⁵⁴. Cette technique consiste en un examen audiologique permettant de déterminer de manière subjective les seuils d'audition liminaires d'un individu à travers la diffusion successive pour chaque oreille d'un ensemble de sons couvrant l'ensemble du champ auditif humain. Les variables mesurées sont ainsi la fréquence du son diffusé, en hertz (Hz), en fonction de l'amplitude relative du signal face à un seuil d'audition normé, en décibel audiométrique (dB HL). Les résultats obtenus par le praticien sont reportés sur une courbe appelée audiogramme. Cette technique nécessite un appareillage spécifique, notamment un audiom  tre et un dispositif de diffusion associé qui peut varier en fonction de la modalité auditive testée (voie aérienne ou ost  ophonique), ainsi qu'un environnement adapté à la séance (insonorisé). En tant que technique d'évaluation subjective, l'audiométrie a recours aux déclarations et à la participation active du patient. L'audiométrie tonale permet donc de mesurer le niveau de perte auditive (en dB HL) d'un individu.

Il existe ainsi deux types de test audiométriques. Le premier est appelé « audiométrie tonale » et consiste en la diffusion par voie aérienne (casque fermé), puis osseuse (vibreur mastoïdien), d'un ensemble de sons purs sinusoïdaux à des fréquences et amplitudes déterminées. Généralement, le spectre auditif testé par audiométrie tonale ne couvre pas l'entièreté du champ auditif humain, les seuils d'audition testés (de 250 à 8000 Hz)   tant ceux correspondant aux fréquences et amplitudes rencontrées en situation conversationnelle.

L'audiométrie tonale est souvent complétée par un second type de test appelé « audiométrie vocale », dont le principe est de diffuser par voie aérienne pour chaque oreille, ou *via* un haut-parleur situé devant le patient⁵⁵, un ensemble de sons complexes, signifiants (liste de mots    syllabes variées ou phrases) ou non (logatomes). Contrairement à l'audiométrie tonale, il est attendu que le patient répète les mots diffusés et non qu'il atteste de leur bonne ou mauvaise perception (réponse aux stimuli). L'audiométrie vocale permet de déterminer le niveau de pourcentage de reconnaissance des mots (intelligibilité et discrimination phonétique) en fonction de l'amplitude à laquelle ces derniers sont diffusés.

54. Pour plus d'informations détaillées sur cette section, voir : BOUCCARA, Didier et COLLET, Lionel, « 4. Méthodes d'explorations fonctionnelles auditives », in : BRASNU, Daniel *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 15-23.

55. Ce test est alors dit « en champ libre ».

L'échelle du BIAP

Société à caractère scientifique créée par l'arrêté Royal Belge du 24 mars 1967, le Bureau International d'AudioPhonologie (BIAP) est composé d'un ensemble d'acteurs professionnels opérant dans le domaine de l'audiophonologie, défini comme « l'étude de l'audition, de la phonation, de la parole et du langage de l'homme »⁵⁶. Par essence interdisciplinaire, ce domaine est un point de rencontre entre plusieurs disciplines scientifiques réunies dans le but de proposer des recommandations visant à coordonner et à réguler à l'international les actions et prises en charge menées dans les professions impliquées⁵⁷.

Une échelle de classification des déficiences auditives a donc été établie par le BIAP dans le but de catégoriser et de standardiser, en fonction du degré de perte auditive, différents types de surdité⁵⁸. Pour cela, cette échelle se réfère aux normes établies par l'International Organization for Standardization (ISO)⁵⁹ afin de déterminer, après un bilan audiométrique tonal, le degré de perte auditive moyen (en dB HL), calculé à partir de la perte aux fréquences de 500, 1000, 2000 et 4000 Hz⁶⁰.

Ainsi, en prenant également en compte les conséquences sur un plan conversationnel, l'échelle de classification audiométrique du BIAP détermine six situations distinctes, dont cinq degrés de déficience auditive (cf. TAB. 1.1) :

1. de 0 à 20 dB HL : audition « normale » ou « sub-normale », décrivant une atteinte tonale mineure sans répercussion sur le plan social;

56. Définition disponible sur le site du BIAP, voir : <https://www.biap.org/fr/bureau-international-d-audiophonologie>, (visité le 12-02-2020).

57. Ces professions couvrent les secteurs médical, paramédical, pédagogique et universitaire.

58. L'échelle du BIAP sert notamment de base de calcul de référence dans l'attribution de la Prestation de Compensation du Handicap (PCH) auprès des Maisons Départementales des Personnes Handicapées (MDPH) depuis la loi de 2005 et est également reconnue par l'Assurance Maladie. Toutefois, certaines procédures en France, notamment la demande de la Carte Mobilité Inclusion (CMI) mentions « Priorité » et « Invalidité », ne s'appuient pas essentiellement sur cette échelle et font appel à d'autres critères. Voir notamment le décret n° 2005-1591 du 19 décembre 2005 relatif à la prestation de compensation à domicile pour les personnes handicapées : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000454080&categorieLien=id>, (visité le 12-02-2020).

59. Notamment la norme ISO n° 7029, *Acoustique – Distribution statistique des seuils d'audition en fonction de l'âge et du sexe*, qui spécifie, pour les personnes âgées d'entre 18 et 80 ans, la valeur médiane de seuil d'audition pour une gamme de fréquence audiométrique comprise entre 125 et 8000 Hz. La dernière version de cette norme en date est datée de 2017. Voir : <https://www.iso.org/fr/standard/42916.html>, (visité le 12-02-2020).

60. Cette moyenne est ensuite arrondie à l'unité supérieure. Toute fréquence non perçue est assimilée à une perte de 120 dB HL. Le document officiel de recommandation relatant cette échelle est disponible sur : <https://www.biap.org/fr/recommandations/recommandations/ct-02-classification-des-deficiences-auditives/149-rec-02-01-fr-classification-audiometrique-des-deficiences-auditives/file>, (visité le 12-02-2020).

2. de 21 à 40 dB HL : déficiences auditives « légères », la parole est difficilement perceptible à voix basse ou à distance ;
3. de 41 à 70 dB HL : déficiences auditives « moyennes » réparties en deux sous-degrés de 41 à 55 dB HL et de 56 à 70 dB HL, la parole est perçue seulement à voix haute et la vue devient nécessaire pour rendre une conversation intelligible ;
4. de 71 à 90 dB HL : déficiences auditives « sévères » réparties en deux sous-degrés de 71 à 80 dB HL et de 81 à 90 dB HL, la parole est seulement perceptible à hauteur d'oreille et seuls les bruits ambiants de forte amplitude sont perçus ;
5. de 91 à 119 dB HL : déficiences auditives « profondes » réparties en trois sous-degrés de 91 à 100 dB HL, de 101 à 110 dB HL, et de 111 à 119 dB HL, la parole n'est plus perceptible et seuls les bruits de très forte amplitude sont perçus ;
6. supérieur ou égal à 120 dB HL : déficiences auditives « totales », appelées « co-phoses » ou « anacousies », aucun son n'est perceptible.

Intervalles de perte auditive (dB HL)	Degrés audiométriques	Conséquences conversationnelles et auditives
0 - 20	Audition normale ou sub-normale	Atteinte mineure sans répercussion
21 - 40	D��ficiency auditive légère	Perception difficile de la voix basse et à distance
41 - 55	D��ficiency auditive moyenne (1)	Seule la parole à voix haute est perçue
55 - 70	D��ficiency auditive moyenne (2)	La vue devient nécessaire à la compréhension
71 - 80	D��ficiency auditive sévère (1)	Seule la parole à hauteur d'oreille est perçue
81 - 90	D��ficiency auditive sévère (2)	Seuls les bruits ambiants forts sont perçus
91 - 100	D��ficiency auditive profonde (1)	La parole n'est plus perceptible Seuls les bruits ambiants très forts sont perçus
101 - 110	D��ficiency auditive profonde (2)	
111 - 119	D��ficiency auditive profonde (3)	
120 - >120	D��ficiency auditive totale	Aucun son n'est perçu

TABEAU 1.1 – Classification audiométrique des déficiences auditives selon le BIAP (récapitulatif).

La classification du BIAP sert également de support de référence dans la démarche de dénomination des individus porteurs d'une d  ficiency auditive. Le terme sourd, que nous utilisons dans cette thèse de doctorat, est généralement associé dans les écrits scientifiques, législatifs, institutionnels ou encore journalistiques au terme « malentendant ». Or, s'il est courant de rencontrer une mise en tandem de ces dénominations, peu de travaux font l'effort de rappeler réellement sur quoi repose cette distinction. Ainsi, sur la base de l'échelle du BIAP, l'OMS considère un individu comme malentendant dès lors que celui-ci est porteur d'une d  ficiency auditive moyenne ou s  v  re⁶¹. Au-delà de ce seuil, la personne est ainsi considérée comme sourde (d  ficiency auditive profonde ou totale).

61. Voir : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>, (visité le 13-02-2020).

Néanmoins, il existe des divergences dans cette catégorisation. Par exemple, le rapport du 1^{er} juin 1998 établi par Dominique Gillot, alors députée du Val-d'Oise, proposait de réunir les personnes porteuses d'une déficience auditive légère sous la dénomination de « malentendants »⁶². De plus, le site institutionnel du Centre national d'information sur la surdité souligne que le terme « sourd » peut s'étendre aux déficiences auditives sévères, congénitales ou encore pré- et périlinguales; et celui de « malentendant » aux « personnes présentant des déficiences auditives légères ou moyennes voire sévères, sans préjuger de l'âge d'apparition de la surdité »⁶³. Dans cette thèse de doctorat, nous nous appuierons sur la distinction internationale mise en œuvre par l'OMS afin d'éviter toute ambiguïté.

1.3 Aspects social et communicationnel

La dénomination « déficience auditive » porte en elle un ensemble hétérogène de réalités anatomiques et physiologiques spécifiques qui ont pour socle commun l'altération du système auditif. Pour cela, moyennant les différentes catégorisations précédemment passées en revue, son utilisation est fréquente et adaptée en secteur médical ou paramédical. En dehors de ces domaines, elle masque des conséquences sur le plan social pourtant indissociables de la surdité et ne saurait ainsi définir singulièrement cette dernière en tant que handicap possible. En prenant en compte des caractéristiques plus globales relatives à la vie de la personne et non plus seulement limitées à la déficience, les représentations et les considérations concernant la surdité dans notre société ont ainsi pu connaître de nombreuses évolutions. Cet état de fait peut être révélé en portant un regard sur les évolutions du concept de handicap, à travers notamment son parcours précédant l'adoption de la loi de 2005.

En effet, nombre de travaux récents rapportent aujourd'hui les événements et les basculements paradigmatiques antérieurs qui ont pu jouer un rôle incubateur dans l'élaboration de cette loi et dans la reconnaissance de la dimension sociale du handicap qu'elle intègre. Cette reconnaissance est le fruit d'un cheminement intellectuel, politique et institutionnel d'ampleur internationale qui a conduit à la mise en œuvre d'une « conception situationnelle » du handicap. À la dimension biomédicale (comportant l'aspect anatomique et fonctionnel lié aux altérations potentielles de structure et de fonction), la « situation de handicap » prend en compte la dimension environnementale, faisant du handicap le produit de l'articulation entre ces deux dimensions,

62. Ce rapport avait alors pour objectif de suggérer au premier ministre Lionel Jospin une réévaluation de la situation législative de la population sourde en France *via* un ensemble de 115 propositions. Disponible sur : <https://www.vie-publique.fr/rapport/24385-le-droit-des-sourds-115-propositions-rapport-au-premier-ministre>, (visité le 13-02-2020).

63. Informations disponibles sur : <https://www.surdi.info/>, (visité le 13-02-2020).

   la fois personnelle (vécu et expériences biographiques propres à la personne) et impersonnelle (caractère favorable ou défavorable de son environnement)⁶⁴. De ce fait, selon ce modèle, la personne n'est pas perçue comme responsable de la valeur accordée à sa participation ou à ses facultés à vivre en société. En revanche, la société, l'organisation sociale ou le cadre de vie dans lequel est inscrite cette personne doivent s'incomber de ces charges. En substituant les représentations sociales anciennes et stigmatisantes de l'altérité pour ce modèle, cela permet également de décentrer le regard de l'individu pour mieux révéler les obstacles rencontrés par celui-ci dans ses interactions avec son environnement. Le handicap n'est donc aujourd'hui plus considéré comme univoque, constant et irrémédiable, mais est devenu un concept universel et dynamique, c'est-à-dire susceptible de varier dans le temps et en fonction de l'environnement. Ainsi, il existe encore de nos jours de nombreuses causes environnementales pouvant générer une ou plusieurs situations de handicap dans le cas de la surdité.

1.3.1 Invisibilité et obstacles liés à la communication

Que ce soit dans la littérature scientifique ou dans d'autres domaines, il est couramment admis que la surdité relève d'un « handicap invisible » au sens où l'altération de la fonction auditive n'est pas perceptible par la seule observation visuelle. D'un simple regard, il peut être difficile d'identifier une personne sourde en société et de la distinguer d'une personne dont la fonction est restée intacte. Cette difficulté peut être expliquée, d'une part, par les progrès technologiques qui ont été réalisés en matière de cosm  tisation et de miniaturisation des prothèses auditives. D'autre part, sans action préalable de l'individu porteur telle que, par exemple, l'emploi des LS, la surdité ne laisse que peu d'indices visuels permettant son identification. Pourtant, l'altérité, qu'elle soit visible ou invisible chez la personne sourde, reste intacte et bien réelle. En ce sens, tout comme le handicap doit être distingué de la pathologie qui l'engendre, l'altérité doit donc être distingu  e de l'altération. En induisant cet amalgame, la surdité comme handicap invisible est une dénomination qui participe à créer une représentation stigmatisante⁶⁵ et *de facto* contestée pour son caractère r  ducteur⁶⁶. Une personne sourde n'est pas plus identifiable qu'une autre personne porteuse d'une maladie invalidante ou/et d'un handicap psychique par exemple. Ainsi, le cadre de la surdité dépasse celui de la d  fici  nce auditive et « [...] se révèle, en revanche, dès que le rapport à l'autre est engagé »⁶⁷.

64. ANCET, Pierre, « Situation de handicap et normes sociales », in : *Le Carnet PSY* 9.158, 2011, p. 29-31.

65. Nous détaillons l'origine de ce concept de stigmaté et son implication dans les représentations sociales de la surdité dans une section prochaine (cf. 1.3.4).

66. BENVENUTO, *op. cit.*

67. POIZAT, Michel, *La Voix sourde. La société face à la surdité*, Paris :   ditions M  talli  , 1996, p. 27.

En effet, le principal obstacle auquel doit faire face une personne sourde dans notre société contemporaine est d'ordre communicationnel. La surdité peut avoir une incidence sur le développement linguistique et éducatif, notamment dans l'apprentissage des langues orales et écrites. L'importance de cette incidence reste variable selon le moment d'apparition de l'altération de la fonction auditive chez la personne (cf. 1.2.3), ou encore de la nature (étiologie et type) et de l'ampleur (degré audiométrique) de la surdité. Par exemple, les surdités de perception bilatérales, congénitales et catégorisées de sévère à totale sont considérées comme présentant le plus de risques⁶⁸. À ces facteurs intrinsèques doivent être pris en compte d'autres facteurs extrinsèques, tels que l'association avec d'autres types de handicap (plurihandicap) ou encore le contexte environnemental de la personne (interactions familiales, qualité et choix d'orientation dans la prise en charge, etc.).

De ce fait, face à la surdité, l'apprentissage de la langue orale maternelle peut devenir explicite et faire l'objet, autant du point de vue de la réception que de sa production, de nombreuses difficultés spécifiques n'existant pas chez l'enfant à la condition auditive inaltérée. Par exemple, la surdité peut, selon son ampleur, grandement affecter le contrôle audiophonatoire de la voix⁶⁹, processus permettant de réguler le timbre, l'amplitude, le rythme ou encore la hauteur tonale du son nécessaires dans l'acte de production et dans l'intelligibilité de la parole.

Dans ce sillage, des difficultés dans la lecture et l'écriture des langues vocales chez des personnes sourdes ont été rapportées par de nombreux travaux. Précédemment mentionné dans cette thèse de doctorat (cf. 1.2.4), le rapport Gillot reste de nos jours la principale étude révélant le taux d'illettrisme estimé au sein de la population sourde en France. Selon ce rapport, 80 % des sourds profonds étaient illettrés en 1998. Toutefois, aucune description méthodologique ou calculatoire et aucun référencement externe vers une quelconque étude source ne sont donnés pour permettre de légitimer l'affirmation d'un tel taux. De plus, le terme d'illettrisme n'y est pas clairement défini, et ne peut donc rendre compte de la pluralité des situations engagées à travers la surdité sur ce sujet.

Sur le versant de la réception du langage, le bon déroulement des situations de communication pré-langagières peut être altéré, en particulier chez les enfants sourds nés de parents entendants (cf. 1.2.3)⁷⁰. En effet, l'apprentissage et la production du

68. LINA-GRANADE, Geneviève et TRUY, Éric, « Stratégie diagnostique et thérapeutique devant une surdité de l'enfant », in : *Journal de pédiatrie et de puériculture* 30.5-6, 2017, p. 228-248.

69. La voix correspond ici au « son produit par les cordes vocales lorsqu'elles vibrent sous l'influence de l'air pulmonaire », et doit être différenciée de la parole, définie quant à elle comme l'acte de modification de ce son en fonction de la forme du conduit aérodigestif. Voir : DEBRY, Christian, MONDAIN, Michel et REYT, Emile, « 2. Item 86 - Trouble aigu de la parole. Dysphonie », in : *ORL*, 3^e éd., Les Référentiels des Collèges, Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2014, p. 15-24.

70. Que ce soit en France ou au sein des pays anglo-saxons d'où il est originaire, le terme « Coda » (issu de l'acronyme de « *Child/Children of Deaf Adults* ») est régulièrement employé pour désigner de

langage oral chez l'enfant, qui se matérialisent notamment par la formation de ses premiers mots, restent dans un premier temps le fruit d'un processus préliminaire de perception et de traitement de l'information auditive dont l'étendue temporelle reste variable. De nature mimétique, ce processus repose prioritairement sur les interactions dyadiques régulières mises en place au sein de la relation parent-enfant. En tant que partenaire privilégié des échanges, la famille, et notamment les parents, joue un rôle primordial dans la définition de l'environnement linguistique précoce de l'enfant.

De nombreuses observations effectuées dans le cadre d'études ont rapporté des niveaux de langage supérieurs chez les enfants sourds lorsque les parents étaient activement impliqués dans le processus d'éducation précoce, quelle que soit la modalité de la communication choisie ⁷¹. De plus, en l'absence d'un fonctionnement optimal de la modalité auditive, l'espace de communication avec la personne sourde se restreint à une proximité immédiate et doit nécessairement opérer dans le champ visuel de cette dernière. Ces prérequis configurent ainsi des situations communicationnelles spécifiques nécessitant une adaptation conjointe des acteurs du dialogue. Néanmoins, comme nous l'explique l'orthophoniste et docteure en sciences psychologiques belge Catherine Hage : « il [le contact visuel] ne se met pas forcément en place de manière aisée » ⁷². En effet, lorsque le système auditif est intact, les informations visuelles et auditives sont simultanées. Les tâches d'identification de l'objet r  f  rent (ou du contexte) et de production linguistique du message peuvent être remplies par l'une et par l'autre des deux modalités, qui agissent ainsi en complémentarité. En revanche, l'enfant sourd est contraint à la seule modalité visuelle dans la réalisation de ces mêmes tâches. En d'autres termes, l'attention visuelle est divisée entre le partenaire du dialogue, le message exprimé par ce partenaire et le contexte auquel le message fait référence. Pour cela, ce phénomène de contraintes attentionnelles est régulièrement appelé « attention divisée » dans la littérature scientifique ⁷³.

Hage soutient également l'idée que « la plupart des enfants sourds disposent à la naissance du même potentiel linguistique de traitement des langues que les enfants

man  re spécifique la situation inverse. Cependant, bien que plus rare, la traduction française *Enfant Entendant de Parents Sourds (EEPS)* existe également. Pour en savoir plus, voir : BLAIS, Marguerite et RHÉAUME, Jacques, *Apprendre à vivre aux frontières des cultures sourdes et entendantes. Histoires d'enfants entendants issus de parents sourds*, Québec : Les Presses de l'Université Laval, 2009.

71. Pour un exemple d'étude, voir : MOELLER, Mary Pat, « Early Intervention and Language Development in Children who are Deaf and Hard of Hearing », in : *Pediatrics [Online]* 106.3, 2000, URL : <https://pediatrics.aappublications.org/content/106/3/e43> (visité le 02/03/2020).

72. HAGE, Catherine, « 2. L'évaluation du jeune enfant sourd : la période prélinguistique », in : HAGE, Catherine, CHARLIER, Brigitte et LEYBAERT, Jacqueline, *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd*, Pratiques psychologiques, Sprimont : Mardaga, 2006, p. 54-78.

73. *Ibid.*

qui entendent »⁷⁴. Dans cette perspective, les potentiels linguistiques et cognitifs restent intacts au stade prénatal, quelle que soit la condition auditive *in utero* du fœtus. Les conséquences de l'altération sensorielle se développent donc *a posteriori*, et contraignent l'enfant sourd à « un traitement partiel et limité des unités et traits distinctifs de la parole »⁷⁵. De ce fait, cette perspective réfute *de facto* toute influence d'une surdité congénitale sur l'apprentissage linguistique et cognitif au stade gestationnel. En effet, le système auditif se développe très rapidement chez le fœtus au cours du dernier trimestre de gestation seulement. À ce stade, l'état de maturation de ce système reste très partiel, et son degré de performance ne s'améliore qu'à partir de la 32^e semaine de grossesse environ⁷⁶. De plus, le corps maternel agissant comme un amortisseur acoustique, le fœtus n'est capable de percevoir et de réagir aux stimulations auditives extra-utérines qu'à partir de niveaux d'amplitude importants, dépassant parfois le seuil des 100 dB SPL dans certaines études⁷⁷.

Néanmoins, bien qu'il ait été démontré que le fœtus sans altération sensorielle et proche du terme de la gestation dispose déjà de certaines compétences de perception auditive⁷⁸, les travaux sur ce sujet restent rares et ne permettent pas d'affirmer encore qu'un apprentissage linguistique précoce s'effectue dès le stade prénatal. Ainsi, comme nous l'expliquent Carolyn Granier-Deferre et Marie-Claire Busnel :

[...] la perception de la parole nécessite de pouvoir traiter des différences de variations temporelles à la fois très rapides pour des discriminations phonologiques, et relativement lentes pour les contours mélodiques et la prosodie. La majorité des recherches qui permettent de considérer que de telles capacités sont bien présentes chez le fœtus proche du terme de la gestation sont celles qui ont porté sur les acquisitions prénatales de séquences auditives complexes. Cependant, l'étendue des variations temporelles susceptibles d'être traitées par les fœtus reste à préciser⁷⁹.

Si l'apprentissage du langage oral est donc ultérieur à la gestation, les expériences auditives prénatales en constitueraient toutefois les prémisses et pourraient constituer une base renforçant sa mise en pratique sur le plan cognitif, *via* l'acquisition préliminaire et mnésique d'éléments perçus par les sens durant la grossesse. Cette

74. *Ibid.*

75. *Ibid.*

76. GRANIER-DEFERRE, Carolyn et BUSNEL, Marie-Claire, « L'audition prénatale, quoi de neuf? », in : *Spirale* 3.59, 2011, p. 17-32.

77. *Ibid.*

78. En l'occurrence, le fœtus est capable de discriminer partiellement les fréquences sonores et l'amplitude des stimuli perçus. Les méthodes d'observation de ce phénomène sont basées sur la mesure des fluctuations cardiaques, ainsi que sur l'observation directe des réactions et des mouvements par échographie.

79. GRANIER-DEFERRE et BUSNEL, *op. cit.*

perspective s'oppose donc à la thèse égalitaire soutenue par Catherine Hage mais reste néanmoins, au regard de l'enfant sourd congénital,    vérifier.

Quoi qu'il en soit, les répercussions de la surdité congénitale ou précoce sur le développement du langage ultérieur et sur la vie quotidienne de l'individu peuvent donc être lourdes, notamment lorsque la prise en charge est trop tardive, voire inexistante, ou/et que l'environnement, qu'il soit médical, paramédical, institutionnel ou familial, défavorise la personne dans le choix et l'accès optimal à une langue qui puisse subvenir à l'ensemble de ses besoins. Dans notre société « phonocentr  e »⁸⁰ où la parole reste la norme majoritaire des échanges communicationnels, la surdité, quel que soit son moment d'apparition, apparaît donc prioritairement comme un handicap de communication. Cependant, loin du déficit ou du manque évoqués dans les conceptions médicales et anciennes du handicap, la surdité permet d'interroger notre rapport à la norme sociale, du point de vue du langage, et de nos schèmes de communication au sein de notre organisation sociétale. Pour détacher la surdité de la situation de handicap, il existe aujourd'hui différentes modalités de communication possibles pour la personne.

1.3.2 Compensation audioprothétique : la voie de la réhabilitation auditive

Depuis l'Arrêté du 23 avril 2012 relatif à l'organisation du dépistage de la surdité permanente néonatale qui rend la mise à disposition de ce dernier obligatoire en France⁸¹, puis le cahier des charges national établi le 3 novembre 2014 et fixant le programme de ce d  pistage⁸², les parents ont aujourd'hui la possibilité de connaître très tôt après la naissance une première estimation de la condition auditive de leur enfant⁸³. Du point de vue de l'obstacle communicationnel qu'une personne sourde peut rencontrer au sein de notre société, ce dépistage permet d'engager un processus d'accompagnement parental (guidance parentale), mais aussi une prise en charge et un suivi médico-social à un stade très précoce. De ce fait, en permettant aux parents d'être mieux informés, préparés ou encore de plus facilement accepter les réalités physiologiques de l'enfant, ce diagnostic peut avoir des conséquences bénéfiques en cas de risque de surdité prélinguale. S'amorce alors pour les parents le choix du

80. Cet adjectif fait référence à la notion de « phonocentrisme » développée par Jacques Derrida. Voir : DERRIDA, Jacques, *De la grammatologie*, Collection « Critique », Paris : Les   ditions de Minuit, 1967.

81. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025794966&categorieLien=cid>, (visité le 03-03-2020).

82. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000029754753>, (visité le 03-03-2020).

83. Sur consentement des parents, le dépistage auditif néonatal peut s'effectuer en maternité dès les premières vingt-quatre heures après la naissance de l'enfant. Voir : LINA-GRANADE et TRUY, *op. cit.*

type de prise en charge, du mode de communication et de l'orientation scolaire de leur enfant. Inscrite dans une vision médicale et curatrice visant à compenser sur un plan audiolgique ou à guérir la déficience auditive, l'une des voies possibles est celle de la réhabilitation, qui s'établit pour l'individu autour d'une double articulation : l'appareillage audioprothétique et l'orthophonie.

Les prothèses auditives

Certaines pathologies à la base de la surdité peuvent être traitées par intervention clinique, chirurgicale ou/et par un traitement médicamenteux. Lorsque cela est impossible ou est contre-indiqué, l'appareillage auditif peut être alors envisagé comme une solution. Avec les implants, les prothèses auditives comptent parmi les dispositifs compris dans cet appareillage. Il existe un grand nombre de technologies et de modèles de prothèse auditive permettant d'apporter une aide à l'audition. Les besoins pouvant être très variables d'un individu à l'autre, les caractéristiques des prothèses auditives peuvent largement différer, et tous les modèles, comme cette technologie de manière globale, peuvent ne pas convenir selon les situations. Ces dispositifs ne sont donc pas systématiquement prescrits par les professionnels de santé après établissement du diagnostic de la déficience auditive⁸⁴. Cependant, l'appareillage auditif est généralement indiqué en cas de surdités bilatérales. Lorsque la surdité génère un risque sur le développement et l'acquisition du langage oral, l'appareillage s'accompagne d'un soutien orthophonique, voire également psychologique.

Si l'apparition des premières aides auditives peut remonter au XVII^{ème} siècle, notamment à travers les techniques de concentration des ondes sonores par tubes et cornets acoustiques très répandus jusqu'au XX^{ème} siècle, les premières formes de technologies par amplification acoustique voient le jour au XIX^{ème} siècle. Avec la maîtrise de l'électricité et sous l'impulsion de l'invention du microphone à charbon puis du téléphone, toutes deux attribuées à Alexander Graham Bell, ces prothèses « actives » connaîtront leur essor et une évolution considérable à partir du XX^{ème} siècle⁸⁵.

Réduites à leurs organes essentiels, les prothèses auditives sont « des chaînes miniaturisées composées au minimum d'un microphone, d'un amplificateur et d'un écouteur [comprenant généralement un haut-parleur et un embout] ou d'un vibreur »⁸⁶. Une source d'alimentation est également nécessaire afin que l'ensemble

84. Le bilan auditif est mené en amont par un médecin oto-rhino-laryngologiste (ORL), qui peut décider de recourir à l'appareillage. En revanche, le choix du type de prothèse revient à l'audioprothésiste.

85. Pour une revue de l'évolution des prothèses auditives par amplification acoustique des signaux et des types de prothèse existants de nos jours, voir : MARTIN, Christian et TRUY, Éric, « 22. Réhabilitation prothétique de l'audition chez l'adulte. De la prothèse conventionnelle aux implants », in : BRASNU, Daniel *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 153-164.

86. *Ibid.*

puisse être fonctionnel (   piles, à batterie rechargeable ou hybride comprenant ces deux sources). Le signal acoustique est capté dans l'environnement de la personne par le microphone et est transduit en un signal électrique qui, après amplification, est diffusé soit par l'écouteur (par conduction aérienne), soit par le vibreur (ost  ophonie par la mastoïde située à la base de l'os temporal) en fonction du type d'appareil utilisé. Dans les prothèses numériques modernes, l'amplification est contrôlée par un microprocesseur (appelé souvent audio-processeur) qui peut également assurer des fonctions plus avancées (filtrage fréquentiel, transposition, etc.). Le nombre de microphones peut également varier, certaines prothèses pouvant par exemple en proposer plusieurs. L'association avec d'autres dispositifs, tels qu'une seconde prothèse ou à un smartphone *via* une application, est également rendue possible par les systèmes de connectivité sans-fil, conférant ainsi à la prothèse un usage récréatif en donnant la possibilité de transformer celle-ci en un accessoire de diffusion (par exemple musical).

De nos jours, l'ensemble des éléments fonctionnels de la prothèse par conduction aérienne repose dans un boîtier miniaturisé. Ce boîtier peut être soit placé derrière l'oreille dans le cas des prothèses dites à contours d'oreille à (la diffusion du signal en bout de chaîne s'effectuant alors *via* un tube acoustique comprenant ou non l'écouteur), soit directement intégré sur mesure à l'oreille (intégration intraconque ou intracanal  ) ou au conduit auditif externe (intégration intra-profonde) de la personne dans le cas des prothèses intra-auriculaires. Certaines prothèses peuvent également être intégrées à un autre dispositif porté par l'utilisateur, tel que les lunettes par exemple. Ce type d'intégration est notamment très r  pand   dans le cas des prothèses par conduction osseuse (les branches de lunettes reposant directement sur la mastoïde), qui peuvent être indiquées en cas de surdités de transmission. Certains audioprothésistes proposent également des solutions en serre-tête ou à boîtier adhésif.

Toutefois, les prothèses à conduction osseuse les plus répandues reposent sur la biocompatibilité du titane et des tissus osseux et sont dites à ancrage osseux à ou à ostéo-intégrées   ⁸⁷. Nécessitant une intervention chirurgicale, le vibreur est alors couplé à un pilier en titane fixé après forage dans une cavité située directement dans la mastoïde. Bien qu'invasif et nécessitant une hygiène plus rigoureuse, ce type de prothèse est actuellement considéré comme le système le plus efficace pour compenser la ou les pertes auditives dues à certaines surdités de transmission par rapport aux autres systèmes à conduction aérienne ou osseuse⁸⁸.

Quoi qu'il en soit, l'appareillage nécessite une phase d'adaptation chez l'utilisateur (qui module de manière évolutive les réglages appliqués à la prothèse), ainsi qu'un suivi à court (efficacité immédiate de la prothèse) et long terme (efficacité de la pro-

87. Le système exploitant cette technologie le plus utilisé aujourd'hui est le système BAHA   (acronyme de « Bone-Anchored Hearing Aid »).

88. MARTIN et TRUY, *op. cit.*

thèse dans le temps)⁸⁹. Comme l'expliquent Christian Martin et Éric Truy : « [...], le degré de la perte auditive, l'âge du patient, l'acceptation ou non de son handicap, sa volonté ou non de le compenser, ses attentes, la qualité de la prothèse, de ses réglages et son coût interviendront à des degrés divers, assurant succès ou échec prothétique »⁹⁰. À l'instar de la prothèse à ancrage osseux, une autre catégorie d'appareillage a été développée dans les années soixante pour combler la faiblesse des prothèses auditives conventionnelles dans la réhabilitation des surdités sévères et profondes : les implants auditifs.

Implant cochléaire et implant du tronc cérébral

En France, les premières expériences d'implantation permanente de système audioprothétique ont été réalisées vers la fin des années cinquante⁹¹, et la première implantation sur l'Homme a été réalisée en 1976 à Paris⁹². Ainsi, le premier implant auditif à avoir été mis au point est l'implant cochléaire. À la différence des prothèses auditives externes dont le principe fonctionnel repose sur la captation, l'amplification et la transmission des signaux acoustiques au système cochléaire, l'implant cochléaire « stimule électriquement les origines du nerf auditif en court-circuitant l'organe sensoriel de Corti »⁹³. En effet, l'implant cochléaire, plus complexe que la prothèse auditive conventionnelle, se compose généralement de deux parties matérielles distinctes, mais co-dépendantes fonctionnellement. La première partie est la partie externe de l'implant, qui comporte un microphone, un processeur vocal, une antenne de transmission, une alimentation énergétique (batterie rechargeable ou pile jetable), ainsi qu'un ensemble de connexions destiné à recevoir une interface. La seconde partie est la partie interne de l'implant, encapsulée et composée d'une antenne de réception,

89. Certains dispositifs, tels que les assistants d'écoute, proposent un réglage prédéfini, parfois non modifiable, et peuvent être vendus dans le commerce au grand public (par exemple en pharmacie) sans indications spécifiques d'un professionnel de santé, ni suivi de la part d'un audioprothésiste. Bien qu'étant considérés comme des dispositifs médicaux en France, les assistants d'écoute, non pris en charge par la sécurité sociale, doivent être cependant distingués des prothèses auditives.

90. MARTIN et TRUY, *op. cit.*

91. DJOURNO, André, EYRIÈS, Charles et VALLANCIEN, Bernard, « Premiers essais d'excitation électrique du nerf auditif chez l'homme, par micro-appareils inclus à demeure », in : *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 2 juill. 1957, p. 481-483.

92. Elle fut réalisée le 22 septembre 1976 à l'hôpital Saint-Antoine par le Professeur Claude-Henri Chouard, sous l'assistance du Professeur Bernard Meyer. Voir : CHOUARD, Claude-Henri, « Histoire de l'implant cochléaire », in : *Annales françaises d'oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale* 127.6, 2010, p. 288-296.

93. *Ibid.*

d'un récepteur-stimulateur et d'un porte-électrode intracochl  aire. Aujourd'hui, la HAS estime à 1600 le nombre d'implantations effectuées par an en France⁹⁴.

Le son environnant est capté par le microphone et transduit en signal électrique destiné à être reçu par le processeur vocal (matérialisé sous la forme d'un boîtier ou d'un système miniaturisé en contours d'oreille). Ce dernier effectue une modélisation de l'environnement acoustique de la personne par filtrage et codage électronique du signal d'entrée en fonction de plusieurs paramètres (fréquence, temps et amplitude). Le signal en sortie est ainsi divisé en plusieurs bandes de fréquences qui déterminent la bande passante de l'implant (comprise généralement entre 200 et 7500 Hz, c'est-à-dire correspondante au champ fréquentiel de la parole, bien que d'autres stratégies de codage peuvent être utilisées). Le volume sonore perçu et la sensibilité du microphone peuvent également être contrôlés par le processeur. Ce signal divisé est ensuite diffusé en radio-fréquences *via* l'antenne émettrice externe et réceptionné par l'antenne interne située sous la peau, à hauteur similaire. Un aimant assure le couplage magnétique et le maintien de la proximité entre les deux antennes. Le récepteur-stimulateur décode ensuite le signal reçu et stimule les fibres du nerf auditif par l'intermédiaire du faisceau d'électrodes placé dans le système cochléaire, le long de la rampe tympanique. Contrairement aux premiers implants utilisés à des fins expérimentales, les implants modernes contiennent plusieurs électrodes, généralement entre 15 et 22. Chacune de ces électrodes représente un canal destiné à délivrer une stimulation spécifique en fonction du nombre de bandes de fréquences codées par le processeur externe.

Bien que l'implantation soit devenue une opération courante, l'implant cochléaire nécessite une chirurgie micro-invasive, des réglages individualisés et un suivi pluridisciplinaire, notamment audiologique et orthophonique, à court et long terme afin de permettre à la personne d'apprendre ou de réapprendre à traiter les informations auditives qu'elle perçoit (notamment l'intelligibilité de la parole et la reconnaissance phonétique). De ce fait, la réussite de la réhabilitation de la personne ne dépend pas uniquement de facteurs techniques liés au dispositif lui-même. De plus, l'implant cochléaire étant un neuro-stimulateur destiné à simuler la perception sonore chez la personne en recréant artificiellement les caractéristiques de son environnement acoustique, la qualité de l'image sonore perçue reste limitée en comparaison à une audition naturelle et dépend fortement de la stratégie de codage utilisée, ainsi que des qualités et évolutions technologiques des composants. De plus, à l'instar de tout dispositif d'appareillage audioprothétique, certaines situations rencontrées dans l'environnement acoustique, telles que du bruit ambiant ou des conversations à plusieurs, peuvent représenter des pollutions sonores pouvant altérer la qualité de cette image

94. Donnée disponible dans l'avis de la Commission Nationale d'évaluation des Dispositifs Médicaux et des Technologies de Santé (CNEDiMTS) du 24 septembre 2019, disponible sur : <https://www.has-sante.fr/>, (visité le 06-03-2020).

sonore et représenter ainsi un obstacle pour la personne implantée⁹⁵. Néanmoins, il a été de nombreuses fois démontré que l'implantation cochléaire, effectuée dans le respect des indications (liées à l'âge de la personne, à la précocité de sa prise en charge, à son environnement familial, rééducatif, scolaire, ainsi qu'à la nature de sa surdité), présentait des apports significatifs dans le développement du langage oral (compréhension et production).

Enfin, certaines pathologies, telles que le neurinome de l'acoustique, peuvent entraîner une ablation des fibres nerveuses au niveau cochléaire (surdité rétro-cochléaire). Dans cette situation, la pose d'un implant cochléaire devient alors obsolète et la réhabilitation prothétique doit s'effectuer avec un autre dispositif permettant une stimulation localisée plus en amont sur les voies auditives. En reprenant le principe fonctionnel de l'implant cochléaire et en modifiant la localisation de la stimulation, l'implant du tronc cérébral permet de stimuler les noyaux cochléaires qui constituent le premier relais de la voie auditive primaire (niveau bulbo-pontique). Comme le précise la HAS, la pose de l'implant du tronc cérébral reste rare du fait du nombre réduit de cas à qui elle peut être indiquée et ne permet qu'une restauration limitée de l'audition⁹⁶.

Implant d'oreille moyenne et implant électro-acoustique

Les prothèses auditives conventionnelles par conduction aérienne nécessitent que l'anatomie de l'oreille soit inaltérée, en particulier celle du conduit auditif externe. De plus, la visibilité du boîtier peut parfois provoquer une gêne esthétique et/ou sociale chez l'utilisateur. En palliant ces contraintes, l'implant d'oreille moyenne peut représenter une solution pertinente. Partiellement ou totalement implanté, le principe de cet implant est de provoquer ou de renforcer la transmission mécanique du signal au niveau de la chaîne ossiculaire avant sa transduction mécano-hydraulique au niveau cochléaire. La stimulation mécanique de l'implant peut s'effectuer de deux manières en fonction de la technologie employée : une stimulation piézo-électrique (propriété d'un matériau à se déformer au passage d'un courant électrique) ou une stimulation électro-magnétique (déplacement d'un aimant au sein d'un champ électrique). La localisation du transducteur peut varier en fonction de la qualité des reliquats osseux : il peut ainsi être implanté dans l'étrier, directement sur sa platine par exemple, ou encore sur une prothèse en titane fixée à l'un des osselets. La pose de ce type d'implant suppose donc que le système cochléaire soit fonctionnel. De ce fait, cet

95. SHANNON, Robert V., « Understanding Hearing Through Deafness », in : *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 104.17, 2007, p. 6883-6884.

96. Fiche d'usage disponible sur : https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/fiche_bon_usage_implants_cochleaires.pdf, (visité le 06-03-2020).

implant peut être indiqué en cas de surdité de perception endo-cochléaire, de surdité de transmission, ou encore de surdité mixte.

Toutefois, lorsque le système cochléaire est altéré, par exemple dans le cas des surdités de perception, il arrive que certains individus conservent des restes auditifs, notamment dans les basses fréquences. Cette audition résiduelle peut être la marque de la conservation d'une activité partielle au niveau des structures cochléaires et de l'organe de Corti. Dans ce type de cas, la pose d'un implant cochléaire classique peut présenter un risque de lésion définitive des structures résiduelles et est alors discutée. Des avancées technologiques récentes ont permis le développement d'implants bimodaux, capables de combiner à la fois la perception artificielle des fréquences aiguës par stimulation électrique de l'implant cochléaire et l'amplification des basses fréquences résiduelles par voie aérienne des prothèses auditives conventionnelles. Introduit en 1999 comme dispositif exp  rimental⁹⁷, ce type d'implant, appelé implant électro-acoustique⁹⁸, connaît depuis une tendance forte dans les écrits scientifiques sur le sujet et reste toujours à l'  tude⁹⁹.

1.3.3 Apports d'éléments multimodaux à la compréhension de la parole

Bien qu'il ait été démontré que la réhabilitation auditive pouvait représenter une voie pertinente dans l'acquisition et l'amélioration de la compréhension orale en cas de surdité, il arrive que l'action, conjuguée ou non, de l'appareillage auditif et/ou de la rééducation orthophonique ne soit pas suffisante. Par exemple, du fait des caractéristiques techniques de cette technologie, des caractéristiques individuelles liées à son porteur (  ge d'implantation, causes de la surdité) ou à son environnement (pollution sonore, guidance parentale, etc.), ou encore de la qualité du suivi audio-prothétique (réglages, stratégies de codage, etc.), il est communément reconnu que l'implant cochléaire ne fournit à l'individu qu'une information phonétique partielle et incompl  te¹⁰⁰.

Or, une grande partie des expériences communicationnelles mises en œuvre dans la vie de tous les jours ne sont pas exclusivement auditives, mais sont, au contraire,

97. VON ILBERG, Christoph *et al.*, « Electric-Acoustic Stimulation of the Auditory System. New Technology for Severe Hearing Loss », in : *ORL* 61.6, 1999, p. 334-340.

98. Dans la littérature scientifique, cette technique hybride est souvent désignée par son appellation anglaise : « *Electric-Acoustic Stimulation (EAS)* ».

99. Pour une revue, voir : VON ILBERG, Christoph A. *et al.*, « Electric-Acoustic Stimulation of the Auditory System : A Review of the First Decade », in : *Audiology and Neurotology* 16.2, 2011, p. 1-30.

100. PISONI, David B., « 20. Speech Perception in Deaf Children with Cochlear Implants », in : PISONI, David B. et REMEZ, Robert E. (  ds.), *The Handbook of Speech Perception*, Blackwell handbooks in linguistics, Malden : Blackwell Publishing, 2005.

le fruit d'un traitement perceptif et cognitif fondamentalement multimodal. Ainsi, lorsque la seule modalité auditive ne suffit pas à rendre la parole intelligible, les éléments visuels peuvent représenter pour la personne une source d'informations phonétiques complémentaires et simultanées permettant de compenser les défauts des technologies prothétiques et d'aboutir à une meilleure compréhension.

Lecture labiale et surdité

La lecture labiale est un procédé résultant de l'observation et de l'identification des mouvements visibles des muscles articulateurs¹⁰¹ mis en action en situation communicationnelle. Lors de l'acte de production de la parole orienté dans un but linguistique, la position et les mouvements dans l'espace de ces muscles donnent, dans une langue donnée, plusieurs caractéristiques articulatoires¹⁰² qui, pour certaines, apparaissent comme des indices visuels pour la personne *labiolectrice*. La reconnaissance de ces traits visuels peut ainsi permettre de compenser un défaut de perception et d'intelligibilité des informations auditives produites par la parole. Par exemple, il a été démontré que la lecture labiale chez des individus n'ayant aucun trouble auditif améliorerait significativement la compréhension de la parole, notamment lorsque les stimuli associés à cette dernière sont masqués par une source secondaire de pollution sonore¹⁰³. Cependant, si la lecture labiale peut être considérée comme une « compétence spontanée »¹⁰⁴, certaines études suggèrent que ses bénéfices sont liés à des mécanismes d'apprentissage et que les performances dans la reconnaissance des informations phonétiques peuvent être améliorées avec l'expérience¹⁰⁵.

Dans le cas de la réhabilitation auditive et de la surdité, de nombreux travaux sont parvenus à des conclusions similaires auprès de personnes sourdes¹⁰⁶ et porteuses

101. Les principaux muscles articulateurs sont : la mâchoire, les lèvres, la langue, le velum et les plis vocaux. Voir : BOREL, Stéphanie et DODIER, Christophe, « 2. Les modes de communication », in : QUÉREL, Caroline, *Surdité et santé mentale*, Cahiers de Sainte-Anne, Cachan : Lavoisier, 2013, p. 25-43.

102. Par exemple, dans le système vocalique de la langue française (production des voyelles), ces caractéristiques sont : le lieu d'articulation, l'aperture, la nasalité et l'arrondissement (ou résonance labiale). Voir : *ibid.*

103. SUMBY, W. H. et POLLACK, Irwin, « Visual Contribution to Speech Intelligibility in Noise », in : *The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)* 26.2, 1953, p. 212-215.

104. BOREL et DODIER, *op. cit.*

105. DESJARDINS, Renée N. et WERKER, Janet F., « Is the Integration of Heard and Seen Speech Mandatory for Infants? », in : *Developmental Psychobiology* 45.4, 2004, p. 187-203.

106. ERBER, Norman P., « Auditory, Visual, and Auditory-Visual Recognition of Consonants by Children with Normal and Impaired Hearing », in : *Journal of Speech and Hearing Research* 15.2, 1972, p. 413-422.

d'implants cochl  aires¹⁰⁷. Selon Jacqueline Leybaert et Cécile Colin¹⁰⁸ : « il semble [...] indéniable que les informations visuelles [...] améliorent la perception de la parole, parce qu'elles fournissent un complément phonétique au signal appauvri délivré par l'implant »¹⁰⁹. Toutefois, si l'accès à la lecture labiale n'est pas déterminé par la condition auditive – une personne sans trouble auditif pouvant parfaitement avoir recours à ce proc  d  ¹¹⁰ –, Benoît Virole précise que celle-ci est « particulièrement mise en évidence par les troubles auditifs »¹¹¹. En effet, un grand nombre de travaux semblent suggérer que, même si les indices audio-visuels (bimodaux) généraient des bénéfices notables dans la compréhension de la parole chez les personnes sourdes implantées, ces dernières auraient tendance à privilégier les indices visuels, notamment lorsque les stimuli audio-visuels sont incompatibles¹¹².

Cependant, l'idée que cette tendance pourrait jaillir d'un phénomène de dépendance à la lecture labiale et à la modalité visuelle, induisant ainsi un modèle dans lequel les modalités sont mises en concurrence, a été réfutée dans une étude plus récente. Selon les chercheuses à l'origine de cette étude : « [...] la propension des enfants sourds avec implant à se baser davantage sur la vision lorsque les indices visuels et auditifs sont incompatibles dépend de la situation expérimentale et des caractéristiques individuelles des participants »¹¹³. De ce fait, la perception de la parole serait « un processus plus adaptatif que ce qui a été présenté dans des recherches antérieures »¹¹⁴, dans lequel « les enfants avec implant et les normo-entendants donnent de l'importance à la modalité la plus informative »¹¹⁵. Les autrices parviennent donc à la conclusion que « les enfants avec implant ne sont pas enfermés dans une situation où ils ne pourraient dépendre que de la vision. Au contraire, ils vont utiliser la modalité

107. LACHS, Lorin, PISONI, David B. et KIRK, Karen I., « Use of Audiovisual Information in Speech Perception by Prelingually Deaf Children with Cochlear Implants : A First Report », in : *Ear and Hearing* 22.3, 2001, p. 236-251.

108. Professeures en sciences psychologiques et de l'éducation à l'Université Libre de Bruxelles.

109. LEYBAERT, Jacqueline et COLIN, Cécile, « Le rôle des informations visuelles dans le développement du langage de l'enfant sourd muni d'un implant cochléaire », in : *Enfance* 59.3, 2007, p. 245-253.

110. Plusieurs études démontrent que la perception bimodale de la parole liée à la lecture labiale présente une activité dès la petite enfance, notamment dès le quatrième mois suivant la naissance de l'enfant. Voir en exemple : KUHL, Patricia K. et MELTZOFF, Andrew. N., « The Bimodal Perception of Speech in Infancy », in : *Science* 218.4577, 1982, p. 1138-1141.

111. VIROLE, Benoît, « 7. Réhabilitation audiophonologique », in : *Psychologie de la surdité*, Paris : De Boeck Supérieur, 2006, p. 139-166.

112. DESAI, Sheetal, STICKNEY, Ginger et ZENG, Fan-Gang, « Auditory-visual Speech Perception in Normal-hearing and Cochlear-implant Listeners », in : *The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)* 123.1, 2008, p. 428-440.

113. LEYBAERT, Jacqueline *et al.*, « Perception multi-modale de la parole chez l'implanté cochléaire », in : *Rééducation Orthophonique* 252, 2012, p. 33-53.

114. *Ibid.*

115. *Ibid.*

la plus informative, soit visuelle, soit auditive »¹¹⁶. Par conséquent, en situation réelle de communication, les personnes sourdes implantées ne sont pas dépendantes d'une modalité spécifique dans la perception de la parole, éloignant ainsi tout modèle hiérarchique et concurrentiel visant à rendre exclusif l'usage d'une modalité sur l'autre. Ainsi, ces études présentent une vision moins dualitaire, plus nuancée et reposant sur une diversification plus complexe et situationnelle des mécanismes de perception. Une vision dans laquelle le développement d'une préférence pour la modalité visuelle chez les personnes sourdes implantées labioélectriques est laissé possible¹¹⁷, au même titre que les personnes sans trouble auditif pourraient, pour la perception d'une même information phonétique, privilégier la modalité auditive.

Toutefois, la lecture labiale présente certaines limites qui ne permettent pas de garantir une efficacité totale dans la compréhension de la parole. En effet, lorsque la condition auditive le permet, ce procédé induit une perception double qui repose sur la combinaison d'indices audio-visuels. Du point de vue cognitif, ces indices sont « intégrés en un percept unique »¹¹⁸ dans un mécanisme appelé « intégration audio-visuelle ». Ce mécanisme a été mis en évidence par la découverte de l'« effet McGurk »¹¹⁹ : un phénomène illusoire perceptif survenant lorsqu'un stimulus perçu dans une des deux modalités ne correspond pas au stimulus perçu dans la modalité associée, mais partage avec ce dernier une part de ses traits caractéristiques¹²⁰. Ce phénomène d'incongruence audio-visuel, qui existe à travers de nombreuses langues, peut se manifester sous la forme de deux types d'illusion : la fusion¹²¹ et la combinaison¹²². Ainsi, face à la surdité, les travaux menés par Leybaert et Colin ont confirmé « [...] la tendance des sourds avec implant à se baser sur l'information visuelle lorsqu'ils sont confrontés à des stimuli McGurk et que l'information visuelle est claire »¹²³.

116. *Ibid.*

117. Nous pourrions ajouter ici que toutes les personnes sourdes, appareillées ou non, ne pratiquent pas nécessairement la lecture labiale et que cette tendance préférentielle envers la modalité visuelle n'a pas de valeur fondamentale.

118. LEYBAERT *et al.*, *op. cit.*

119. Ou « effet McGurk-MacDonald », du nom des chercheurs qui ont découvert ce phénomène en 1976. Voir : MCGURK, Harry et MACDONALD, John, « Hearing Lips and Seeing Voices », in : *Nature* 264.1976, 1976, p. 746-748.

120. COLIN, Cécile et RADEAU, Monique, « Les illusions McGurk dans la parole : 25 ans de recherches », in : *L'année psychologique* 103.3, 2003, p. 497-542.

121. « Par exemple, si on présente une syllabe contenant une consonne vélaire telle que /ka/ en lecture labiale et une syllabe contenant une consonne bilabiale telle que /pa/ en auditif, les individus normo-entendants [...] éprouvent le percept illusoire /ta/, qui correspond à une consonne alvéo-dentaire ». Voir : LEYBAERT *et al.*, *op. cit.*

122. « [...] si la syllabe /pa/ est présentée en lecture labiale en même temps que la syllabe /ka/ en auditif, le participant rapporte percevoir /apka/, ou plus rarement /akpa/ ; ces percepts illusoire sont appelés *combinaisons* car on y retrouve les informations présentées dans les deux modalités, [...] ». Voir : *ibid.*

123. *Ibid.*

Cependant, les interférences illusoire  s provoquées par l'effet McGurk ne s'appliquent que dans la situation où la personne présente une acuité auditive suffisante pour pouvoir percevoir et interpréter les stimuli phonétiques.

Dans le cas des personnes sourdes non implantées chez qui la perception auditive des informations vocales n'est pas suffisante pour rendre ces dernières intelligibles, la lecture labiale peut engendrer certaines confusions. En effet, si l'observation visuelle à la base de la lecture labiale permet de percevoir certaines caractéristiques phonologiques dans la production de la parole, d'autres demeurent en revanche invisibles. Par exemple : « la position exacte de la langue, les vibrations des plis vocaux et l'abaissement du velum ne sont pas visualisés »¹²⁴. Ce défaut de perception globale de l'ensemble des « contrastes phonémiques »¹²⁵ d'une langue est à la base de l'existence des « sosies labiaux » : une catégorie de phonèmes, ou « vis  mes »¹²⁶, pour lesquels certains traits de configuration phonologiques apparaissent visuellement identiques. De ce fait, pour ces vis  mes présentant à la fois un « voisinage vocalique » et une même « image labiale », seuls la nasalité ou le voisement¹²⁷ représentent des éléments de distinction. Ces caractéristiques n'étant pas détectables au regard, cela génère ainsi une ambiguïté dans l'intelligibilité de la parole que la lecture labiale n'est *de facto* pas en mesure de lever¹²⁸. Au-delà de ces ambiguïtés, certains phonèmes, tels que les consonnes v  laires¹²⁹, ne sollicitent pas la région labiale comme lieu d'articulation et restent donc invisibles pour le labiolecteur¹³⁰. Ainsi, l'ensemble des limites de la lecture labiale font que la perception de la parole *via* ce procédé demeure « très difficile »¹³¹ pour les personnes sourdes.

124. BOREL, Stéphanie, « Perception auditive, visuelle et audiovisuelle des voyelles nasales par les adultes devenus sourds. Lecture Labiale, implant cochléaire, implant du tronc cérébral », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Jacqueline VAISSIÈRE, Paris, Université Paris 3 Sorbonne Nouvelle, 2015.

125. LEYBAERT *et al.*, *op. cit.*

126. Néologisme français introduit par l'orthophoniste Annie Dumont, issu de la traduction de l'expression originale « *visual phoneme* ». Voir : DUMONT, Annie et CALBOUR, Christian, *Voir la parole : lecture labiale, perception audiovisuelle de la parole*, Collection d'orthophonie, Paris : Masson, 2002.

127. « On appelle voisement, ou voix, l'utilisation dans l'articulation d'un son des ondes sonores créées par la vibration des cordes vocales au passage de l'air expulsé par les poumons ». Définition disponible sur : CALVET, Louis-Jean, « Voisement », in : *Encyclop  dia Universalis [En ligne]*, URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/voisement/> (visité le 23/07/2020).

128. Par exemple, les phonèmes /b/ et /m/ diff  rent seulement par la nasalité, là où les phonèmes /b/ et /p/ diff  rent, quant à eux, uniquement en fonction du voisement. Voir : LEYBAERT *et al.*, *op. cit.*

129. En langue française, les phonèmes /k/ et /g/ sont des exemples de consonnes vélaires.

130. LEYBAERT *et al.*, *op. cit.*

131. *Ibid.*

Cued Speech (CS) et Langues Parlées Complétées (LPC)

Pour pallier les limites de la lecture labiale, des systèmes d'aide à la perception de la parole à la fois audio-visuels et audio-gestuels ont été mis au point. Par exemple, mû par la volonté d'améliorer les capacités de lecture des enfants sourds prélinguistiques américains, Richard Orin Cornett, docteur en sciences physiques et mathématiques appliquées, met au point, en 1967, une méthode fondée sur l'intégration de gestes manuels à la lecture labiale baptisée : Cued Speech (CS)¹³². Présenté alors comme une alternative dans le contexte américain binaire de suprématie de la méthode d'éducation oraliste « pure »¹³³ face à la méthode visuogestuelle promue par les LS, le CS code chaque syllabe prononcée d'un *signe*¹³⁴, appelé « clé manuelle »¹³⁵, effectué près du visage de manière synchronisée et complémentaire avec la parole. De ce fait, la méthode de Cornett présente l'avantage de neutraliser l'ambiguïté des phonèmes de la langue anglaise en lecture labiale, tout en donnant l'accès à l'ensemble de ses contrastes phonologiques¹³⁶.

Depuis son développement initial, le CS a fait l'objet de multiples travaux et différentes perspectives ont ainsi été explorées jusqu'à nos jours¹³⁷. Les évolutions apportées par ces travaux ont notamment permis à une distinction terminologique entre CS et *cued language* de voir le jour, élargissant l'horizon de l'objectif initial porté par Cornett, restreint à l'apprentissage de la lecture. Dans cette distinction, le CS est défini comme une modalité de communication, tandis qu'un *cued language* désigne l'utilisation du système du CS dans une langue préexistante et prévalente¹³⁸. Les premières tentatives d'adaptation du système initial de Cornett à la langue française sont

132. CORNETT, Richard Orin, « Cued Speech », in : *American Annals of the Deaf* 112.1, 1967, p. 3-13.

133. Terme récurrent de la littérature pour désigner une méthode d'éducation des enfants sourds à la parole exempte de toute forme d'apports multimodaux. En outre, ce terme est également utilisé par Cornett. Voir : *ibid.*

134. Afin d'éviter toute confusion, l'utilisation présente du terme signe ne doit aucunement faire référence aux signes des LS.

135. Deux paramètres principaux régissent le système initial du CS : la configuration de la main (aboutissant aux clés), ainsi que son emplacement. Synchronisée avec la parole, la combinaison de ces paramètres donne huit clés destinées à la représentation des consonnes et quatre emplacements permettant de coder les voyelles. Les diphtongues sont, quant à elles, représentées par des glissements spécifiques de la main d'un emplacement vers un autre. Voir : SCHULL, Thomas et CRAIN, Kelly Lamar, « 2. Fundamental principles of Cued Speech and Cued Language », in : LASASSO, Carol, CRAIN, Kelly Lamar et LEYBAERT, Jacqueline (éds.), *Cued Speech and Cued Language for Deaf and Hard of Hearing Children*, San Diego : Plural Publishing, 2010, p. 27-51.

136. LEYBAERT *et al.*, *op. cit.*

137. Pour une revue récente de la littérature sur le sujet, voir : TREZEK, Beverly J., « Cued Speech and the Development of Reading in English : Examining the Evidence », in : *Journal of Deaf Studies and Deaf Education* 22.4, 2017, p. 349-364.

138. Notons que, si la perspective du *cued language* intègre l'utilisation du CS dans une situation de communication ordinaire, celle du CS comme modalité de communication a notamment permis le développement d'une méthode pédagogique conçue spécifiquement pour l'apprentissage de la lecture

apparues d  s 1971, dans un premier temps en Suisse, puis à partir de 1977 en France à travers l'initiative d'un groupe de parents d'élèves sourds de l'Institut National de Jeunes Sourds de Paris (INJS)¹³⁹. Cette initiative aboutira à la création de l'Association nationale pour la Langue française Parlée Complétée (ALPC) en 1980, chargée de diffuser sur le territoire le « Langage Complété Cornett (LCC) ». Cette dénomination évoluera par la suite pour donner lieu au « Langage Parlé Complété » puis, dans le sillage de la perspective du *cued language*, à sa forme actuelle : la Langue française Parlée Complétée (LFPC). Ainsi, l'emploi de la dénomination LFPC (cf. FIG. 1.3) rappelle que ce système n'est pas une langue à part entière, mais un enrichissement visuel de la langue française destiné à rendre cette dernière plus accessible, notamment aux personnes sourdes. Aux huit clés manuelles du CS anglo-américain est ajouté un emplacement supplémentaire pour la main¹⁴⁰, passant ainsi leur nombre de quatre à cinq. En revanche, les diphtongues étant inexistantes en langue fran  aise¹⁴¹, les glissements ne sont pas utilisés.

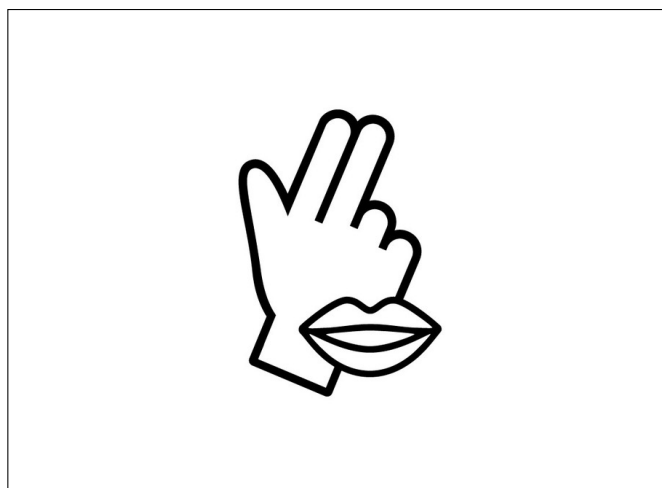


FIGURE 1.3 – Pictogramme officiel proposé par l'ALPC et l'Association Nationale des CO-  deurs.euses LfPC (ANCO) servant à identifier l'accessibilité en LFPC en France. Disponible sur : <https://alpc.asso.fr/>, (visité le 03-08-2020).

et de l'orthographe d'une langue : le « *See-the-Sound Visual Phonics instructional tool* » ou « *Visual Phonics* ». Voir : *ibid.*

139. L'ensemble de ces informations est disponible sur : <https://alpc.asso.fr/>, (visité le 31-07-2020).

140. Il s'agit, en l'occurrence, de la position « pommette ».

141. Notons que cette affirmation n'est valable que pour la langue française pratiquée dans l'hexagone, c'est-à-dire en France septentrionale et méridionale. *A contrario*, plusieurs cas de diphtongaison sont relevables en français québécois.

De nos jours, le CS a été adapté à plus de soixante langues et dialectes à travers le monde¹⁴² et de nombreux travaux ont souligné son efficacité dans la compréhension de la parole au sein de situations de communication courantes faisant intervenir des personnes sourdes¹⁴³. De plus, il est fréquemment rapporté qu'une exposition précoce aux clés manuelles permettait aux enfants sourds de percevoir la parole courante aussi efficacement que les enfants ne connaissant aucun trouble auditif¹⁴⁴. Ces résultats peuvent être expliqués par la capacité des LPC à représenter, contrairement à la lecture labiale, tous les contrastes phonologiques d'une langue. En effet, au-delà de la perception de la parole, les LPC permettraient à l'enfant sourd « de se construire des représentations phonologiques précises et spécifiées qui vont ensuite améliorer le développement de la morphosyntaxe, de la lecture et de l'orthographe »¹⁴⁵. Ainsi, comme nous l'expliquent Jacqueline Leybaert et son équipe :

La perception de la parole par la personne sourde suit donc les mêmes lois que chez la personne entendant : intégration des indices provenant d'un même geste articulatoire, que ces indices proviennent ou non de différentes modalités. Cette intégration s'effectue que les informations soient « naturelles » [...] ou soient d'origine technologique [...] ou encore d'origine gestuelle, mais créées de toutes pièces par l'homme (les gestes manuels de la LPC). L'important semble être le fait que ces différentes informations réduisent l'incertitude informationnelle : la lecture labiale réduit l'incertitude liée au signal acoustique délivré par l'audition via l'IC [l'implant cochléaire], les signaux labiaux réduisent l'incertitude liée aux clés manuelles LPC (ou l'inverse), les clés manuelles LPC réduisent l'incertitude liée au signal audio-visuel chez les personnes exposées au LPC¹⁴⁶.

En revanche, si les apports et bénéfices des LPC chez les personnes sourdes sont très souvent mis en lumière dans la littérature scientifique, très peu d'études font mention de ses limites. Bien qu'inscrites dans une perspective d'éducation oraliste et n'étant pas définies comme des modalités linguistiques propres, les LPC semblent s'écarter, au premier abord, des discours relatifs aux choix de la méthode d'éducation opposant langue orale et gestuelle. Sur ce point, très rares sont les études rapportant, là encore, des éléments de réfutation¹⁴⁷. De plus, la transcription visuelle des

142. Informations disponibles sur : <http://www.cuedspeech.org/>, (visité le 31-07-2020).

143. Pour un exemple d'une des études pionnières sur le sujet, voir : NICHOLLS, Gaye H. et LING, Daniel, « Cued Speech and the Reception of Spoken Language », in : *Journal of Speech and Hearing Research* 25.2, 1982, p. 262-269.

144. LEYBAERT, J. *et al.*, « The Effect of Exposure to Phonetically Augmented Lipspeech in the Prelingual Deaf », in : CAMPBELL, R., DODD, B. et BURNHAM, D. (éds.), *Hearing By Eye II, Advances in the Psychology of Speechreading and Audio-Visual Speech*, Hove, UK : Psychology Press, 1998, p. 283-301.

145. LEYBAERT *et al.*, *op. cit.*

146. *Ibid.*

147. Une série d'entretiens libres a été menée dans le cadre d'une publication de 1994 chez plusieurs éducateurs spécialisés auprès d'enfants sourds. Interrogés sur les différents choix linguistiques et sur

informations phonologiques d'une langue apportée par les LPC ne permettrait pas à l'individu de comprendre spontanément le sens des mots ou le contexte d'une phrase. Enfin, le manque de codeur-interprète professionnel, les difficultés liées au *décodage* d'un flux de parole rapide sans pratique quotidienne, ainsi que les difficultés d'apprentissage du code chez des personnes en situation de polyhandicap représentent les limites supplémentaires pouvant être relevées ¹⁴⁸. Néanmoins, celles-ci n'ont fait l'objet d'aucune étude scientifique approfondie.

Cependant, il existe de nos jours plusieurs portes d'accès à l'apprentissage et à la pratique de la LFPC. Auparavant, les acteurs de sa diffusion se restreignaient aux milieux associatifs, lesquels pouvaient proposer aux familles et aux professionnels des offres de formation et de stage. Toutefois, seule l'ALPC disposait d'un droit d'attribution d'un certificat de codeur-interprète LFPC. La première reconnaissance officielle du métier de codeur en « langage parlé complété » s'établit avec l'adoption de la loi de 2005 en France ¹⁴⁹, et sa fonction est désormais subordonnée à l'obtention d'un diplôme national délivré par l'enseignement supérieur ¹⁵⁰. Malgré les nombreux bénéfices attribués à la LFPC rapportés par la littérature scientifique, le rapport d'étude quantitative sur le handicap auditif à partir de l'enquête « Handicap-Santé » ¹⁵¹ révèle que, en 2008, environ 40 % des sourds congénitaux de moins de 15 ans interrogés faisaient usage de la LFPC. Il est probable que ce chiffre puisse être expliqué par un déploiement encore récent dans les institutions. Cette hypothèse pourrait être vérifiée à travers la réalisation d'une étude plus actuelle. De plus, l'enquête Handicap-Santé de 2008 n'inclut aucune question relative à son emploi en France, ce qu'aucune autre enquête n'a encore comblé à ce jour. L'absence de statistiques récentes souligne ainsi le manque crucial de connaissances concernant l'état actuel de l'utilisation de la LFPC sur le territoire et son impact sur la vie des personnes en faisant l'usage ¹⁵².

leurs appréciations personnelles, plusieurs participants ont souligné un désintéressement progressif des enfants et de leur famille pour les LPC, ainsi que des inégalités dans la réussite liée à l'apprentissage du code. Voir : DECOURCHELLE, Denis, « Surdité, langage et identité. La nouvelle donne des jeunes générations », in : *Sciences Sociales et Santé* 12.3, 1994, p. 101-128.

148. Ces limites sont mentionnées sur le site de l'Association du Québec pour Enfants avec Problèmes Auditifs (AQEPA). Voir : <https://aqepa.org/>, (visité le 03-08-2020).

149. Selon l'article 78 : « le dispositif de communication adapté peut notamment prévoir la transcription écrite ou l'intervention d'un interprète en langue des signes française ou d'un codeur en langage parlé complété ». Textes disponibles sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/>. De plus, le métier de codeur est intégré à la liste des emplois possibles des établissements et services du secteur médico-social.

150. Il s'agit d'une licence professionnelle de codeur en LFPC, dispensée à ce jour par l'Université Claude Bernard Lyon 1 et par l'Institut National Supérieur de formation et de recherche pour l'éducation des jeunes Handicapés et les Enseignements Adaptés (INSHEA).

151. Rapport précédemment cité dans cette thèse de doctorat (cf. 1.1.2).

152. Notons néanmoins l'existence d'une thèse de doctorat récente en sociolinguistique s'intéressant à la place des LPC au sein de l'éducation scolaire américaine et française. Voir : RANNOU, Pauline, « Sociolinguistique de la surdité, didactisation de la pluralité linguistique. Parcours de parents enten-

1.3.4 Le modèle d'intégration audiophonologiste

Quel que soient le ou les dispositifs prothétiques utilisés, ou encore les apports d'éléments multimodaux, l'objectif premier de la réhabilitation reste la compensation des pertes auditives associées aux déficiences *via* l'appareillage, ainsi que la rééducation orthophonique destinée à préserver le développement et l'apprentissage des langues orales. La réhabilitation auditive est donc avant tout inscrite dans une perspective audiophonatoire, visant à la mise en place chez l'individu de mesures correctives, voire réparatrices de son ou de ses altérations sur le plan fonctionnel. L'individu *réhabilité* doit ainsi pouvoir jouir, ou rejouir, d'une forme d'autonomie, des mêmes possibilités, conditions de vie, d'accès, ou encore des mêmes droits que tous ses semblables. La finalité pour l'individu est sa mise en correspondance avec les normes et les modèles sociaux qui définissent la parole, le langage et l'ouïe comme des dimensions pragmatiques privilégiées pour la communication et la réalisation des échanges interpersonnels. Dans ce cadre normatif, la personne sourde peut alors être perçue comme étant « déviante »¹⁵³, hors-normes¹⁵⁴, ou encore « hors-du-commun »¹⁵⁵.

L'intégration face au handicap

De manière générale, cet écart par rapport à la norme peut être élargi au cadre du handicap. Comme nous l'explique la sociologue et chargée de recherche Myriam Winance :

Au cours du xx^e siècle, le handicap a été appréhendé comme un écart par rapport à une norme définie en termes de performances sociales. Le handicap est un déficit, un manque, que l'on cherche à compenser. [...]. Cependant, cet écart par rapport à une norme sociale est évalué médicalement en termes de déficiences ou d'incapacités. [...]. La réduction de l'écart social passe dès lors par la réduction de l'écart médical grâce aux techniques de rééducation et de réadaptation. La personne handicapée retrouve sa place dans la société lorsqu'elle est devenue « même ». Cette définition du handicap comme insuffisance par rapport à une

dants en France et regards croisés sur la scolarisation des élèves sourds : France - États-Unis », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Gudrun LEDEGEN et Ye WANG, Rennes, Université Rennes 2, 2018.

153. Nous renvoyons ici au concept sociologique de déviance (« *deviance* ») défini, dans le courant de l'interactionnisme symbolique et en relation avec la « théorie de l'étiquetage » (« *labelling* »), par Howard S. Becker. Notons que l'ensemble des auteurs, principalement des sociologues, s'inscrivant dans le sillage de l'interactionnisme symbolique et ayant contribué à enrichir ce concept forme, par une dénomination postérieure, « l'école de Chicago » ou la « tradition de Chicago ». Voir : BECKER, Howard Saul, *Outsiders*, New York : The Free Press of Glencoe, 1963.

154. Comme le souligne Yves Delaporte : « pour les entendants, la norme c'est d'entendre. Les sourds sont donc définis par un écart à la norme [...] ». Voir : DELAPORTE, *op. cit.*, p. 55.

155. Expression empruntée à Henri-Jacques Stiker à propos du handicap. Voir : STIKER, Henri-Jacques, *Corps infirmes et sociétés. Essais d'anthropologie historique*, 3^e éd., IDEM, Paris : Dunod, 2013.

norme sociale débouché sur un processus de normalisation comme alignement de la personne handicapée sur la norme de la validit  ¹⁵⁶.

Comme l'a souligné Winance, le xx^e siècle et l'avènement de l'état-providence en France ont permis la modification du modèle social régissant le cadre politique, économique et social de l'altérité. Face au précédent modèle fondé sur « l'intégrité biologique » et construit autour de la représentation d'un idéal physiologique ou/et anatomique commun, le nouveau paradigme normatif s'ancre davantage dans une « normalité » sociale, définie autour de la capacité d'un individu à pouvoir, de manière autonome, agir, contribuer et participer aux activités de la vie en société. Toutefois, bien que ce modèle s'appuie sur les conséquences de l'altération sur le plan social plutôt que sur l'altération en elle-même, comme pouvait le faire le modèle caduc de la r  adaptation¹⁵⁷, la compensation du *manque social*¹⁵⁸ ne s'émancipe pas de la composante biomédicale (*manque physiologique*) avec laquelle elle entretient une relation causale. C'est ainsi, par la compensation médicale et fonctionnelle de l'altération, que l'individu « intégré » (ou « réintégré ») pourra devenir « même » et faire « comme tout le monde ».

Cette logique forme ainsi un « processus de normalisation » dont le principe est : « [...] de définir des moyennes, de comparer les écarts par rapport à ces moyennes et de tenter de diminuer les écarts pour rapprocher de la moyenne »¹⁵⁹. Ce processus de normalisation, ou d'assimilation, de la personne à la norme sociale dominante définit *de facto* ce qu'est l'intégration sur un plan ontologique¹⁶⁰ : « [...] l'incorporation d'un

156. WINANCE, Myriam, « Handicap et normalisation. Analyse des transformations du rapport à la norme dans les institutions et les interactions », in : *Politix* 17.66, 2004, p. 201-227.

157. Conditionné par l'industrialisation et la machinisation croissantes, mais également par les mesures de protection des accident  s du travail (loi du 9 avril 1898) puis par l'avènement et les conséquences de la Première Guerre Mondiale, le modèle de la réadaptation vise principalement à « retrouver un état antérieur à l'infirmité, à ramener les individus à la vie normale ». En s'appuyant sur les avancées scientifiques de l'époque en matière de techniques de rééducation fonctionnelle et médicale, ce modèle s'est imposé progressivement au début du xx^e siècle comme cadre novateur dans le traitement social de l'altérité. Toutefois, en tant que politique « portée par l'idéologie d'une société industrielle en quête de main d'œuvre », la réadaptation est avant tout un modèle de normalisation considérant principalement la valeur du travail comme norme sociale dominante. Voir : VILLE, FILLION et RAVAUD, *op. cit.*, p. 43-49.

158. Que ce manque soit associé à une dimension biomédicale (   l'instar de la définition de la déficience amenée par la CIH par exemple) ou sociale, le handicap comme perte fonctionnelle est une représentation que de nombreux auteurs qualifient de « déficitaire », selon le terme introduit par le psychologue et psychanalyste français André Meynard en 1995. Voir : MEYNARD, André, *Quand les mains prennent la parole. Dimension désirante et gestuel*, Ramonville-Saint-Agne :   r  s, 1995.

159. RAVAUD, Jean-François et STIKER, Henri-Jacques, « Les modèles de l'inclusion et de l'exclusion à l'épreuve du handicap. 1^{re} partie : les processus sociaux fondamentaux d'exclusion et d'inclusion », in : *Handicap. Revue de sciences humaines et sociales* 86, 2000, p. 1-18.

160. Selon Michel Mercier, psychologue belge et professeur émérite à l'Université de Namur : « l'intégration consiste à favoriser l'adaptation de la personne handicapée, dans un milieu ordinaire : elle doit

individu à un système normatif auquel il doit s'adapter sans le transformer »¹⁶¹. Ainsi, l'intégrité de la norme sociale reste inchangée et contraint l'individu porteur d'un handicap à devoir s'adapter et s'aligner en masquant ou neutralisant ses différences (cf. FIG. 1.4). Comme le précise Henri-Jacques Stiker : « c'est ainsi que se représenter le handicapé comme une anomalie à faire disparaître par intégration à la conformité sociale, c'est se représenter la société, empiriquement donnée, comme une norme à ne point transgresser, comme une sorte d'universel capable d'assumer – par annulation – toutes les différences »¹⁶². Dans cette perspective, la normalisation représente l'un des « stratagèmes »¹⁶³ possibles pour la personne faisant l'expérience du handicap.

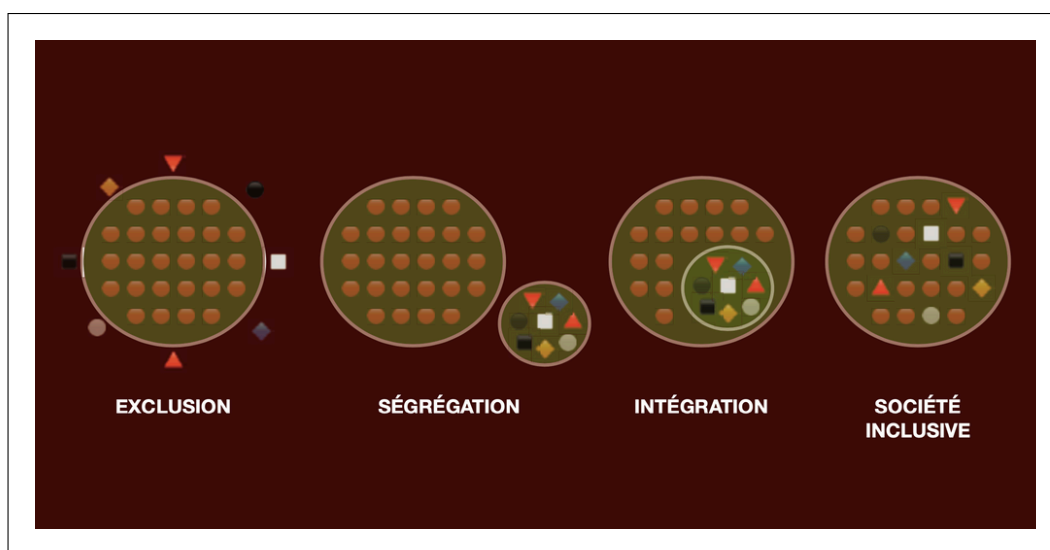


FIGURE 1.4 – Schéma fonctionnel des différents modèles sociaux liés au handicap ^a.

^a. MERCIER, Floriane, *Pour un enseignement artistique accessible. Danse, musique, théâtre. Guide pratique*, Culture et Handicap, Paris : Ministère de la Culture, 2020, p. 22.

correspondre aux normes et aux valeurs sociales dominantes et développer des stratégies pour être reconnue comme les autres ». Voir : MERCIER, Michel, « 6. Identité de la personne handicapée dans une société qui vise l'intégration », in : MERCIER, Michel (dir.), *L'identité handicapée*, Psychologie, Namur : Presses Universitaires de Namur, 2004, p. 272.

161. TRAMBLAY, Stéphanie et LOISELLE, Catherine, « Handicap, éducation et inclusion : perspective sociologique », in : *Éducation et francophonie* 44.1, 2016, p. 9-23.

162. STIKER, *op. cit.*, p. 187.

163. Traduit du terme anglais « *stratagems* » introduit par le sociologue américain Fred Davis en 1963. Voir : DAVIS, Fred, *Passage Through Crisis : Polio Victims and Their Families*, 3^e éd., New York et Abingdon : Routledge, 2017, p. 148.

La surdité comme stigmaté

Néanmoins, le stratagème de la normalisation peut présenter des paradoxes empêchant pleinement son aboutissement. Dans son ouvrage *Stigma* (1963), le sociologue canadien Erving Goffman décrit l'existence d'un « quelque chose »¹⁶⁴ dans la situation de l'individu qui « disqualifie et empêche d'être pleinement accepté par la société »¹⁶⁵. Pour Goffman, la distinction entre la personne « normale » et la personne « stigmatisée » se révèle dans l'interaction sociale à travers des « contacts mixtes »¹⁶⁶. De ce fait, la stigmatisation désigne donc davantage une situation, mettant en jeu des « points de vue », qu'un attribut particulier ciblant la personne stigmatisée. Cependant, pour cette dernière, cette situation se caractérise par une « mise en scène de la vie quotidienne »¹⁶⁷. Dans sa quête de normalisation, cet individu se met en scène à travers deux directions possibles : soit en adoptant la stratégie du « faux-semblant » (« *phantom acceptance* » ou « *phantom normalcy* ») pour paraître conforme à la norme (nécessité de contrôle des représentations sociales à l'origine de la stigmatisation) ; soit, si le stigmaté est pleinement visible, en couvrant les effets de ses altérations afin de correspondre à cette norme¹⁶⁸. Néanmoins, comme l'explique Winance dans son analyse de la pensée de Goffman :

Dans les deux cas, l'interaction entre la personne affligée d'un stigmaté et la personne normale passe par la construction d'un « comme si ». Soit la personne affligée d'un stigmaté, en dissimulant ou en couvrant son stigmaté, fait tout pour être considérée « comme si » elle était normale ; soit la personne normale fait tout pour considérer la personne affligée d'un stigmaté « comme si » elle était normale¹⁶⁹.

164. Dans la pensée de Goffman, ce « quelque chose » désigne pleinement le concept de stigmaté. L'auteur identifie trois catégories de stigmates : les « monstruosités du corps » (altérations anatomiques et biologiques) ; les « tares du caractère » (liées au vécu de la personne ou/et à sa personnalité) ; et les « stigmates tribaux » (liés à l'appartenance ethnique ou religieuse). GOFFMAN, Erving, *Stigmat  . Les usages sociaux des handicaps*, Le sens commun, Paris : Les   ditions de Minuit, Traduit de l'anglais par Alain KIHM, 1975, p. 14.

165. Ces citations sont issues de l'édition française de *Stigma* citée précédemment. Par ailleurs, précisons que cette traduction induit une connotation biomédicale au terme stigmaté, pourtant traité comme un phénomène situationnel et social dans l'ouvrage d'origine, s'ouvrant à des formes d'altérité autres que celle du handicap. Pour cette dernière citation, voir : *ibid.*, p. 7.

166. *Ibid.*, p. 23.

167. Cette expression est reprise par Stéphanie Tremblay et Catherine Loisel   de la traduction française (parue en 1973) du titre de l'ouvrage *The Presentation of Self in Everyday Life* (1956) de Goffman, dans lequel l'auteur fait appel à des métaphores et à la terminologie du théâtre pour décrire les interactions humaines. Voir : TRAMBLAY et LOISELLE, *op. cit.*

168. WINANCE, *op. cit.*

169. *Ibid.*

Ainsi, en permettant à la fois à l'individu d'être identifié en tant que personne normale tout en considérant que l'accès à la normalité n'est jamais totalement possible de par l'existence du stigmate, ce « comme si » met en lumière le paradoxe du processus de normalisation associé au modèle d'intégration.

Cet ensemble de visions et de concepts corrobore l'idée que la réhabilitation auditive se déploie comme une forme d'application spécifique du modèle d'intégration à la surdité, par des actions normalisatrices sur les facultés auditives de l'individu (dimension curative agissant sur l'altération) et sur leurs conséquences sur le plan social (dimension sociale agissant sur l'altérité)¹⁷⁰. Concernant le stigmate, la surdité ne relève pas d'une monstruosité du corps, telle que définie par Goffman, dont la visibilité serait permanente¹⁷¹, mais peut se révéler à travers plusieurs indices dans le contact mixte entre personne sourde (*stigmatisable*) et personne entendante (*normale*). Dans le cadre de la réhabilitation auditive, l'appareillage audioprothétique représente l'indice premier. Le port d'une prothèse auditive, ou d'un implant, révèle visuellement aux yeux de la personne entendante la condition de l'individu porteur d'une altération du système auditif et provoque *de facto* sa catégorisation en tant que tel.

Dans cette perspective, la mise à l'écart de l'individu aux yeux de la norme peut être effective sans avoir recours à une interaction orale. Cette situation illustre le paradoxe goffmanien du « comme si » : l'appareillage auditif peut permettre à l'individu porteur de compenser les effets de l'altération (stratégie de couverture), mais sa visibilité ne lui permet pas toujours d'être pleinement considéré comme *normo-entendant*¹⁷². Toutefois, la miniaturisation croissante de ces technologies (prothèses intra-auriculaires ou port d'un implant dont la partie visible est masquée par des cheveux longs) ou leur cosmétisation (ressemblance avec des dispositifs d'écoute

170. Cette idée, évoquée par Christian Cuxac dans son ouvrage *Le langage des sourds* (1983), constitue l'essence de la méthode d'éducation des sourds à la parole dite « oraliste », sur laquelle s'est formée la réhabilitation auditive, et de « l'oralisme » comme courant idéologique associé. La pensée de l'oralisme et son impact sur l'histoire des sourds sont détaillés plus loin dans cette thèse de doctorat (cf. 2.1.2). Voir : CUXAC, Christian, *Le Langage des sourds*, Langages et sociétés, Paris : Payot, 1983, p. 165-169.

171. Comme nous avons pu le mentionner précédemment dans cette thèse de doctorat, en abordant la notion de « handicap invisible » (cf. 1.3.1). Toutefois, dans sa thèse de doctorat, Sébastien Fontaine rapproche davantage la surdité du « stigmate tribal » ou du « traits de caractère » tels que définis par Goffman. FONTAINE, Sébastien, « Enquêter auprès des sourds. Implications éthiques, méthodologiques et statistiques de l'adaptation d'enquêtes d'opinion au public sourd », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Marc JACQUEMAIN, Belgique, Université de Liège, 2015, p. 39.

172. Comme en témoigne une personne sourde interrogée par Goffman : « [...] Ce que je voulais désormais, c'était connaître des gens qui accepteraient sans problème les appareils acoustiques. Comme ce serait agréable de pouvoir régler le volume sur mon écouteur sans me soucier de savoir s'il y avait quelqu'un pour me regarder ; de ne plus me demander, pendant un moment, si le fil derrière mon cou se voyait [...] ». Voir : GOFFMAN, *op. cit.*, p. 33.

musicaux)¹⁷³ peuvent rendre l'altération invisible et favoriser ainsi la mise en place de la stratégie du « faux-semblant ». Dans cette situation, la personne sourde appareillée peut alors se *faire passer pour* un entendant, dès lors que ce contact mixte n'engage aucune communication orale.

Cependant, c'est en situation de communication mixte (liée ou non    la réhabilitation auditive) que se révèle le second indice pouvant mener à la stigmatisation de la surdité. Comme le souligne Diane Bedoin, enseignante-chercheuse à l'Université de Rouen Normandie : « la surdité peut [...] être révélée du fait des difficultés de communication orale d'une personne sourde : la voix déformée et l'élocution entravée sont reconnaissables »¹⁷⁴. La stratégie de couverture consiste alors pour le sourd oraliste à engager des efforts d'élocution ou à faire appel à la vue comme modalité complémentaire de compréhension de la parole (   travers, par exemple, la lecture labiale)¹⁷⁵. L'audition ne définit plus alors la seule norme dominante.    cette dernière s'ajoute ici celle du langage, liée à la capacité à s'exprimer dans la langue définie comme majoritaire. Or, dans ce sillage communicationnel, le troisième indice est mis en lumière par une altérité de nature linguistique. Bien qu'elles ne se restreignent pas à une utilisation exclusivement destinée aux sourds, les LS¹⁷⁶, qui exploitent les gestes et s'inscrivent dans la modalité visuelle, peuvent rendre la surdité visible. En s'écartant de la norme linguistique, elles peuvent ainsi devenir stigmatisables et faire l'objet d'un rejet¹⁷⁷.    l'inverse, la stratégie du faux-semblant consistera pour le sourd signeur    censurer l'emploi des LS en public.

Ainsi, le modèle de la réhabilitation auditive représente de nos jours l'un des parcours possibles parmi d'autres pour la personne. Cependant, le manque d'informations et d'infrastructures destinées à proposer et à délivrer des solutions alternatives peut favoriser une orientation vers ce modèle, générant ainsi une hiérarchisation dans

173.    l'inverse, certains dispositifs de diffusion récréatifs alimentent par ailleurs la confusion et se destinent à une utilisation hybride. Depuis la mise sur le marché du système d'exploitation iOS 12, Apple propose par exemple une « fonction d'écoute en temps réel » destinée à convertir leurs dispositifs AirPods et Powerbeats Pro en amplificateur auditif (type assistant d'écoute). Voir : <https://support.apple.com/fr-fr/HT209082>, (visité le 20-03-2020).

174. BEDOIN, Diane, « 1. Qui sont les sourds? », in : *Sociologie du monde des sourds*, Collection Repères, Paris : La Découverte, 2018, p. 7-22.

175. *Ibid.*

176. Nous utilisons le terme conjugué au pluriel pour désigner l'ensemble des langues visuo-gestuelles définies et utilisées dans le monde. Nous parlons de LSF pour désigner la langue visuo-gestuelle pratiquée de manière spécifique sur le sol français.

177. Comme nous le verrons plus loin dans cette thèse de doctorat, ce rejet n'est pas un phénomène caractéristique de notre société contemporaine mais s'ancré davantage dans un héritage historique et idéologique plus profond (cf. 2.1.4).

les modes de communication offerts¹⁷⁸. Dans un rapport publié en 2009, la HAS suggérait la création d'un « lieu neutre » spécialisé dans la transmission exhaustive au public des informations relatives à la surdité, ainsi qu'aux solutions d'accompagnement et de prise en charge pouvant être envisagées¹⁷⁹. Malgré ce rapport, aucun lieu ou institution matérielle consacrés à remplir cette fonction n'existent à ce jour. Bien souvent, la maternité reste de nos jours le seul lieu de dispense de l'information pour les parents concernant les différentes voies possibles pour leur enfant. N'étant pas tenues d'être neutres, les informations délivrées dans ce cadre peuvent donc renforcer ce phénomène de hiérarchisation, en privilégiant une voie sur une autre. Une hiérarchisation des méthodes d'éducation et des langues qualifiée de « diglossie bimodale » par Brigitte Garcia et Marc Derycke¹⁸⁰. Toutefois, une alternative à la réhabilitation auditive est aujourd'hui possible pour les personnes sourdes : celle de la voie visuo-gestuelle, fondée sur l'apprentissage et l'utilisation des LS.

1.3.5 Utilisation des LS : la voie visuo-gestuelle

Généralités et approches linguistiques

La LSF est aujourd'hui définie comme une langue « naturelle »¹⁸¹. Sa principale différence avec les langues vocales, telles que le français, est qu'elle sollicite la modalité visuo-gestuelle en tant que vecteur principal de son inscription. En tant que langue systématique, elle est soumise à des règles propres, se fonde sur un lexique spécifique et possède une « chérologie »¹⁸², une syntaxe et une structure grammaticale

178. Ce phénomène est notamment abordé plus largement dans cet ouvrage : MEYNARD, André, *Soigner la surdité et faire taire les Sourds. Essai sur la médicalisation du Sourd et de sa parole*, Reliance, Toulouse : Érès, 2010.

179. Ce rapport est disponible sur : https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2010-03/surdite_de_lenfant_-_0_a_6_ans_-_recommandations.pdf, (visité le 09-03-2020).

180. Professeure en sciences du langage à l'Université Paris 8 et professeur émérite en sciences de l'éducation à l'Université Jean Monet Saint-Étienne. Voir : GARCIA, Brigitte et DERYCKE, Marc, « Introduction », in : *Langage & société* 1.131, 2010, 5 à 17.

181. Une langue naturelle se distingue d'une langue dite « artificielle » (l'espéranto par exemple) de par ses conditions d'émergence qui se définissent autour d'un développement socio-historique spontané au sein d'un milieu humain. Comme nous l'explique Sarah Marlaud : « les concepteurs des langues artificielles dictent les normes avant l'usage, tandis que l'usage des langues naturelles précède leur codification normative ». Voir : MARLAUD, Sarah, « Les langues artificielles sont-elles des langues ? Étude contrastive de l'espéranto et de la caractéristique universelle », in : *Syntaxe et sémantique* 1.14, 2013, p. 85-117.

182. Le terme « chérologie » est utilisé pour décrire l'équivalent visuo-gestuel de la phonologie pour les langues vocales, tout comme le « système chérétique » est employé par analogie au système phonétique. Voir : STOKOE, William C., « Sign Language Structure : An Outline of the Visual Communication Systems of the American Deaf », in : *Studies in linguistics, Occasional Papers* 8, 1960.

définies ¹⁸³. En revanche, comme pour les langues vocales, la LSF n'est pas une langue universelle. De ce fait, il existe de nombreuses LS propres à un pays ¹⁸⁴. De plus, à l'instar de la LSF, il peut également exister pour une même LS des cas de variations régionales ¹⁸⁵, participant à faire de cette langue une langue complexe, vivante, et difficile à définir d'un point de vue grammatical et didactique ¹⁸⁶.

Ainsi, les estimations concernant leur nombre à l'échelle mondiale restent variables, rapportant des chiffres compris entre 136 et 271 LS existantes ¹⁸⁷. Cette large diversité peut être expliquée par des différences sur le plan grammatical, mais également par l'influence de facteurs extérieurs aux caractéristiques du langage, liés par exemple à la culture ou à l'histoire d'un pays ou d'une région, sur le système ch  r  tique aboutissant à la formation des signes ¹⁸⁸. De plus, bien que plusieurs tentatives de création de systèmes de notation et de symbolisation graphiques des signes existent ¹⁸⁹, aucun système officiel n'est actuellement reconnu en France ¹⁹⁰. De ce fait, l'apprentissage de la LSF se concrétise principalement à travers un enseignement

183. TOURNADRE, Nicolas et HAMM, Mélanie, « Une approche typologique de la langue des signes française », in : *Travaux Interdisciplinaires sur la Parole et le Langage (TIPA) [En ligne]* 34, 2018, URL : <http://journals.openedition.org/tipa/2568>.

184. S'il existe de nombreuses LS différentes à travers la planète, il arrive également qu'un seul pays puisse en accueillir et en reconn  tre plusieurs. En Europe : l'Espagne, la Belgique ou la Suisse sont des exemples de pays qui présentent une telle situation.

185. DELAPORTE, Yves, « La variation régionale en langue des signes française », in : *Marges linguistiques [En ligne]* 10, 2005, p. 118-132, URL : http://www.revue-texto.net/Parutions/Marges/00_ml102005.pdf.

186. RISLER, Annie, « Changer de regard et de discours sur la langue des signes française », in : *Travaux Interdisciplinaires sur la Parole et le Langage (TIPA) [En ligne]* 34, 2018, URL : <http://journals.openedition.org/tipa/2553>.

187. TOURNADRE et HAMM, *op. cit.*

188. Tournadre et Hamm donnent notamment l'exemple du signe CAFÉ en LSF, qui représente la mise en action d'un moulin à café manuel. Afin de parfaire cet exemple, nous pourrions ajouter que, en langue des signes japonaise, ce même signe est représenté différemment par le mouvement rotatif d'une cuillère dans une tasse. Voir : *ibid.*

189. Si la plupart des dictionnaires bilingues utilisent aujourd'hui des représentations sous la forme de schémas iconiques que le lecteur peut tenter de reproduire à loisir, il existe bien d'autres formes d'écriture des signes. Par exemple, l'une des formes les plus utilisées à travers le monde est le système SignWriting, parfois traduit « Sign  criture » en français, auquel nous pouvons également rajouter l'Alphabet International d'écriture des Signes (ISWA). De plus, de nombreux travaux scientifiques ont proposé des systèmes numériques fondés sur des modèles algorithmiques, tels que le système HamNoSys ou encore SigML.

190. GARCIA, Brigitte, « Scripturisation, grammatisation et modélisation linguistique à la lumière du cas des langues des signes », in : *Dossiers d'Histoire, épistémologie et Langage (HEL)* 9, 2016, p. 238-253.

« de tradition orale »¹⁹¹, ou/et s'appuyant sur la vidéo comme médium de diffusion privilégié¹⁹².

Dans le but de fournir des explications aux mécanismes complexes engagés dans l'exécution d'une LS, de nombreux travaux ont tenté de décrire, par le prisme de différentes approches, en quoi et comment ces langues se forment et pouvaient être porteuses de significations. Parmi ces approches, les modèles dits « assimilateurs » et, par opposition, les modèles « non-assimilateurs » comptent parmi les plus emblématiques. Là où ces premiers modèles consentent à rapprocher les mécanismes linguistiques des LS à ceux des langues vocales, les modèles non-assimilateurs « maintiennent que plusieurs caractéristiques des LS les distinguent profondément des LV [Langues Vocales] et demandent à être étudiées et décrites, sans négliger, bien sûr, les outils expérimentés dans la recherche sur les LV, mais en les modifiant au besoin pour fournir des descriptions appropriées des LS »¹⁹³. Ainsi, cette approche a particulièrement été approfondie en France, notamment sous l'influence des travaux incontournables du linguiste Christian Cuxac, à l'origine d'une théorie d'analyse et d'émergence des LS appelée « modèle sémiologique »¹⁹⁴.

Modèle sémiologique, paramètres de formation du signe et typologie des structures sémantiques

À travers ce modèle, les signes sont compris comme des unités significatives minimales formant, dans leur ensemble, le lexique des LS¹⁹⁵. L'un des aspects majeurs de cette approche est de considérer que la formation des signes repose sur une combinaison simultanée de plusieurs paramètres appelés communément « paramètres de formation du signe », « classes d'unités minimales », ou encore « types d'éléments non significatifs »¹⁹⁶. À ce jour, notons que la littérature ne s'accorde pas sur un nombre

191. GEFFROY, Véronique et LEROY, Élise, « La didactique de la langue des signes française : Naissance ou reconnaissance d'une discipline à part entière? », in : *TIPA. Travaux Interdisciplinaires sur la Parole et le Langage [En ligne]* 34, 2018, URL : <http://journals.openedition.org/tipa/2653>.

192. Les principaux dictionnaires des signes accessibles en ligne, tels qu'Elix ou Sematos, utilisent la vidéo comme support d'inscription.

193. CUXAC, Christian et PIZZUTO, Elena Antinoro, « Émergence, norme et variation dans les langues des signes : vers une redéfinition notionnelle », in : *Langage & société* 1.131, 2010, p. 37-53.

194. CUXAC, Christian, *La Langue des signes française : les voies de l'iconicité*, Bibliothèque de Faits de Langues n° 15-16, Paris : Ophrys, 2000.

195. Si le terme « vocabulaire », à l'instar d'une langue vocale, reste largement utilisé pour désigner le lexique d'une LS, notons également l'emploi plus minoritaire et spécifique du terme « signaire » exclusif à ces dernières.

196. Ces trois dénominations sont notamment présentes dans cet article : MILLET, Agnès, « La Langue des signes française (LSF) : une langue iconique et spatiale méconnue », in : *Cahiers de l'APLIUT* 23.2, 2004, p. 31-44.

fixe de paramètres. Si Stokoe en relevait à l'origine trois ¹⁹⁷, il est fréquent de constater l'attribution d'un quatrième ¹⁹⁸, voire d'un cinquième paramètre ¹⁹⁹. Toutefois, Cuxac détermine quant à lui huit paramètres, répartis à parts égales entre deux groupes : les paramètres dits « manuels », qui se concentrent sur les caractéristiques spatiales des mains, et « non-manuels » ²⁰⁰, portant sur le reste du corps (cf. TAB. 1.2).

Paramètres de formation des signes	
Manuels	Non-manuels
Configuration	Regard
Orientation	Expression faciale
Emplacement	Posture corporelle
Mouvement	Mouvement labial

TAB. 1.2 – Paramètres de formation des signes selon le modèle sémiologique.

Parmi ces paramètres, la « configuration » désigne la forme que les mains doivent prendre pour produire le signe, c'est-à-dire l'articulation et la position des doigts, mais aussi de la main elle-même (ouverte ou fermée). L'« emplacement » est relatif à la position initiale dans laquelle les mains se situent initialement par rapport au corps du signeur. L'« orientation » fait référence à l'orientation de la paume des mains par rapport au signeur, mais également à la direction évoquée (dans le cas, par exemple, d'un signe locatif ou directionnel, tel que le pointage). Le « mouvement » renvoie au déplacement des mains et des poignets, incluant des sous-paramètres tels que la vitesse ou la direction que ceux-ci doivent adopter à travers l'espace de signation. Les expressions du visage sont relatives aux mouvements des différentes parties qui le composent, en excluant les mouvements labiaux qui, dans le modèle sémiologique, constituent un paramètre à part entière, à l'instar du regard et de la posture corporelle.

En outre, si de nombreux travaux tendent à ne recenser que les paramètres manuels, le rôle capital des paramètres non-manuels en situation de communication est pourtant couramment souligné ²⁰¹. Par exemple, les expressions faciales peuvent être

197. Nommés : « *designator* » ; « *tabula* » et « *signation* ». Voir : *ibid.*

198. Comme le précise Agnès Millet : « en 1973, un autre chercheur américain, R. Battison, introduit un quatrième paramètre, à savoir l'orientation des mains, c'est-à-dire l'orientation des paumes de la main par rapport au corps du signeur ». Voir : *ibid.*

199. En ajoutant les expressions faciales, ce sont cinq paramètres qui sont notamment retenus dans le dictionnaire de référence de William (« Bill ») Moody *et al.* Voir : MOODY, B. *et al.*, *La Langue des signes – Tome 1 : histoire et grammaire*, Paris :   ditions International Visual Theatre (IVT), 1998.

200. CUXAC, *op. cit.*

201. Pour un exemple d'étude sur l'importance des expressions faciales en LS, voir : ELLIOTT, E. A. et JACOBS, A. M., « Facial Expressions, Emotions, and Sign Languages », in : *Frontiers in Psychology [Online]* 4.115, 2013, URL : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2013.00115/full> (visité le 11/03/2019).

accentuées ou inhibées en fonction de l'intensité expressive de ou des émotions que la personne cherche à exprimer, et participent, au même titre que les autres paramètres de cette catégorie²⁰², à nuancer et à représenter de manière descriptive certaines caractéristiques d'une situation, d'une ou de plusieurs personnes, d'un contexte, d'une action, ou encore d'un ou de plusieurs objets²⁰³.

Par ailleurs, les paramètres d'emplacement et de mouvement stipulent que les signes se matérialisent à travers un espace tridimensionnel²⁰⁴ global appelé « espace de signation », participant activement à construire les relations grammaticales, syntaxiques, sémantiques et actancielles²⁰⁵. Situé devant la personne, cet espace peut s'étendre en hauteur du bassin jusqu'au-dessus de la tête, et se définir en largeur par l'envergure maximale des bras. Toutefois, en situation de communication, la globalité de l'espace n'est pas sollicitée en permanence, ses régions extrêmes ne l'étant qu'à travers une minorité de signes. De ce fait, plusieurs chercheurs ont, par exemple, proposé des modèles visant à diviser l'espace de signation en plusieurs régions spécifiques²⁰⁶. Le rôle linguistique de l'espace lié à son exploitation par les LS n'est pas un objet d'étude récent et remonte aux premières études portant sur celles-ci²⁰⁷. Comme nous l'explique Annie Risler²⁰⁸ : « les différentes langues des signes ont en commun un usage dit topographique de l'espace, qui restitue les relations spatiales (déplacement et localisation), et un usage dit syntaxique, plus abstrait, qui associe sujet et objet à des emplacements respectifs mis en lien par le mouvement du verbe »²⁰⁹. Ainsi,

202. Le regard a notamment fait l'objet de plusieurs recherches. Voir, par exemple : MEURANT, Laurence, *Le Regard en langue des signes. Anaphore en langue des signes française de Belgique (LSFB) : morphologie, syntaxe, énonciation*, Rivages linguistiques, Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR) et Namur (PUN), 2008.

203. C'est le cas à travers la production d'un grand nombre de signes. Par exemple, le signe COLÈRE est généralement accompagné d'une expression faciale grave, correspondant au sentiment associé. Le gonflement ou la rétraction des joues, au même titre que la contraction des muscles environnant les yeux, sont des éléments qui interviennent également pour nuancer la valeur des caractéristiques liées à la description physique d'un objet ou d'une personne (par exemple, pour différencier GRAND de TRÈS GRAND). Enfin, bien que leurs sens respectifs soient relativement éloignés, les signes CONTENT et MAL-AU-CŒUR se différencient uniquement à partir de l'expression du visage employée. Voir : MOODY *et al.*, *op. cit.*, p. 69.

204. Pour ce qui va suivre, nous excluons volontairement la dimension du temps pour n'évoquer que les dimensions *stricto sensu* spatiales.

205. GOBET, Stéphanie, « Anaphores et langues de signes, comment les enfants signants racontent », in : *Cahiers de praxématique [En ligne]* 72, 2019, URL : <http://journals.openedition.org/praxématique/5701>.

206. Par exemple, les observations d'Agnès Millet l'ont conduit à diviser l'espace de signation en six zones « pré-sémantisées ». Voir : MILLET, *op. cit.*

207. VALADE, Rémi, *Études sur la lexicologie et la grammaire du langage naturel des signes*, Paris : Librairie Philosophique de Ladrangé, 1854.

208. Maîtresse de conférences en Sciences du langage à l'Université de Lille.

209. RISLER, Annie, « Expression du déplacement dans les langues signées : comment parler d'espace dans une langue spatiale? », in : *Faits de Langues* 42.1, 2013.

en s'impliquant activement dans la réalisation sémantique, certains signes répondant dans l'ensemble à des caractéristiques identiques peuvent, en fonction de leur emplacement dans l'espace de signation, ne pas aboutir à la même signification ²¹⁰.

Enfin, au-delà de cette approche paramétrique, un des concepts phares introduits par le modèle sémiologique est de distinguer les signes, dans un effort d'organisation typologique de ceux-ci, selon leurs modes de production sémantique. Cuxac définit ainsi deux structures : une structure « illustrative » et une structure « non-illustrative » ²¹¹. La structure illustrative (ou iconicisatrice) concerne les signes dont la production sémantique repose sur un « processus d'iconicisation », prenant forme à travers l'espace de signation et qui « anamorphose des expériences perceptivo-pratiques, réelles ou imaginaires » ²¹². D'après le linguiste, ces opérations cognitives font appel à des « unités de transferts » ²¹³, qui « présentent un haut degré d'iconicité » et obéissent ainsi à des « structures de grande iconicité ». En d'autres termes, les signes s'inscrivant dans cette perspective « donnent à voir » ²¹⁴ une expérience réelle ou imaginaire en reproduisant, ou plutôt « transférant » les caractéristiques signifiantes de celle-ci dans l'espace de signation ²¹⁵, passant de l'univers «   v  nementiel » à l'univers narratif du « dire en montrant » ²¹⁶.

En parallèle, la structure non-illustrative regroupe les signes « standards », c'est-à-dire qui n'obéissent pas à un processus d'iconicisation et s'expriment, à l'inverse, dans le registre du « dire sans montrer » ²¹⁷, ainsi que le pointage et la dactylogologie ²¹⁸. Ainsi, en situation de conversation courante, le discours du locuteur en LS se déploie

210. Tournadre et Hamm donnent l'exemple du signe HANDICAPÉ qui, en fonction de son emplacement sur les différentes parties du corps, peut désigner différentes formes de handicap. Voir : TOURNADRE et HAMM, *op. cit.*

211. CUXAC, *op. cit.*

212. CUXAC et PIZZUTO, *op. cit.*

213. Cuxac décrit ainsi plusieurs types de transfert : de taille ou de forme, de situation, de personne, ou encore des transferts doubles. Voir : CUXAC, *op. cit.*

214. SALLANDRE, Marie-Anne, « Va et vient de l'iconicité en langue des signes française », in : *Acquisition et Interaction en Langue   trang  re (AILE) [En ligne]* 15, 2001, URL : <https://journals.openedition.org/aile/1405>.

215. Par « iconicité » ou « iconicisation », Cuxac s'appuie sur les travaux fondateurs en sémiotique du logicien et philosophe américain Charles Sanders Peirce, et notamment sur « l'icône », telle que définie à travers la « seconde trichotomie du signe » (icône, indice et symbole) comme étant « [...] un signe qui renvoie à l'objet qu'il dénote simplement en vertu des caractères qu'il possède, que cet objet existe réellement ou non ». Voir : PEIRCE, Charles Sanders, *  crits sur le signe*, Rassemblés, traduits en français et commentés par Gérard DELEDALLE, Paris : Seuil, 1978, p. 67.

216. GOBET, *op. cit.*

217. *Ibid.*

218. Couramment utilisée en LSF, la dactylogologie est un système d'alphabet signé reposant sur la transcription visuo-gestuelle de l'alphabet écrit d'une langue. Notons que, pour certains chercheurs, la dactylogologie représenterait une structure supplémentaire indépendante. Voir : TOURNADRE et HAMM, *op. cit.*

à travers un continuum fondé sur un « va-et-vient »²¹⁹ dynamique entre les deux structures. Cependant, si cette typologie est construite autour d'une ambivalence, elle ne détermine pas fondamentalement l'appartenance totale d'un signe à l'une ou à l'autre de ces structures. En réalité, l'exécution de certains signes peut parfois s'articuler, de manière plus complexe, dans un rapport d'équilibre plus ou moins confus entre ces deux structures et présenter ainsi des degrés d'iconicité variés²²⁰.

Développement inter-linguistique et utilisation du français signé

Si de nombreux travaux se sont penchés sur l'étude et la description des éléments caractéristiques des LS, peu d'entre eux en revanche ont exploré les formes d'influence dans le développement inter-linguistique entre langues signées et langues vocales. Au-delà des discours diglossiques qui tendent à opposer LSF et langue française, il existe pourtant entre ces langues un « continuum inter-linguistique »²²¹ permanent qui souligne leur statut de langues vivantes et participe à leur développement. En outre, comme nous le rappellent Tournadre et Hamm : « la langue des signes française fait de nombreux emprunts au français écrit (voire à d'autres langues écrites, comme à l'anglais écrit), grâce à son alphabet dactylogique notamment »²²². Par exemple, certains signes utilisés dans la production visuogestuelle de l'alphabet dactylogique reposent sur un processus d'iconicisation de lettres de l'alphabet du français écrit²²³. Cette correspondance permet notamment aux locuteurs de la LSF de pouvoir épeler certains mots, en particulier ceux comportant peu de lettres²²⁴.

De plus, certains signes, appelés « signes initialisés », se construisent autour de la configuration dactylogique renvoyant à la première lettre du mot correspondant en français²²⁵. Par ailleurs, notons que si ce procédé participe à l'accroissement du lexique de la LSF, cela provoque également un phénomène de rejet chez certains

219. *Ibid.*

220. *Ibid.*

221. *Ibid.*

222. *Ibid.*

223. C'est le cas, par exemple, des lettres : c ; d ; l ; o ; v ; w ou encore z. À noter que, pour cette dernière, ce n'est pas la configuration de la main qui est le paramètre principalement responsable du processus d'iconicisation mais le mouvement.

224. GARCIA, Brigitte et PERINI, Marie, « Normes en jeu et jeu des normes dans les deux langues en présence chez les sourds locuteurs de la langue des signes française », in : *Langage & société* 1.131, 2010, 75 à 93.

225. Garcia et Perini donnent notamment les signes UNIVERSITÉ ou PÉDAGOGIE en exemples. Néanmoins, les autrices précisent que les exemples démontrant ce procédé « d'initialisation » restent très nombreux, et que ce dernier peut également s'étendre, dans certains cas, aux deux premières lettres du mot. Voir : *ibid.*

sourds signeurs, pour qui la valorisation de cette langue en tant que marqueur identitaire et culturel se manifeste par sa différenciation avec la langue fran  aise²²⁶.

Toutefois, le développement inter-linguistique entre LS et langue vocale peut également aboutir, de par sa nature inter-modale, à des productions « d'un type original, sans équivalent dans le cas de LV [langues vocales] en contact »²²⁷. En effet, cette originalité émane de la possibilité de pouvoir produire simultanément les deux langues dans le temps : l'une par le biais du canal audio-phonatoire et l'autre par le canal visuo-gestuel. Cette superposition peut, par exemple, prendre la forme d'un « *continuum* de productions hybrides », dans lequel « s'y combinent l'exploitation linguistique de la temporalité propre à la LV dominante (morpho-syntaxe linéaire) et le recours à des signes lexicaux empruntés à la LS »²²⁸. En France, une appellation spécifique, celle du « français signé »²²⁹, définit aujourd'hui l'exécution de ce continuum et décrit « une *langue des signes francisée*, [...] influencée principalement par la syntaxe voire la morphologie du français et que l'on pourrait nommer *langue des signes à syntaxe française* (LSSF) »²³⁰.

Cependant, le français signé étant principalement employé par des personnes ne maîtrisant pas ou peu la syntaxe de la LSF, notamment par des personnes entendant  s²³¹, son utilisation reste « très variable » chez les sourds signeurs²³². De ce fait, celle-ci dépend donc, d'une part, de l'interlocuteur et de son niveau de maîtrise de la LSF. D'autre part, il existe également une diglossie chez les locuteurs de la LSF vis-à-vis du français signé. Dans une partie de la communauté sourde et chez certains sourds signeurs, celui-ci peut d'abord être compris comme une anacoluthe de la LSF. Dans les discours les plus radicaux, il apparaît comme une tentative de la société dominante de s'appropri  r la culture et les normes d'une minorité, et son existence en tant que phénomène inter-linguistique n'est pas reconnue (cf. 3.3.1).

Apports neuro-linguistiques et théorie de l'origine gestuelle du langage

En apportant une perspective neurobiologique, l'avènement des techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle, telles que l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf), a permis à des domaines variés de renouveler leurs connaissances et d'explorer de nouveaux horizons scientifiques. De nombreuses études en neurolinguistique ont ainsi pu mesurer le fonctionnement et l'activité du cerveau en relation

226. *Ibid.*

227. GARCIA et DERYCKE, *op. cit.*

228. *Ibid.*

229. DELAPORTE, *Les Sourds c'est comme ça*, p. 21.

230. TOURNADRE et HAMM, *op. cit.*

231. *Ibid.*

232. GARCIA et DERYCKE, *op. cit.*

avec les grandes fonctions langagières (par exemple : les processus cognitifs liés à la perception, à la compréhension ou encore à la production du langage)²³³. Cependant, une très large partie de ces travaux concerne encore l'étude des langues vocales. Dans ce paysage scientifique, les études sur les langues signées, plus récentes et minoritaires, ont toutefois permis aux chercheurs de comparer les éléments caractéristiques sur le plan neural des langues se déployant dans chacune des modalités. En outre, les précédentes découvertes concernant les éléments perçus comme spécifiques aux langues vocales ont ainsi pu être vérifiées à mesure de l'enrichissement de nos connaissances sur les langues signées.

Bien que les LS et les langues vocales ne se déploient pas dans la même modalité, plusieurs études ont permis de démontrer qu'elles présentent, dans le cadre du traitement des fonctions langagières, des mécanismes neuronaux similaires²³⁴. Par exemple, à l'instar des langues vocales, de nombreux travaux ont souligné le rôle crucial de l'hémisphère gauche du cerveau dans le traitement des LS²³⁵. De plus, la production de la parole et la production des signes reposent sur le même réseau neural : le gyrus frontal inférieur gauche, plus communément appelé « aire de Broca »²³⁶. En ce qui concerne plus spécifiquement les LS, ce constat reste valable quelle que soit la ou les mains utilisées pour exécuter des signes, soulignant ainsi le peu d'impact de la latéralisation motrice dans ce processus²³⁷.

Ce substrat neural commun, jouant un rôle dans la communication, a servi à un pan de la recherche d'argument en faveur de certaines théories sur l'origine du langage chez l'Homme. Si cette question est loin d'être nouvelle, traversant l'histoire à travers de nombreux niveaux de notre société, le psychologue néozélandais Michael C. Corballis propose, en 2002, une théorie devenue centrale dans les débats relatifs à ce champ de recherche. La « théorie de l'origine gestuelle du langage » formulée par Corballis suggère que des formes de langage gestuel, proches des LS modernes et

233. Pour une revue, voir : PLANTON, Samuel et DÉMONET, Jean-François, « Neurophysiologie du langage : apports de la neuro-imagerie et état des connaissances », in : *Revue de Neuropsychologie* 4.4, 2012, 255 à 266.

234. MACSWEENEY, Mairéad *et al.*, « The Signing Brain : The Neurobiology of Sign Language », in : *Trends in Cognitive Sciences* 12.11, nov. 2008, p. 432-440, URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661308002192> (visité le 09/03/2019).

235. *Ibid.*

236. En hommage au neurochirurgien français Paul Broca qui, suite à l'autopsie d'une personne aphasique, émetta, en 1861, l'hypothèse de la localisation de la formation du langage dans cette zone spécifique du cerveau. Cette structure désigne aujourd'hui deux parties du gyrus frontal inférieur gauche : la « *pars opercularis* », correspondant, selon la nomenclature en vigueur du neurologue Korbidian Brodmann, à l'aire de Brodmann 44 (BA 44) ; et la « *pars triangularis* », correspondant à l'aire de Brodmann 45 (BA 45). Voir : DÉMONET, Jean-François et PLANTON, Samuel, « Langage et cerveau : vingt ans d'imagerie fonctionnelle », in : *Revue française de linguistique appliquée* 17.2, 2012, p. 9-18.

237. CORINA, David P. *et al.*, « Language Lateralization in a Bimanual Language », in : *Journal of Cognitive neuroscience* 15.5, 2003, p. 718-730.

pratiqu  es notamment chez *Homo erectus*, auraient précédé la formation des langues vocales à travers l'évolution de notre esp  ce²³⁸. D'une part, dans ce scénario philog  n  tique, les langues vocales ont émergé *a posteriori*    partir de l'association entre les gestes et les sons. D'autre part, bien qu'indépendant, le développement grammatical des langages gestuels et de la parole ont été contemporains.

Toutefois, il existe une autre hypothèse concernant ce développement, évoquant un modèle à chronologie non plus parallèle, mais linéaire. En effet, selon le neuroscientifique américain Michael A. Arbib, l'articulation de ce « répertoire de gestes manuels »²³⁹ aurait abouti dans un premier temps à la formation de proto-signes, dépourvus de grammaire, avant d'évoluer en langues à syntaxe et à sémantique complètes. Ces dernières, quant à elles, auraient succédé à l'évolution de la proto-parole vers la parole²⁴⁰. Dans ce cadre, le proto-signe a servi d'«   chafaudage »²⁴¹ pour l'émergence de la proto-parole, les deux formes se développant ensuite « dans une spirale en expansion » de phénomènes historiques qui ont marqué le développement d'*Homo sapiens*²⁴². Quel que soit le modèle suivi, parallèle ou linéaire, de nombreux auteurs ont avancé que, dans le cadre du traitement du langage, ce développement aurait conduit notre cerveau à s'appuyer sur des zones initialement consacrées à l'observation et à l'imitation des gestes, en particulier des gestes manuels et de la bouche²⁴³. Ce résultat renforce ainsi la théorie de l'origine gestuelle du langage, dans laquelle la parole est comprise comme un « système de gestes »²⁴⁴ articulant la langue, les lèvres et le larynx. Toutefois, afin d'apporter une explication à la prédisposition du cerveau d'*Homo sapiens* au traitement du langage, la version d'Arbib de cette théorie s'appuie sur une découverte neurobiologique majeure de notre temps : les neurones miroirs.

Découverts dans un premier temps par Giacomo Rizzolatti et son équipe chez le macaque²⁴⁵, de nombreux chercheurs se sont penchés depuis sur le fonctionnement et le rôle de cette classe particulière de neurones corticaux sensori-moteurs se retrouvant, chez de nombreux mammifères dont l'Homme fait partie, très for-

238. CORBALLIS, Michael C., *From Hand to Mouth : the Origin of Language*, Princeton : Princeton University Press, 2002.

239. ARBIB, Michael A., « From Monkey-like Action Recognition to Human Language : an Evolutionary Framework for Neurolinguistics », in : *Behavioral and Brain Sciences* 28.2, 2005, p. 125-167.

240. *Ibid.*

241. Notre traduction de « *scaffolding* ».

242. ARBIB, *op. cit.*

243. COURTIN, Cyril *et al.*, « A Common Neural System is Activated in Hearing non-signers to Process French Sign Language and Spoken French », in : *Brain Research Bulletin* 84.1, 2011, p. 75-87.

244. Notre traduction. Voir : CORBALLIS, Michael C., « Language Evolution : A Changing Perspective », in : *Trends in Cognitive Sciences* 21.4, 2017, p. 229-236.

245. RIZZOLATTI, Giacomo et SINIGAGLIA, Corrado, *Mirrors in the Brain : How Our Minds Share Actions, Emotions, and Experience*, Milan : Raffaello Cortina, 2006, traduit en français par Maril  ne RAIOLA sous le titre *Les Neurones miroirs*, Paris, Odile Jacob, 2011.

tement impliqués dans un mécanisme neuronal symbiotique entre perception et action²⁴⁶. Le principe de ce mécanisme, appelé « mécanisme miroir »²⁴⁷, est le suivant : « chaque fois qu'un individu observe un autre individu en train d'exécuter une action un ensemble de neurones codant cette action est activé dans le cortex moteur de l'observateur »²⁴⁸. En d'autres termes, lorsque nous observons quelqu'un d'autre que nous effectuer une action, quelle que soit la modalité sensorielle dans laquelle cette action est inscrite²⁴⁹, les neurones miroirs déchargent comme si nous exécutions cet acte nous-même. Ainsi, les représentations sensorielles du comportement d'autrui perçues par un observateur se transforment chez lui en représentations motrices de ce même comportement, selon un mécanisme cognitif de couplage inter-corporel entre perception et action.

De ce fait, ce dernier permet, en fonction de nos propres compétences motrices, de comprendre les intentions d'autrui par ses actes. Une simple action devient alors un médium, porteur d'intentions et de significations, que nous ne pouvons comprendre que si nous disposons nous-même de cette action au sein de notre propre répertoire d'actes moteurs, indépendamment de tout processus de raisonnement²⁵⁰. En d'autres termes, « c'est en fonction de notre propre répertoire d'actes moteurs que nous comprenons ce que nous voyons et entendons, que nous comprenons les actions et les intentions d'autrui »²⁵¹. Ainsi, de la perception visuelle de simples gestes de préhension d'objets à « l'observation d'actions oro-faciales communicatives »²⁵², la théorie d'Arbib soutient activement l'idée que le langage articulé « proviendrait

246. G. RIZZOLATTI et C. SINIGAGLIA (2006, 2011); G. RIZZOLATTI et M. FABBRI DESTRO (2011); R. MUKAMEL *et al.* (2010); OZTOP *et al.* (2012).

247. RIZZOLATTI, Giacomo et SINIGAGLIA, Corrado, « The Functional Role of the Parieto-Frontal Mirror Circuit : Interpretations and Misinterpretations », in : *Nature Reviews Neuroscience* 11.4, avr. 2010, p. 264-274, URL : <http://www.nature.com/articles/nrn2805> (visité le 09/03/2019).

248. Notre traduction. Voir : *ibid.*

249. KOHLER, E. *et al.*, « Hearing Sounds, Understanding Actions : Action Representation in Mirror Neurons », in : *Science* 297, 2002, p. 846-848.

250. Par exemple, dans cette étude, les chercheurs ont demandé à un échantillon de population comprenant des musiciens et des non-musiciens de s'adonner, sous observation Électroencéphalographique (EEG), à trois tâches consécutives : écouter de la musique, observer des vidéos de musiciens en train de jouer d'un instrument et lire une partition. Les résultats ont montré que si l'activité des neurones miroirs était présente chez tous les participants, celle-ci était supérieure chez les musiciens observant les images vidéos et la partition. Cela prouve donc que, du point de vue neuronal, plus le répertoire d'actes moteurs correspondant à une activité est riche, plus la compréhension de cette activité est importante. Voir : BEHMER JR, L. P. et JANTZEN, K. J., « Reading sheet music facilitates sensorimotor mu-desynchronization in musicians », in : *Clinical Neurophysiology* 122.7, 2011, p. 1342-1347.

251. HAUER, Christian, « Une approche cognitive de la narrativité musicale », in : *Cahiers de Narratologie* 28, 30 oct. 2015, URL : <http://journals.openedition.org/narratologie/7194> (visité le 09/03/2019).

252. DI PASTENA, Angela, SCHIARATURA, Loris Tamara et ASKEVIS-LEHERPEUX, Françoise, « Joindre le geste à la parole : les liens entre la parole et les gestes co-verbaux », in : *L'Année psychologique* 115.3, 2015, 463 à 493.

de ce système qui avait à l'origine pour fonction la reconnaissance des actions, des intentions et des émotions d'autrui   ²⁵³.

Si l'originalité de cette théorie et de ses déclinaisons est de placer le geste au centre de toute production linguistique, quelle que soit la modalité dans laquelle s'inscrit l'expression, elle reste cependant controversée en plusieurs points. L'un de ces aspects, davantage anthropologique que philog  n  tique, reste la manière dont notre civilisation a abandonné progressivement les proto-signes et la communication gestuelle au profit de la communication orale et des langues vocales. La création des LS et la pratique souvent intensive que certains sourds en font de nos jours à travers l'ensemble du globe nous prouvent que le paradigme inverse coexiste. Dans cette mise en compétition entre le choix des gestes ou de la parole, à la base de la diglossie actuelle, le point de vue disruptif des récentes connaissances neurobiologiques démontre que,    l'instar du développement inter-linguistique (cf. 1.3.5), les deux ont pourtant de nombreux éléments en commun.

1.3.6 Législation et accès à l'éducation : entre paradoxe et diglossie

En France, selon le rapport *  tude quantitative sur le handicap auditif à partir de l'enquête « Handicap-Santé »* (2014)²⁵⁴, la LSF serait employée par 283 000 individus à travers le pays. Désignée comme telle à la fin des années soixante-dix²⁵⁵, la LSF est reconnue, depuis la loi de 2005, comme « langue à part entière » et représente un choix éducatif possible pour les parents concernant l'orientation linguistique et scolaire de l'enfant²⁵⁶. Toutefois, ces mesures n'ont pas été introduites *ex nihilo* en 2005 mais trouvent leur héritage, d'une part, suite aux mouvements de revendication identitaire d'une communauté de sourds (cf. 2.1.7) et, d'autre part, dans les nombreuses réformes antérieures instaurées par les différentes politiques de traitement social du handicap depuis les années soixante-dix en France²⁵⁷. Parmi ces réformes, la loi né 75-534 du

253. *Ibid.*

254. Précédemment mentionné dans cette thèse de doctorat (cf. 1.1.2).

255. Sur le principe équivoque de la langue des signes américaine : l'*American Sign Language* (ASL). Voir : BERTIN, Fabrice, « Intégration scolaire des élèves sourds et éducation bilingue (français-LSF) : des objectifs contradictoires? », in : *La nouvelle revue de l'AIS : Adaptation et intégration scolaires* 21, 2003, p. 139-148.

256. Selon l'article L312-9-1 du *Code de l'éducation* en vigueur, codifié par l'article 75 de la loi de 2005 : « tout élève concerné doit pouvoir recevoir un enseignement de la langue des signes française. Le Conseil supérieur de l'éducation veille à favoriser son enseignement. [...] Elle peut être choisie comme épreuve optionnelle aux examens et concours, y compris ceux de la formation professionnelle. Sa diffusion dans l'administration est facilitée ». L'ensemble de ces articles sont disponibles sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/>.

257. Pour une revue de ces réformes concernant la surdité, voir : DALLE, Patrice, « La place de la langue des signes dans le milieu institutionnel de l'éducation : enjeux, blocages et évolution », in : *Langue française* 137, 2003, p. 32-59.

30 juin 1975 dite « d'orientation en faveur des personnes handicapées »²⁵⁸ conduit les élèves sourds à s'inscrire dans un parcours éducatif scolaire obligatoire²⁵⁹.

Dans ce sillage, l'interdiction historique de l'éducation par les méthodes issues du gestualisme²⁶⁰ est levée le 29 septembre 1977, permettant à la LSF de réintégrer légalement les milieux éducatifs par le biais des établissements spécialisés²⁶¹. Cependant, ce n'est qu'à travers la loi n° 91-73 du 18 janvier 1991 « portant dispositions relatives à la santé publique et aux assurances sociales »²⁶² que l'abrogation de cette interdiction sera étendue à tous les établissements, notamment en permettant aux familles de choisir entre une éducation bilingue LSF-français (oral et écrit) et une éducation orale²⁶³. De nos jours, même si elle est favorisée par la législation en vigueur²⁶⁴, l'inscription de la LSF sur le terrain éducatif semble encore problématique. Comme nous l'expliquent Hervé Benoit²⁶⁵ et Murielle Maugin²⁶⁶ :

Ainsi le droit de toute famille d'enfant sourd de librement opter pour une éducation fondée sur une communication bilingue, langue des signes et langue française, se trouve-t-il de fait subordonné à la pose d'un diagnostic médical, non pas de la surdité, mais de son impact sur les possibilités d'accès à la commu-

258. De manière générale, cette « loi-cadre » marquera un tournant paradigmatique dans les représentations sociales et la reconnaissance du handicap en France. Amorcée par le rapport *Étude du problème général de l'inadaptation des personnes handicapées* (1967), l'expression « personne handicapée » s'impose notamment dans un cadre législatif dans lequel le handicap se réduisait auparavant à la figure du « travailleur handicapé » amenée par la loi n° 57-1223 du 23 novembre 1957, c'est-à-dire à un qualificatif statutaire particulier lié au monde et à la valeur sociale régente du travail. Voir : VILLE, FILLION et RAVAUD, *op. cit.*

259. Selon l'article 4 de la loi : « les enfants et adolescents handicapés sont soumis à l'obligation éducative. Ils satisfont à cette obligation en recevant soit une éducation ordinaire, soit, à défaut, une éducation spéciale, déterminée en fonction des besoins particuliers de chacun d'eux [...] ». Textes disponibles sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/>.

260. Dont nous évoquons les tenants historiques principaux dans un prochain chapitre de cette thèse de doctorat (cf. 2.1.4).

261. Par la circulaire n° 77-351 relative à l'examen du certificat d'aptitude aux fonctions d'éducateur technique spécialisé.

262. Communément appelée « loi Fabius », du nom de l'ancien Premier Ministre Laurent Fabius, alors Député et Président de l'Assemblée Nationale, qui déposa l'amendement de cette loi devant l'Assemblée Nationale à l'origine de son adoption.

263. Selon l'article 33 : « dans l'éducation des jeunes sourds, la liberté de choix entre une communication bilingue – langue des signes et français – et une communication orale est de droit ». Textes disponibles sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/>.

264. Dans le sillage de la loi de 2005, l'arrêté du 15 juillet 2008, publié dans le trente-troisième numéro du Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale (BOEN) à la date du 4 septembre 2008, fixa le premier programme d'enseignement de la LSF et ses conditions de mise en œuvre à l'école primaire républicaine. Cet arrêté est disponible sur : <https://www.education.gouv.fr/>.

265. Maître de conférences en sciences de l'éducation à l'INSHEA.

266. Maîtresse de conférences en droit public à l'INSHEA.

nication orale. La langue des signes [française], [...], se trouve ainsi raval  e au rang de « *modalités adaptées de communication* ». ²⁶⁷.

   rebours des dispositions et des volontés inscrites dans la loi de 2005 de permettre à tous d'accéder à la LSF dès le plus jeune âge, le « processus de *collision* des flux de discours » ²⁶⁸ entre les domaines juridiques, socio-anthropologiques et le corps médical relègue ainsi la voie visuo-gestuelle au rang de « propédeutique » ²⁶⁹, de simple « b  quille » ²⁷⁰ aidant à la communication ou à l'apprentissage des langues vocales ²⁷¹, voire d'ersatz face à ces dernières ²⁷². Ainsi, la divergence des discours induit une situation paradoxale supplémentaire dans l'accès à l'apprentissage des LS, en aval de la situation diglossique hiérarchisant langues des signes et langues vocales. En effet, si la LSF ne s'impose pas encore comme « langue naturelle » des sourds pour tous les corps de notre société, elle présente aujourd'hui un intérêt croissant chez les personnes n'ayant aucun trouble auditif avéré, et le nombre de formations proposant des initiations ou des cours d'apprentissage, dispensés par exemple dans un cadre associatif ou scolaire ²⁷³, ne cesse de grandir.

De ce fait, il peut être davantage aisé d'accéder à la LSF pour des populations motivées, par exemple, par un désir intellectuel et culturel d'acquisition d'une langue supplémentaire (personne « entendant   ») que pour les personnes « concernées » ²⁷⁴, c'est-à-dire ayant un besoin crucial d'accès à cette langue pour leur développement social et intellectuel, ainsi que la réalisation de leur projet de vie (personne sourde congénitale) ²⁷⁵. Par ailleurs, les difficultés liées à l'accessibilité à l'éducation semblent s'étendre au champ plus large du handicap, comme le révèle un rapport de 2012 destiné à évaluer la mise en œuvre de la loi de 2005 dans l'  ducation Nationale ²⁷⁶. Malgré

267. BENOIT, Hervé et MAUGUIN, Murielle, « Du discours juridique à son application : liberté de choix entre une éducation bilingue et une éducation oraliste pour les sourds », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 75, 2016, p. 31-46.

268. *Ibid.*

269. *Ibid.*

270. BERTIN, *op. cit.*

271. Un exemple dans une étude citée précédemment dans cette thèse de doctorat : LINA-GRANADE et TRUY, *op. cit.*

272. Comme nous le rapportent de nombreux écrits et témoignages, cette situation de diglossie introduit par le corps médical, privilégiant l'éducation par l'oralité, n'est pas spécifique à la France. Voir en exemple : MATTHIJS, Liesbeth *et al.*, « First Information Parents Receive After UNHS Detection of Their Baby's Hearing Loss », in : *Journal of Deaf Studies and Deaf Education* 17.4, 2012, p. 387-401.

273. En concordance avec la loi de 2005, la LSF a notamment été introduite au lycée comme option et épreuve facultatives respectivement depuis 2008 aux baccalauréats généraux, puis technologiques l'année suivante.

274. Pour reprendre le terme employé dans l'article L312-9-1 mentionné plus haut.

275. CUXAC, Christian et MILLET, Agnès, « Entretien croisé avec Christian Cuxac et Agnès Millet », in : *Langues et cité : bulletin de l'observatoire des pratiques linguistiques* 4, 2004, p. 2-3.

276. CARAGLIO, Martine et DELAUBIER, Jean-Pierre, « La mise en œuvre de la loi du 11 février 2005 dans l'éducation nationale », Rapport né 2012-100 de l'IGEN/IGAENR, 2012.

un bilan qualifié de « globalement positif »²⁷⁷, les obstacles et les faiblesses rapportés restent nombreux. L'insuffisance des moyens accordés aux MDPH, l'inadaptation des parcours scolaires, le manque de formation des professionnels de l'éducation, ainsi que la fragilité des données permettant le suivi des élèves font ainsi l'objet de préconisations spécifiques.

Plus récemment, au-delà du champ de l'éducation, la LSF semble avoir gagné une tribune nouvelle dans le chemin de sa reconnaissance nationale. En premier lieu initiée en tant que revendication par les militants de la communauté sourde²⁷⁸, l'inscription de la LSF dans la Constitution française est une requête qui trouve aujourd'hui un espace de discussion plus large au Sénat et à l'Assemblée Nationale²⁷⁹. Ces débats actuels prouvent que, plus de quinze ans après la loi de 2005, la situation de la LSF est toujours en constante évolution et que les obstacles rencontrés par les personnes sourdes dans le chemin de son apprentissage ne sont pas encore totalement abolis. Toutefois, les progrès sociaux et législatifs réalisés depuis les premières lois-cadres jusqu'à nos jours dessinent un horizon favorable vers la voie de l'inclusion des personnes sourdes dans notre société. Une voie dans laquelle la situation de handicap n'aurait plus lieu d'être, laissant pleinement place à une diversité culturelle et linguistique déchargée de connotations et de représentations stigmatisantes.

1.3.7 L'inscription culturelle de la LSF : retournement et rejet du stigmate

Le modèle biomédical de la réhabilitation auditive fait de la surdité une pathologie à corriger, visant ainsi l'intégration de l'individu par un processus de normalisation agissant sur la compensation des pertes auditives engendrées par la déficience. Inscrit plus largement dans le paradigme bio-psycho-sociale définissant le handicap comme le produit situationnel et dynamique issu de l'interaction entre un individu et son

277. Ce bilan est justifié par l'augmentation du nombre d'élèves en situation de handicap au sein des écoles, collèges et lycées, ainsi que par la mise en communication des instances départementales, telles que les MDPH, et l'Éducation Nationale. Voir : *ibid.*

278. En réponse aux mouvements de contestation sociale des « gilets jaunes » de 2018, les militants et les partenaires sociaux de la communauté sourde, notamment issus du mouvement « Sourds En Colère », ont entrepris une série de manifestations en arborant symboliquement des « gilets bleus » pour défendre, entre autres, l'idée de l'inscription de la LSF en tant que langue constitutionnelle. Actuellement, selon un rapport présenté au conseil de l'Europe en 2005, seuls quatre pays européens reconnaissent leur LS nationale en tant que telle : la Hongrie (depuis 2011), l'Autriche (depuis 2005), le Portugal (depuis 1997) et la Finlande (depuis 1995). Voir : TIMMERMANS, Nina, *Le statut des langues des signes en Europe*, Intégration des personnes handicapées, Strasbourg : Éditions du Conseil de l'Europe, 2005.

279. Pour un exemple, voir : <https://www.senat.fr/questions/base/2019/qSEQ190410084.html>.

environnement, l'individu « parfaitement » réhabilité, c'est-à-dire évoluant dans un environnement ne lui faisant aucunement obstacle, se détache donc de la situation de handicap. Cette « perfection » ne peut donc qu'être le résultat d'une mise en conformité totale de l'individu face à la norme dominante de la parole et de l'audition. De ce fait, la surdité est prioritairement perçue comme un handicap d'interaction et de communication. Or, les progrès législatifs ont permis à la voie visuo-gestuelle, par le biais de la LSF, de s'inscrire de nos jours en tant que modalité de communication alternative et légale face à l'apprentissage du français oral, à l'appareillage audioprothétique et à la rééducation orthophonique.

Ainsi, dans cette perspective, l'opposition des discours « réductionnistes »²⁸⁰ entre les partisans de l'oralisme et de la communication par les signes tient davantage de la mise à distance idéologique que de la limitation fonctionnelle et physiologique. Si les uns soulignent l'importance pour la personne « d  fici  nte auditive » de s'inscrire dans la voie de la réhabilitation, la LSF sert de marqueur aux autres pour se définir et revendiquer leur appartenance en tant que minorité culturelle et linguistique. Selon ce dernier point de vue, la LSF comme outil de communication, de dialogue et de mise en relation avec autrui permet de redéfinir le *prima biomédical* et déficitaire de la surdité. Elle peut alors être comprise comme une diff  rence²⁸¹ qui manifeste en premier lieu la diversité linguistique avant d'être décrite comme une cause de situations de handicap ou de d  fici  nce.

Par ailleurs, cette opposition est à l'origine du *distinguo* terminologique entre « sourd », écrit avec un « s » minuscule, et « Sourd », écrit avec un « S » majuscule. En usage chez de nombreux auteurs depuis les années quatre-vingt²⁸², cette distinction repose sur la traduction française de la distinction initiale entre « *deaf* » et « *Deaf* » introduite par le sociologue américain James Woodward en 1972²⁸³. Ainsi, là où le premier terme, « sourd » (du latin « *surdus* »), s'inscrit dans le modèle biomédical en faisant référence à la condition physiologique et audiométrique de la personne, le second, « Sourd », désigne, par un processus d'ethnisation et d'identification, son appartenance à une communauté à l'origine de cette perspective culturelle et linguistique : les « Sourds ».

280. Terme emprunté à l'anthropologue québécois Charles Gaucher. Voir : GAUCHER, Charles, « Les Fondements de l'identité sourde », in : *Les Sourds : aux origines d'une identité plurielle*, sous la dir. de Charles GAUCHER et Stéphane VIBERT, Collection Diversitas 5, Bruxelles : P.I.E. Peter Lang, 2010.

281. Nous renvoyons ici aux travaux d'André Meynard et à sa distinction entre « paradigme de la différence » et « paradigme déficitaire » décrivant ces deux modèles de la surdité. Voir : MEYNARD, *Quand les mains prennent la parole. Dimension désirante et gestuel*.

282. Parmi les premiers auteurs en France ayant eu recours à cette distinction, nous pouvons citer en exemple Yves Delaporte ou Bernard Mottez. Voir : MOTTEZ, Bernard, « Aspects de la culture Sourde », in : *Santé mentale : L'œil écoute* 85, 1985, p. 33-36.

283. WOODWARD, James C., « Implications for Sociolinguistic Research among the Deaf », in : *Sign Language Studies* 1, 1972, p. 1-7.

De ce point de vue, la LS comme stigmat visible de la surdité, pouvant conduire à leur rejet ou à leur autocensure face aux normes majoritaires fondées sur l'audition et la communication vocale (cf. 1.3.4), se renverse, voire se « retourne »²⁸⁴ par la formation d'une identité collective sourde définissant ses propres valeurs, ses normes et ses pratiques²⁸⁵.

Dans ce sillage, le rejet du modèle biomédical et de la d fici nce autour duquel l'identité sourde s'est construite peut également s'appliquer au handicap. Pour certains sourds pratiquant une LS, le handicap peut, au mieux, être compris sous sa forme situationnelle, le rendant ainsi non applicable ou/et non pertinent face à l'expérience sourde, ou, au pire, être associé à des représentations déficitaires accordant une valeur négative à la d fici nce, décrite comme une limitation fonctionnelle, une diminution ou/et un manquement. Ces niveaux de compréhension peuvent parfois être amalgamés au déni et à l'ignorance des efforts antérieurs pour transformer en profondeur la terminologie, les représentations et les valeurs attribuées au concept de handicap. Comme le souligne Pierre Schmitt : « les sourds refusent [...] le handicap car ils constatent quotidiennement qu'il s'agit d'un avatar du stigmat de la d fici nce. Ainsi, [...] malgré l'adoption d'un nouveau vocable, [...], la plupart des acteurs politiques et sociaux [...] perçoivent la situation de handicap comme l'attribut permanent d'une personne d fici nte, diminuée »²⁸⁶. Ainsi, l'identité sourde se détache de l'identité à la fois globalisée et plurielle de la personne en situation de handicap, de la « personne handicapée » ou de « l'handicapé ».

Toutefois, le retournement du handicap chez les sourds peut parfois prendre un sens plus direct, dans lequel les modifications apportées au rapport à la norme ne sont pas mues par la quête d'un modèle social inclusif et universel, mais par une

284. Pour reprendre la formulation courante de « retournement du stigmat », dont la paternité est souvent attribuée à tort à Erving Goffman. Cependant, si le sociologue canadien n'a pas lexicalis  l'expression dans son ouvrage *Stigmat*, le phénomène auquel cette notion renvoie y est brièvement décrit. Voir : GOFFMAN, *op. cit.*, p. 163-170.

285. Notons que l'application de l'expression « retournement du stigmat » pour qualifier l'expérience des sourds dans la société est critiqu e par Pierre Schmitt. En effet, selon l'anthropologue, cette mise en rapport entre la surdité et le stigmat est ancrée dans un point de vue spécifique, partagé par la majorité, qu'il qualifie d'« etic ». Celui-ci décrit l'expérience sourde comme le fruit de l'interaction entre deux normes de vie indissociablement mises en concurrence, évaluant le sourd en fonction de sa position vis-à-vis de la norme dominante. Ainsi, dans cette représentation binaire, le sourd est soit *stigmatisé*, soit *retourné*. En revanche, opposé au point de vue etic, le point de vue « emic », élaboré «   l'intérieur » du groupe minoritaire et se diffusant en direction de la majorité, permet d'écarter la surdité du rapport au stigmat en lui attribuant la création de sa propre norme, sans jugement de valeur ou mise en concurrence. Voir : SCHMITT, Pierre, « Points de vue "etic" et "emic" pour la description de la surdité », in : *Alter* 6.3, juill. 2012, p. 201-211, URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1875067212000533> (visité le 09/03/2019).

286. SCHMITT, Pierre, « Une langue en situation de handicap. Les sourds et la langue des signes face à la catégorie du handicap », in : * mulations – Revue de sciences sociales* 8, 2011, p. 57-70.

volonté identitaire et particulariste. Comme le précise Isabelle Dagneaux²⁸⁷ : « ce refus du handicap prend différentes formes : soit en l'ignorant – il n'est pas évoqué –, soit en l'attribuant à certaines circonstances – “lorsque nous sommes entre sourds, il n'y a pas de handicap” –, soit en retournant le handicap – “les entendants sont des handicapés psychomoteurs” »²⁸⁸. C'est à travers cette dernière représentation que le sourd se dresse en figure de « refusant »²⁸⁹, cherchant à s'émanciper, dans un rapport conflictuel, des normes issues du monde « entendant ». Ce dernier terme révèle par ailleurs la manière dont certains sourds peuvent décrire leur rapport au monde et aux acteurs qui le composent, car comme l'affirme Yves Delaporte : « pour les entendants, la norme, c'est d'entendre. Les sourds sont donc définis par un écart à la norme [...]. Les sourds ont une toute autre manière de se représenter. Il n'y a pas une norme mais deux :   tre sourd et être entendant »²⁹⁰.

L'existence même du terme « entendant » n'est donc pas universelle et relève du « surdisme »²⁹¹ : un « ethnonyme » employé de manière unilatérale par une communauté minoritaire, celle des sourds, ou par des personnes sensibilisées aux usages de cette communauté, afin d'identifier une altérité socioculturelle et sociolinguistique²⁹². Ainsi : « un entendant ignore qu'il a ce statut avant de rencontrer un sourd, [...] »²⁹³. Une rencontre qui, au-delà de la différence sur le plan fonctionnel, n'est rendue possible que lors d'une interaction communicationnelle²⁹⁴.

Dès lors, le sourd se présente comme « un être foncièrement linguistique »²⁹⁵, revendiquant une « différence basée sur l'existence de deux modes de communication distincts »²⁹⁶ devenant à ses yeux des « critère[s] définitoire[s] »²⁹⁷ d'un mode d'être

287. Médecin généraliste, philosophe et chercheuse belge en éthique des soins de santé.

288. DAGNEAUX, Isabelle, « Normativité et surdité : passer d'un déficit à une culture », in : *Alter* 10, 2016, p. 168-180.

289. GAUCHER, Charles, « Les sourds comme figures de tensions identitaires », in : *Anthropologie et Sociétés – Le mythe aujourd'hui* 29.2, 2005, p. 151-167.

290. DELAPORTE, *op. cit.*, p. 55.

291. Par opposition au terme « audisme », traduction directe en français du néologisme anglo-américain « *audism* » introduit par Tom Humphries en 1975. Ce terme désigne, dans sa définition moderne, tout élément discriminatoire à l'égard des personnes sourdes, malentendantes, ou présentant une différence quelconque de capacité sur le plan auditif. Par ailleurs, ce néologisme repose sur la similarité de la terminaison en -isme partagée par d'autres formes de discrimination, telles que le racisme ou encore le sexisme. Voir : HUMPHRIES, Tom, *Audism : The making of a word*, Manuscrit non publié, 1975.

292. DELAPORTE, *op. cit.*, p. 33-74.

293. DAGNEAUX, *op. cit.*

294. Comme l'écrivait Mottez : « on est pas sourd tout seul. il faut être au moins deux pour qu'on puisse commencer à parler de surdité. La surdité est un rapport. C'est une expérience nécessairement partagée. » MOTTEZ, *Les Sourds existent-ils?*, p. 160.

295. GAUCHER, *op. cit.*

296. SCHMITT, « Points de vue “etic” et “emic” pour la description de la surdité ».

297. *Ibid.*

au monde spécifique et partagée dans cette communauté. Comme le décrit Bernard Mottez, être sourd au monde renvoie à « une manière spécifique de sentir, de voir le monde, d'organiser sa vie et ses rapports aux autres et à l'environnement que partagent les membres d'un groupe en raison d'une condition sociale commune »²⁹⁸. Cette « condition sociale commune », qui désigne plus spécifiquement une « condition sourde »²⁹⁹ est approfondie par plusieurs concepts phares portés dans le champ des *Deaf Studies*, tels que le concept de « *deafhood* »³⁰⁰ et sa traduction française : la « surditude »³⁰¹.

Dans ce contexte, en dépassant le statut du « langage »³⁰², les LS, reconnues en tant que langues « à part entière », portent en elles un ensemble de valeurs, de pratiques, de normes et de représentations collectives³⁰³ qui sont autant de marqueurs identitaires pour le sourd et contribuent pleinement à l'élaboration d'une culture minoritaire spécifique : la culture sourde³⁰⁴, à la fois différente, car en marge des normes dominantes, mais également une culture minoritaire « incluse dans la culture majoritaire, entendante »³⁰⁵.

298. MOTTEZ, *op. cit.*, p. 151.

299. JOSEPH, Mélanie et DMITRIEVA, Tamara, « Quels “futurs dévalidés” pour les sourd.e.s? », in : *Multitudes* 1.94, 2024, p. 141-143.

300. Terme introduit en 1993 par le checheur sourd britannique Paddy Ladd. Voir : LADD, Paddy, *Understanding Deaf Culture : In Search of Deafhood*, Clevedon : Multilingual Matters, 2003.

301. À noter que la traduction francophone de « surditude » connaît aussi une variation orthographique dans certains écrits de la littérature, celle de « sourditude », introduite par Véronique Leduc, dit « Véro Leduc », BERTIN, Fabrice, « Les Sourds, une culture méconnue? », in : *Études. Revue de culture contemporaine* 3, 2019, p. 55-64.

302. Si la distinction entre langue et langage est un objet de discussion fondamental chez les linguistes, notamment depuis la parution des travaux de Ferdinand de Saussure, elle revêt également une importance fondatrice chez les sourds. En effet, les travaux initiateurs de la LSF menés dans les années soixante-dix en France, eux-mêmes conditionnés par l'œuvre pionnière du linguiste américain William Stokoe sur l'ASL, rejeteront le terme « langage » pour le remplacer par celui de « langue ». Ce rejet repose d'une part sur la volonté de purger cette langue nouvellement définie de ses anciennes représentations stigmatisantes, et d'autre part de l'affirmer comme un symbole phare dans la construction d'une identité collective définie par une communauté de personnes qui en font la pratique : les sourds. Voir : STOKOE, *op. cit.*

303. MILLET, Agnès et KOBYLANSKI, Marion, *LSF, grammaire pratique. Comprendre, enseigner, apprendre*, Langues, gestes, paroles, Grenoble : Université Grenoble Alpes Éditions, 2023, p. 38.

304. Sauf mention contraire, le sens utilisé pour le terme « culture » dans cette thèse de doctorat renvoie à sa signification anthropologique et sociologique, à savoir, comme le définit Bernard Mottez : « l'ensemble des valeurs qu'il faut partager et la connaissance des normes et des règles auxquelles il faut se conformer pour en être reconnu membre ». Voir : MOTTEZ, *op. cit.*, p. 144.

305. *Ibid.*, p. 166.

1.4 Des surdités : une expérience plurielle

Ce chapitre synthétise un ensemble d'informations générales concernant la surdité à partir d'un balayage large de perspectives abordées dans plusieurs disciplines et domaines de la littérature scientifique. En tant que chapitre déployant un état des connaissances préalables sur le sujet, son positionnement au sein de cette thèse de doctorat en fait un réservoir de savoirs théoriques et un socle de références destinés à nourrir les chapitres lui succédant.

Tout d'abord, au regard de la multiplicité des classifications établies, des différentes situations cliniques, des réalités sociales ou encore des expériences individuelles vécues, il apparaît, dès lors, qu'il « n'existe pas *une* mais une multitude de surdités »³⁰⁶. En outre, bien que nous pouvons considérer que les statistiques concernant les surdités en France soient aujourd'hui vieillissantes, cet état des connaissances nous a permis de souligner qu'elles apparaissent comme un phénomène relativement bien documenté et compris d'un point de vue anatomique et étiologique. Les mécanismes physiologiques de l'audition et les atteintes pathologiques responsables de ses altérations sont traités par un important corpus scientifique toujours largement alimenté par de nombreux travaux à l'heure actuelle.

En revanche, malgré les progrès sociaux et juridiques introduits à partir de la seconde moitié du xx   siècle, notamment liés à l'avènement du paradigme du handicap puis à l'adoption de la loi de 2005, les conséquences des surdités sur les plans social et communicationnel forment encore de nos jours un champ de discours divergents, révélant de multiples séquelles qui s'ancrent dans un héritage à la fois historique, anthropologique, social, politique et économique.

D'une part, les surdités peuvent être comprises et être reconnues comme une forme de handicap face aux obstacles communicationnels et interactionnels engendrés par la diminution des capacités auditives d'un individu évoluant au sein d'une société dans laquelle la parole s'organise comme modalité principale de production des échanges informationnels. Comme le souligne très justement Bernard Mottez : « on est pas sourd tout seul. [...] La surdité est un rapport. C'est une expérience nécessairement partagée »³⁰⁷.

Dans ce sillage, un premier paradigme « biomédical » se présente comme un parcours possible pour la personne, que ce soit au début ou au cours de son parcours de vie. Ce paradigme vise – parfois de manière diglossique –    promouvoir l'intégration de l'individu par sa réhabilitation auditive, fondée sur l'action conjointe de l'appareillage audioprothétique et sur la prise en charge orthophonique, en vue de compenser les

306. BRÉTÉCHÉ, *op. cit.*

307. MOTTEZ, *op. cit.*, p. 160.

pertes auditives et ses conséquences dans l'apprentissage et le développement du langage.

D'autre part, en représentant les surdités comme des déficiences, des limitations fonctionnelles, ou encore des manques à réparer, ce modèle est décrit comme stigmatisant et « déficitaire » selon une perspective socio-anthropologique et par une communauté d'individus qui s'opposent aux normes audiophonologiques dominantes pour redéfinir les surdités comme un marqueur de différence identitaire et culturelle. Un « paradigme de la différence » ou « culturel » qui, dépassant le cadre clinique des surdités, fait de l'être sourd le porteur d'une altérité sociale, culturelle et linguistique construite autour de l'usage des LS et de la modalité visuelle.

Afin d'approfondir notre compréhension des tenants qui ont conduit à générer cette ambivalence paradigmatique, nous aborderons, à travers une lecture historique, les origines et les principaux fondements de l'identité et de la culture sourdes dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 2

Du sourd au Sourd : histoire, développement et opposition des paradigmes de description

Sommaire du présent chapitre

2.1 Origines historiques des paradigmes biomédical et culturel de description des sourds	80
2.1.1 Étymologie; dénominations et représentations durant l'Antiquité	80
2.1.2 Moyen-Âge et Renaissance : regards ambivalents et premières méthodes empiriques	84
2.1.3 Le « siècle d'or » : du principe « d'éducabilité » à l'émergence des modèles d'éducation oraliste et gestualiste	88
2.1.4 Du conflit des méthodes à la fracture de « Milan » : le triomphe de l'oralisme sur la « mimique »	95
2.1.5 Vers une accélération de la structuration de la communauté, de la culture et de l'identité sourdes	101
2.1.6 Les sourds français à l'international au XX ^e siècle : situations contrastées et prise de conscience	103
2.1.7 Le « Réveil Sourd » : point d'orgue de la quête de citoyenneté	107
2.2 Ouverture vers un paradigme épistémologique « mixte »	109
2.2.1 La narration victimaire dans la littérature scientifique . . .	109

2.1 Origines historiques des paradigmes biomédical et culturel de description des sourds

Stigmate, déficience, handicap ou trait d'appartenance à une minorité identitaire, linguistique et culturelle, le terme « surdité(s) » dresse aujourd'hui un état des lieux complexe, défini sur le plan ontologique par de nombreux modèles et représentations. Comme nous avons tenté de le mettre en lumière dans le chapitre précédent, ce rhizome de perspectives croît dans un substrat nourri d'ambivalences, d'oppositions, de conflits et de diglossies. Toutefois, le brassage paradigmatique qui caractérise la situation actuelle n'est pas le fruit d'un développement contemporain, dont le point de départ pourrait être établi au cours des dernières décennies, mais puise davantage dans un héritage plus profond, s'étalant sur plusieurs siècles d'histoire, de transmissions et de transformations sociales. Par ailleurs, la place de cet héritage est de plus en plus importante dans la littérature scientifique, qui tend de nos jours à concrétiser les connaissances sur les surdités et les sourds à partir de multiples croisements de regards et de discours interdisciplinaires. De ces changements épistémologiques émane alors une profonde mutation de la pensée liée aux surdités et aux sourds. C'est pourquoi ce présent chapitre propose d'explorer, à partir d'une lecture de l'histoire sociale des sourds, les tenants d'un deuxième paradigme de description des sourds : le paradigme culturel.

2.1.1 Étymologie; dénominations et représentations durant l'Antiquité

La reconnaissance historique de la surdité en tant que phénomène a été établie bien avant notre ère et notre civilisation. L'étude de l'écriture cunéiforme, première forme d'écriture inventée en Mésopotamie ancienne, a notamment permis à l'historien et assyriologue français Jean Bottéro d'identifier le terme « sourd » (« *sukkuku* ») dans des traces écrites dès 3300 avant J.-C., faisant de celles-ci les premières traces connues relatant du phénomène à ce jour¹. Par ailleurs, ces travaux ont également révélé que le terme « muet » (« *ashikku* ») servait également à désigner les personnes sourdes². En revanche, bien qu'une distinction était déjà opérée entre surdité et mutité dans cette civilisation ancienne, les deux termes sont souvent associés l'un à

1. BERTIN, Fabrice, *Les sourds. Une minorité invisible*, Collection Mutations, Paris : Éditions Autrement, 2010, p. 22.

2. *Ibid.*, p. 22-23.

l'autre lorsqu'il s'agit de nommer les personnes sourdes. De plus, le premier terme, « *sukkuku* », est également utilisé pour qualifier un individu dont l'esprit est « bouché, hébété, inculte et stupide »³, évoquant ainsi une première forme d'amalgame entre surdité, mutité et stupidité.

Bien que cette conception ne soit pas partagée dans toutes les civilisations de l'Antiquité⁴, cet amalgame constituera également la représentation des sourds en Occident. Par ailleurs, en grec ancien, le terme « *cophos* » (parfois orthographié « *kôphós* »)⁵ signifiait « être privé de quelque chose » ou « être coupé de »⁶. À l'instar des sociétés mésopotamiennes, ce terme pouvait donc tout aussi bien être utilisé pour désigner une « privation » sensorielle qu'une « privation » intellectuelle. Ainsi, comme l'affirme Andrea Benvenuto⁷ : « les Grecs ne différenciaient pas la surdité de la mutité. Le défaut de parole orale était perçu comme la conséquence, comme une infirmité dérivée du défaut d'audition »⁸.

De plus, cette absence de discernement et la relation causale déterminée entre surdité et mutité trouvaient, à travers la médecine grecque antique, une explication rationnelle et scientifique. Comme le souligne Fabrice Bertin⁹ : « [...] les plus grands médecins de l'Antiquité, Hippocrate (IV^e siècle avant J.-C.) puis Galien (II^e siècle avant notre ère), étaient tous deux convaincus d'une anastomose entre les nerfs de la langue et ceux des oreilles »¹⁰. Il est intéressant de souligner que, bien après l'Antiquité, la médecine, l'anatomie et la physiologie resteront des sources récurrentes d'arguments pour transformer les représentations des sourds à travers les siècles, incluant également les visions déficitaires comprises dans le paradigme biomédical actuel. De manière générale, au-delà des considérations médicales, ces conceptions

3. *Ibid.*, p. 23.

4. Il est fréquent dans la littérature de retrouver les exemples des sociétés asiatiques, perses ou encore égyptiennes, dans lesquelles être sourd ne semblait pas s'accompagner de connotations négatives mais, au contraire, représentait une marque divine et faisait l'objet d'une sollicitude religieuse. Toutefois, il est nécessaire de rappeler que ces exemples puisent pour la plupart dans les travaux de reconstruction et de légitimation de l'histoire des sourds entrepris au XIX^e siècle par Ferdinand Berthier. Des exemples qui, d'après Florence Encrevé, maîtresse de conférences en sciences du langage à l'Université Paris 8, sont à « considérer avec précaution ». En effet, dans les travaux de Berthier : « [...] aucune source n'y est mentionnée concernant cette période et il est impossible de valider ou d'invalider ses propos ». Voir : ENCREVÉ, Florence, *Les sourds dans la société française au XIX^e siècle. Idée de progrès et langue des signes*, Grâne : Créaphis éditions, 2012.

5. Le terme « *cophose* », dont la signification actuelle est détaillée plus haut dans cette thèse de doctorat (cf. 1.1.2), entretient donc une proximité étymologique et orthographique directe avec le terme grec originel.

6. BENVENUTO, *op. cit.*

7. Philosophe et maîtresse de conférences à l'École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS).

8. BENVENUTO, *op. cit.*

9. Docteur en histoire et professeur associé à l'EHESS.

10. BERTIN, *op. cit.*

primitives de la surdité résistent encore aujourd'hui dans nos sociétés contemporaines, notamment à travers la pensée commune et certains discours journalistiques¹¹.

Quant au prétendu défaut d'intelligence des personnes sourdes en tant que conséquence présumée de la surdité, cette conception séculaire sera véhiculée également à travers l'histoire, nourrissant dans son passage quantité de problématiques et de débats intenses liés à la place, au rôle et à l'éducation des sourds au sein de la société. Sur ce point, des contradictions existaient déjà dans le discours des grands penseurs de l'Antiquité grecque. Socrate et Hermogène, au sein d'un passage rapporté par Platon dans le *Cratyle*, faisaient état d'une forme de reconnaissance pour la communication gestuelle pratiquée par les personnes sourdes, sans toutefois la valoriser de manière diglossique¹².

En revanche, une opinion beaucoup plus radicale sera développée chez Aristote. Pour le philosophe, si « les hommes qui sont sourds sont toujours muets »¹³, il est également conçu qu'« il n'est rien de l'intellect qui ne vienne d'abord des sens »¹⁴. En d'autres termes, « [...] seule la parole articulée atteste la faculté langagière et rend possible la pensée et l'acte de raisonnement, [...] »¹⁵. Cette conception constituera l'un des principes phares dans ce qui distingue l'Homme de l'animal, distinction entreprise dans la classification hiérarchique des êtres vivants réalisée par Aristote dans *De l'âme*¹⁶. Ainsi, dans la mesure où le langage, que seule la parole articulée peut produire et que seule l'ouïe peut percevoir, est le siège de la raison, les sourds sont, dans cette relation causale, représentés et perçus comme des êtres dépourvus d'intelligence. Dans ce contexte, les sourds ne sont donc pas pleinement reconnus comme des êtres humains, mais trouvent un statut inférieur, à l'instar du reste du règne animal.

Malgré les connotations négatives véhiculées par les représentations de la surdité durant cette période, le traitement à l'égard des personnes porteuses d'altérations sensorielles s'éloigne de celui réservé aux personnes présentant des altérations physiques. Comme le souligne Henri-Jacques Stiker : « l'Antiquité a très nettement séparé :

11. Bien que la situation actuelle n'ait plus grand-chose en commun avec les représentations et les conditions dans lesquelles les sourds pouvaient vivre durant l'Antiquité gréco-romaine, l'emploi des amalgames « sourd-muet » ou « sourd et muet » pour désigner une personne essentiellement sourde reste encore un phénomène récurrent de nos jours. À ce titre, nombreuses sont les interventions de personnes sourdes dans la vie publique qui démontrent une volonté de déconstruire ces amalgames et d'éduquer aux évolutions sémantiques de la terminologie les concernant.

12. BERTIN, « Les Sourds, une culture méconnue? »

13. ARISTOTE, *Histoire des animaux*, trad. par Pierre PELLEGRIN, GF, Paris : Flammarion, 2017.

14. BERTIN, *op. cit.*

15. BENVENUTO, Andrea, « Qui sont les sourds? », in : *Les Sourds : aux origines d'une identité plurielle*, sous la dir. de Charles GAUCHER et Stéphane VIBERT, Collection Diversitas 5, Bruxelles : P.I.E. Peter Lang, 2010, p. 92.

16. ARISTOTE, *De l'âme*, trad. par Richard BODÉÛS, GF, Paris : Flammarion, 2018.

la malformation, la débilité, la maladie. [...] C'est ainsi que les aveugles, les sourds et les débiles ne sont pas mis dans la même catégorie que les difformes »¹⁷. En outre, les enfants présentant des « tares physiques »¹⁸ à la naissance pouvaient, selon une pratique en vigueur, être « exposés ». Selon les mots de l'historien Pierre Brulé, l'exposition est : « [...] le droit reconnu à un magistrat, à un organe délibératif, mais surtout le plus souvent au père de l'enfant ou, plus généralement, au *kyrios* de la mère de l'enfant [...] de disposer, comme il l'entend, de la vie de l'enfant à naître ou de celle du nouveau-né »¹⁹. En pratique, l'exposition consistait à abandonner en dehors de la cité et à laisser pour mort l'enfant jugé inapte à être élevé²⁰.

De ce fait, les malformations physiques visibles d'un nouveau-né ne constituent pas l'unique raison d'être d'une exposition²¹. Toutefois, si cette pratique peut s'apparenter à un infanticide ritualisé, elle se justifie à cette époque par le fait que l'anormalité biologique et physique « fait craindre » une malédiction divine pouvant mener à la « stérilité collective » et à l'extinction de la civilisation²². En définitive, la portée symbolique de cet acte s'inscrit davantage dans une approche religieuse visant à « remettre aux dieux »²³ l'enfant porteur de la marque de la colère divine dans le but d'apaiser cette dernière²⁴. Par conséquent, du fait du caractère invisible de leur altération, l'hypothèse que les sourds aient pu échapper à l'exposition demeure aujourd'hui vraisemblable²⁵. Si le droit d'exposition fut abrogé dans l'Antiquité tardive²⁶, l'influence de la pensée d'Aristote continuera son expansion dans la civilisation romaine²⁷ et survivra jusqu'à ce jour, pour rester l'un des vecteurs principaux de transmission des

17. STIKER, *op. cit.*, p. 51.

18. BRULÉ, Pierre, « L'exposition des enfants en Grèce antique : une forme d'infanticide », in : *Enfances & Psy* 3.44, 2009, p. 19-28.

19. *Ibid.*

20. STIKER, *op. cit.*

21. Les enfants nés de l'inceste, non désirés ou encore nés dans des familles ne pouvant subvenir à leurs besoins vitaux pouvaient, de manière plus fréquente, également faire l'objet d'une exposition. Voir : *ibid.*, p. 49.

22. *Ibid.*, p. 50.

23. *Ibid.*

24. À l'instar d'Œdipe, de nombreux mythes de l'Antiquité font ainsi référence à cette pratique. Voir : BONNARD, Jean-Baptiste, « L'exposition des nouveau-nés handicapés dans le monde grec, entre réalités et mythes : un point sur la question », in : *Pallas. Revue d'Études Antiques* 106, 2018, p. 229-240.

25. BERTIN, *Les sourds. Une minorité invisible*, p. 24-25.

26. En 374 sous l'Empire romain. Voir : ALLÉLY, Annie, « L'exposition des petites filles à Rome sous la République et sous le Principat », in : *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest* 3.124, 2017, p. 49-64.

27. À travers les écrits de Pline l'Ancien notamment. De plus, comme le précise Diane Bedoin, bien que l'empereur romain d'Orient Justinien conféra tardivement aux sourds un statut juridique à travers le « Code Justinien » (« *Corpus juris civilis* »), en Rome antique : « [...] la plupart des sourds ne sont pas considérés comme des "citoyens" et leurs droits civils sont restreints : ils ne disposent ni de leur personne ni de leurs biens ». Toutefois, certains individus sourds ont, à titre privilégié, été épargnés de cette condition. Voir : BEDOIN, Diane, « 2. Figures sociohistoriques du "sourd" », in : *Sociologie du monde des sourds*, Collection Repères, Paris : La Découverte, 2018, p. 23-48.

représentations des sourds fondées sur l'amalgame entre surdité, mutité et stupidité en Occident.

2.1.2 Moyen-Âge et Renaissance : regards ambivalents et premières méthodes empiriques

Le Moyen-Âge constitue une période de l'histoire des sourds sur laquelle se concentrent de nombreuses études à l'heure actuelle²⁸. Toutefois, peu de témoignages et de traces nous renseignant sur les conditions de vie des sourds durant cette période sont visibles dans la littérature. Comme le souligne l'historien Yann Cantin²⁹ : « [...] toute l'historiographie sourde s'est construite à partir de l'année 1760, et donc, quasiment tous les auteurs se reprennent les uns des autres. [...] Cela fait ancrer en nous qu'avant l'abbé de l'épée, il n'y a point de destinées sourdes, ni d'éléments favorisant les sourds »³⁰. Ainsi, le « mur »³¹ de 1760 a conduit, au siècle suivant, à alimenter une « représentation noire » du « sourd-muet exclu de la société et enfermé » qui prédominera dans la littérature scientifique jusqu'au XXI  si cle³². De ce fait, d'après l'historien : « la difficulté de la recherche historique sourde n'est pas dans la faiblesse des sources »³³ mais se situe, en revanche, dans l'influence et la prédominance de cette représentation au sein des discours historiques³⁴.

En ce qui concerne les connaissances rapportées dans la littérature contemporaine sur les conditions de vie des sourds au Moyen-Âge, leur grande majorité repose sur les travaux de l'historienne Aude de Saint-Loup. Dans un article paru en 1989, l'historienne décrit les sourds comme des individus bien intégrés aux sociétés f odales³⁵. Pour expliquer cette intégration, une première hypothèse s'élabore autour du caractère « physiquement et socialement autonome »³⁶ du sourd, le rendant apte au travail. En effet, faute de témoignages présentant des éléments de réfutation, cette hypothèse demeure toujours vraisemblable au regard de l'importance de la valeur accordée au travail à cette période. Rappelons qu'au Moyen-Âge, la pauvreté est « une condition générale » qui, du fait de son accroissement, « menace la structure féodale »³⁷.

28. ENCREVÉ, *op. cit.*, p. 40.

29. Maître de conférences en histoire à l'Université Paris 8.

30. CANTIN, Yann, « Quelles représentations historiennes des Sourds historiques? », in : *La Noétomalalie Historique [En ligne]*, 2020, URL : <https://noetomalalie.hypotheses.org/786>.

31. Pour reprendre le terme avancé par Yann Cantin. Voir : *ibid.*

32. *Ibid.*

33. *Ibid.*

34. *Ibid.*

35. SAINT-LOUP, Aude de, « Les sourds-muets au Moyen âge, mille ans de signes oubliés », in : *Le pouvoir des signes. Catalogue d'exposition de l'INJS*, 1989, p. 11-19.

36. *Ibid.*

37. VILLE, FILLION et RAVAUD, *op. cit.*, p. 28.

Dans ce contexte, l'aptitude au travail devient le socle de référence et de partage d'un système assistanciel reposant sur le modèle socio-économique de la « charité » chrétienne. La figure du « pauvre » se retrouve ainsi catégorisée entre, d'une part, le pauvre jugé apte au travail et pouvant donc subvenir à ses besoins, et, d'autre part, le pauvre jugé inapte. L'individu considéré comme le « bon » ou le « méritant » pauvre³⁸ est alors exempté de l'obligation de travailler et peut, de ce fait, bénéficier de la charité³⁹. Fruit de la manifestation de la volonté divine ou des conséquences subies du destin, la pauvreté se retrouve sanctifiée et devient un support de rédemptions et d'œuvres de miséricorde⁴⁰. La présence du bon pauvre permet ainsi de racheter ses péchés et présente donc un rôle crucial dans la pastorale manichéenne du paradis et de l'enfer. Par conséquent, il reste probable que, face au besoin critique de main-d'œuvre des sociétés médiévales rurales à laquelle répond l'aptitude avérée au travail des sourds, ces derniers n'aient pas connu les mêmes conditions de vie et fait l'objet des mêmes représentations que durant l'Antiquité.

La seconde hypothèse émise dans la littérature concernant l'intégration favorable des sourds au Moyen-Âge traite de l'évolution des représentations liées à la gestualité. En effet, l'application de la règle de Saint-Benoît de Nursie, visant à régir la vie monastique, proscriit notamment toute communication vocale au sein des monastères. Soumises à la règle de silence, certaines congrégations religieuses ont développé des modes de communication spécifiques basés sur plusieurs ensembles de « signes monastiques »⁴¹. Ainsi, les premiers catalogues de ces signes parvenus jusqu'à nous remontent au XI^e siècle, à travers les recueils rédigés à l'abbaye-mère de Cluny⁴². En outre, les catalogues clunisiens furent adoptés et augmentés⁴³ au sein des communautés monastiques de Fleury (aujourd'hui Saint-Benoît-sur-Loire) et d'Hirsau, avant de se répandre à travers toute l'Europe occidentale au cours des XII^e siècle et XIII^e siècle⁴⁴. La mise en place de systèmes de communication par signes au sein des monastères a donc constitué un terrain d'accueil favorable pour les sourds car, comme le souligne Yann Cantin : « [...] rien ne s'oppose en fait à leur usage au sein des monastères, et

38. Notons que cette catégorisation du pauvre comprend également la figure du « mauvais » pauvre, comprenant notamment les vagabonds et les mendiants ne présentant pas de signes d'infirmité, c'est-à-dire les individus réprimés pour leur refus de se soumettre à l'obligation de travail. Voir : *ibid.*, p. 30.

39. *Ibid.*, p. 28-29.

40. *Ibid.*, p. 30-31.

41. CANTIN, Yann, « De l'origine des langues des Signes... », in : *Études sourdes [En ligne]*, 2013, URL : <https://etusourdes.hypotheses.org/44>.

42. JACQUEMARD, Catherine et LUCAS-AVENEL, Marie-Agnès, « Des poissons, des mots et des signes : les signes monastiques des noms de poissons au XI^e siècle », in : *Annales de Normandie* 62.2, 2012, p. 139-174.

43. En fonction de leurs coutumes et de leurs pratiques, certaines communautés monastiques se sont ainsi appropriées le modèle clunisien en y ajoutant, par exemple, de nouveaux signes. Voir : *ibid.*

44. *Ibid.*

par extension, à l'éducation des enfants sourds »⁴⁵. Ainsi, certaines de ces communautés ont pu accueillir et proposer une éducation religieuse aux enfants sourds dès le IX^e siècle⁴⁶. Toutefois, il convient de rappeler, d'une part, qu'il n'existe pas de lien avéré entre le développement des signes monastiques et des LS⁴⁷ et que, d'autre part, l'exemple de l'intégration des sourds au sein des congrégations religieuses constitue à ce jour une exception dans le paysage social et juridique du Moyen-Âge.

En effet, si les considérations pour la communication gestuelle semblent se détacher temporairement de la représentation animalière conférée par les discours aristotéliens, l'influence majeure de la religion catholique dans les sociétés moyen-âgeuses pérennise le *prima* de la parole sur les autres modalités. Loin d'être une période totalement favorable aux sourds, le Moyen-Âge constitue en réalité pour ces derniers une époque « bigarrée »⁴⁸, pendant laquelle ils doivent faire face à une société à la fois tolérante et hostile. D'une part, des enfants sourds sont accueillis et élevés au sein des monastères, tandis que les adultes représentent une main-d'œuvre autonome pouvant contribuer à l'économie et à la stabilité de la société. D'autre part, l'importance biblique de la parole fait de cette dernière la modalité prédominante pour l'interprétation des textes sacrés⁴⁹. Non seulement les conceptions aristotéliennes conférant une animalité aux sourds-muets restent toujours en vigueur dans les représentations collectives, mais à celles-ci s'ajoute désormais une représentation religieuse qui fait des sourds, au même titre que les infirmes et les « monstres »⁵⁰, des êtres diaboliques⁵¹. Enfin, les restrictions du droit civil héritées du code Justinien perdurent toujours. Restrictions qui écartent juridiquement les sourds et les muets

45. CANTIN, *op. cit.*

46. BERTIN, *op. cit.*, p. 31.

47. CANTIN, *op. cit.*

48. BERTIN, *op. cit.*, p. 29.

49. D'après le premier verset du premier chapitre initiant l'Évangile selon Saint Jean : « au commencement était le Verbe, et le Verbe était auprès de Dieu, et le Verbe était Dieu ». Bien que le « Verbe » puisse aussi bien être compris comme la production de la communication vocale que gestuelle, la parole comme unique modalité à être apte à l'expression divine reste l'interprétation dominante au Moyen-Âge. Voir : ENCREVÉ, *op. cit.*, p. 42.

50. Du latin « *monstrum* » et « *monstrare* » (signifiant : « ce qu'il faut montrer »), le « monstre » représente au Moyen-Âge un être dont la difformité physique traduit une déviance face aux lois civiles, religieuses et naturelles. Ainsi, inclu dans la perspective religieuse faisant de tous les hommes des créatures de Dieu, le monstre se destine autant à être une œuvre de Dieu destinée à la miséricorde qu'une incarnation de la colère divine et le signe annonciateur d'un malheur à venir. Cette figure sera notamment plus largement décrite par le médecin et anatomiste français Ambroise Paré au XVI^e siècle. Paré remettra notamment en cause l'ancrage théologique de l'existence des monstres à travers sa catégorisation empirique de leurs origines supposées appelée « tératologie ». Cette dernière donne notamment pour explication aux anomalies corporelles du corps humain des causes divines, mais également naturelles et héréditaires, faisant du monstre un objet d'étude scientifique. Voir : PARÉ, Ambroise, *Des monstres et prodiges*. Édition de Michel Jeanneret, Folio classique, Paris : Gallimard, 2015.

51. ENCREVÉ, *op. cit.*

congénitaux ne sachant écrire de toute forme de droits et de la libre possession de leurs biens⁵². Dans ce contexte, l'écriture et la parole deviennent alors des facultés déterminantes d'un point de vue juridique, facultés qu'une large partie de la population générale ne maîtrise ou ne dispose pas en intégralité⁵³.

Il faudra attendre le XVI^e siècle et la Renaissance pour que les progrès en matière de médecine et de connaissances anatomiques permettent de réfuter l'amalgame instauré par les Grecs et de dissocier la surdité de la mutité⁵⁴. De ce fait, face à la normalisation de la parole comme modalité de communication dominante, l'idée qu'une éducation permettant de « faire parler » les sourds est possible gagne du terrain. En outre, les premières méthodes empiriques d'éducation à la parole des jeunes sourds seront en partie conditionnées par le contexte juridique. Ancrée dans le sillage du code Justinien, la loi espagnole fait de la parole la condition *sine qua non* de la transmission des biens patrimoniaux. Ainsi, l'intérêt est d'autant plus important chez les familles de la noblesse espagnole dont certains des membres sourds souhaitent pouvoir transmettre ou recevoir leur héritage. Comme nous l'explique Florence Encrevé : « [...] la loi espagnole [...] n'autorise les individus à hériter que s'ils savent parler. Ces familles nobles décident alors de faire éduquer leurs enfants à la parole par des précepteurs individuels, qui propagent leurs méthodes dans toute l'Europe jusqu'en France au XVIII^e siècle »⁵⁵. L'exemple le plus fréquemment rapporté dans la littérature abordant l'histoire des sourds est celui du moine bénédictin espagnol Pedro de Ponce, désigné plus fréquemment sous le nom de Pedro Ponce de Léon (1520–1584).

Considéré souvent comme le précurseur de l'éducation des sourds, Ponce de Léon fait usage de sa connaissance des signes monastiques et des premiers alphabets manuels afin de communiquer avec les enfants sourds. Bien qu'aucune trace écrite de sa méthode n'ait été publiée, des témoignages laissés par ses élèves permettent aujourd'hui de supposer que sa méthode pédagogique reposait notamment sur l'apprentissage de l'écriture et de la lecture orale⁵⁶. Auxiliaires de communication, les signes monastiques permettaient à Ponce de Léon d'expliquer le sens des mots, tandis que l'alphabet dactylologique franciscain⁵⁷ permettait de transcrire les lettres latines écrites en signes visuo-gestuels. Ainsi, parmi les élèves les plus mentionnés dans la

52. Cinq classes sont établies dans le code Justinien pour déterminer les droits des personnes sourdes et/ou muettes. À la surdi-mutité congénitale s'ajoutent la surdi-mutité acquise, la surdité congénitale, la surdité acquise et la mutité acquise. Notons que les quatre dernières classes n'entraînaient pas de privation totale des droits. Voir : BERTIN, *op. cit.*, p. 33.

53. ENCREVÉ, *op. cit.*

54. *Ibid.*

55. *Ibid.*, p. 43.

56. *Ibid.*

57. Formalisé avec l'aide du moine Melchor Sáchez de Yebra (1524–1586). Voir : BERTIN, *op. cit.*, p. 44.

littérature, nous retrouvons Fransisco et Pedro de Tovar, neveux du connétable de Castille Juan de Velasco, ainsi que le fils du gouverneur d'Aragon⁵⁸.

Malgré le fait qu'il ne soit pas possible d'évaluer l'efficacité de la méthode de Ponce de Léon, cette dernière aurait ainsi permis à ces enfants d'apprendre l'écriture, la lecture, les mathématiques, l'astronomie, les langues anciennes et étrangères, la tactique, la politique et la religion catholique⁵⁹. La célébrité de Ponce de Léon permettra à sa méthode de se répandre en Europe et, à l'instar des signes monastiques, de servir de support à de futures méthodes. Manuel Ramírez de Carrión (1579–1652) et Juan Pablo Bonet (1579–1623) sont des exemples emblématiques s'inscrivant dans la descendance intellectuelle des travaux de Ponce de Léon. Bonet sera le premier à publier et à diffuser un ouvrage méthodologique sur l'éducation des sourds qui se diffusera par la suite largement en Europe⁶⁰. Cet ouvrage comprend notamment la description d'un alphabet manuel qui, selon certaines explications, serait à la base du développement de l'alphabet dactylogique moderne utilisé de nos jours en LSF⁶¹.

La diffusion des méthodes développées par les précepteurs espagnols et, plus généralement, l'idée que les sourds peuvent faire l'objet d'une éducation à la parole et/ou aux gestes finiront par atteindre la France au XVIII^e siècle. Un « siècle d'or » pour la formalisation et l'institutionnalisation des méthodes d'éducation qui naîtront dans un contexte marqué par la philosophie des Lumières et ses grands principes. Toutefois, dans une tout autre lecture historique, cette époque sera également le berceau de multiples conflits politiques, pédagogiques et économiques à venir concernant l'usage de ces méthodes.

2.1.3 Le « siècle d'or » : du principe « d'éducabilité » à l'émergence des modèles d'éducation oraliste et gestualiste

L'arrivée de la pensée des Lumières au XVIII^e siècle marque un basculement paradigmatique et épistémologique quant à la manière d'envisager la surdité et les sourds au sein de la société. Les postulats religieux faisant du sourd à la fois le socle de la miséricorde et un être diabolique cèdent progressivement la place aux considérations scientifiques qui, par la méthode empirique, constituent le fondement de la connaissance du monde. Le sourd devient, dans ce contexte, un objet d'étude pouvant conduire à l'accomplissement de la quête du progrès. Canalisée par des motivations philanthropiques, l'éducation revêt alors un enjeu crucial. Ce cadre va faire naître chez plusieurs éducateurs, « bienfaiteurs » et mécènes des intérêts croissants pour la

58. ENCREVÉ, *op. cit.*

59. *Ibid.*

60. BONET, Juan Pablo, *Reducción de las letras y arte para enseñar a ablar los mudos*, Madrid : Francisco Abarca de Ángulo, 1620.

61. BEDOIN, *op. cit.*

recherche de la compensation des altérations sensorielles, matérialisée notamment à travers le développement de méthodes et de techniques d'éducation « adaptées »⁶². Cette approche cristallise ainsi l'essence du principe « d'éducabilité »⁶³, qui donne lieu à une nouvelle catégorisation de l'altérité. D'une part, les « éducatibles », figures centrales de la visée humaniste des Lumières, représentent les individus pour qui les conséquences de leurs altérations peuvent être compensées et, d'autre part, les infirmes « non-éducatibles » qui « font obstacles au nouvel ordre social fondé sur le travail »⁶⁴ et se destinent à subir la politique du « grand renfermement »⁶⁵.

Ce cadre servira ainsi de creuset pour l'apparition de plusieurs initiatives dont les ambitions portent sur l'instruction des jeunes sourds. À l'instar du contexte dans lequel les méthodes espagnoles se sont développées, les enfants sourds issus de la noblesse ou de familles fortunées françaises auraient été les premiers à faire l'objet d'une éducation spécifique. Tombé dans l'oubli au ^{xx}e siècle, puis récemment redécouvert par les travaux de l'historien Bernard Truffaut⁶⁶, Étienne de Fay (1668-vers 1740) dit « l'érudit d'Amiens », ou encore « le vieux sourd-muet d'Amiens », est aujourd'hui mentionné dans la littérature comme étant probablement le premier investigateur de l'enseignement adressé aux enfants sourds⁶⁷. Bien que les sources sur ce personnage ne soient pas suffisantes pour affirmer un tel fait, il est supposé qu'Étienne de Fay aurait ainsi enseigné les signes monastiques dès 1710, à l'Abbaye bénédictine de Saint-Jean-de-Prémontrés d'Amiens dans laquelle il a été placé durant son enfance, aux alentours de 1675⁶⁸. Quatre enfants sourds auraient ainsi été instruits par de Fay⁶⁹, notamment Azy d'Étigny⁷⁰ vers 1735⁷¹. Néanmoins, les travaux pourtant

62. VILLE, FILLION et RAVAUD, *op. cit.*, p. 36.

63. Ce principe se déploie dans la pensée philosophique des courants empiristes et matérialistes, et plus particulièrement à travers la doctrine du « sensualisme » conduite par des philosophes tels que Denis Diderot, Étienne Bonnot de Condillac ou encore Jean-Jacques Rousseau. Voir : *ibid.*, p. 35.

64. *Ibid.*, p. 33.

65. Nommé *a posteriori* par Michel Foucault, le « grand renfermement » désigne un modèle politique de répression initié au ^{xvii}e siècle et qui atteint son paroxysme au ^{xix}e siècle. Cette politique consistait à concentrer, dans des établissements dédiés à cette fonction, les individus jugés menaçants pour l'ordre public et ne pouvant contribuer au capitalisme naissant. Ainsi, à travers l'Europe, les « pauvres » et les « vagabonds » dans un premier temps, puis les « infirmes », « incurables », « fous » ou encore les « aliénés » feront l'objet d'une répression visant leur internement dans des hôpitaux généraux puis, plus tard, dans des asiles créés pour l'occasion. Voir : *ibid.*, p. 31-33.

66. TRUFFAUT, Bernard, « Étienne de Fay », in : *Cahiers de l'histoire des sourds* 3-4-5, 1990.

67. CANTIN, Angélique et CANTIN, Yann, *Dictionnaire biographique des grands sourds en France. Les Silencieux de France (1450-1920)*, Paris : Archives & Culture, 2017, p. 33-40.

68. *Ibid.*

69. ENCREVÉ, *op. cit.*

70. Fils d'une famille de notables de La Rochelle qui, par la suite, contribua à la célébrité de Jacob Rodrigues Pereire, dont nous abordons les principaux traits biographiques juste après dans cette thèse de doctorat, en léguant à ce dernier l'instruction de son fils sourd. Voir : *ibid.*, p. 51.

71. CANTIN et CANTIN, *op. cit.*

précurseurs en France d'Étienne de Fay prennent peu de place dans la globalité du corpus historiographique sur les sourds. Il est probable, qu'une fois encore, l'influence des travaux de Ferdinand Berthier sur le ^{xx}^e siècle ait participé à éclipser l'histoire de la vie du savant d'Amiens au profit des récits historiques sur la querelle des méthodes à venir.

Membre d'une famille de confession juive d'origine espagnole vivant par intermittence entre le Portugal et la France, Jacob Rodriguez Pereira (1715–1780), dont la francisation de l'identité le fait connaître en France sous le nom de Jacob Rodrigues Pereire, s'installe à Bordeaux en 1741 à la suite d'épisodes de persécutions religieuses ⁷². Suite à cette installation, ce dernier, parmi ses autres activités, entreprend une carrière de précepteur d'enfants sourds issus de la bourgeoisie sur la base des travaux d'un précepteur suisse nommé Jean-Conrad Amman ⁷³. Cette carrière sera, par ailleurs, initiée par l'éducation d'une jeune fille dont l'identité est souvent établie comme étant celle de sa propre sœur ⁷⁴. Au fur et à mesure de ses rencontres, Pereire s'initie aux signes monastiques, par l'intermédiaire d'une affaire avec Azy d'Étigny qui lui lègue l'éducation de son fils sourd en 1746. De plus, Pereire prend progressivement connaissance des travaux de Juan Pablo Bonet et de son alphabet manuel. La combinaison de ces éléments permettra à Pereire d'établir les bases de sa méthode d'éducation, qui vise à utiliser l'alphabet manuel à une main et les signes monastiques pour communiquer avec ses élèves. Toutefois, l'objectif visé par sa méthode est avant tout de permettre aux sourds « d'exprimer leur pensée grâce à la parole » ⁷⁵. De ce fait, si les signes et l'alphabet dactylologique servent en premier lieu à la communication au sein du cours, le fruit de son enseignement porte prioritairement sur l'apprentissage de la parole et de la prononciation des mots *via* des techniques d'articulation, de lecture labiale mais également par l'écriture ⁷⁶.

Cependant, le déploiement de la méthode de Pereire sera également conditionné par un objectif plus personnel, répondant à une logique davantage carriériste. En effet, rappelons que seuls les enfants de familles riches ou/et nobles constituent à la fois la demande et la cible de cette méthode. Pour parvenir à accroître sa diffusion, Pereire doit ainsi la faire valider auprès des institutions et des personnes ayant une influence importante dans la société. Les élèves de Pereire font ainsi l'objet de « présentations », dont l'enjeu est de démontrer l'efficacité de sa méthode. C'est ainsi qu'il obtiendra un certificat d'approbation de l'Académie de Caen en 1747, présentera ses travaux

72. ENCREVÉ, *op. cit.*

73. Les principes d'enseignement d'Amman, fortement imprégnés de conceptions religieuses, élèvent la parole comme unique modalité apte à l'instruction des sourds. Les travaux d'Amman inspirent ainsi les futurs fondateurs de la pensée oraliste radicale. Voir : BERTIN, *op. cit.*, p. 52.

74. Bien que cette information soit avancée dans de nombreux travaux, il n'existe pas de preuve directe permettant d'affirmer qu'il s'agissait bien de sa sœur. Voir : ENCREVÉ, *op. cit.*, p. 50.

75. *Ibid.*

76. *Ibid.*, p. 52.

à l'Académie royale des sciences de Paris en 1749, et rencontrera même le roi Louis xv en personne un an plus tard ⁷⁷. La multiplication des auditions devant le roi, puis devant certaines de ses filles, lui permettront, par ailleurs, d'obtenir une pension annuelle, plusieurs brevets d'interprète, ainsi que de nouveaux élèves en provenance directe de la Cour royale ⁷⁸. Toutefois, si la méthode de Pereire n'a pas pour vocation d'être la pierre fondatrice de l'oralisme en France, les interprétations plus ou moins fallacieuses de cette méthode feront naître par la suite quantité d'arguments chez certains de ses futurs promoteurs, qui s'en serviront pour légitimer les formes les plus radicales de cette pensée ⁷⁹.

Contemporain de Pereire, Charles-Michel de l'Épée (1712–1789) voit le jour à Versailles au sein d'une famille bourgeoise ⁸⁰. Sa première vie le destine tout d'abord à une carrière ecclésiastique. Admis au Collège Mazarin (aussi appelé « Collège des Quatre-Nations ») en 1720, il suit des cours de philosophie et de théologie selon les principes de la doctrine janséniste. Face à la querelle théologique et politique entre les jansénistes et les jésuites, qui conduisit le pouvoir royal et la papauté à prendre partie et à soutenir la thèse opposée, de l'Épée quitte brièvement les ordres pour suivre des études de droit à Paris. Grâce à ses études, il devient avocat en 1721 au barreau de Troyes. Toutefois, repéré par l'évêque local, de l'Épée devient curé de la paroisse de Feuges en 1736, avant d'être nommé prêtre en 1738. L'année suivante, de l'Épée adhère au mouvement de « l'Appel » janséniste, qui s'oppose à l'instauration de la constitution (ou « bulle ») *Unigenitus* comme loi de l'État ⁸¹, et manifeste contre le rattachement de l'Université de Paris à cette dernière. Il démissionne par la suite de ses fonctions et s'installe à Paris dans la maison familiale, rue des Moulins, où vivent ses parents. Toutefois, la plupart des récits biographiques de la vie de Charles-Michel de l'Épée font de 1760 une date charnière durant laquelle le destin de ce dernier bascule ⁸².

En effet, c'est à cette date que de l'Épée, nommé abbé depuis, aurait fait la rencontre de deux jumelles sourdes suite à l'interruption de leur éducation provoquée par le décès de leur précepteur Simon Vanin. À sa demande, de l'Épée aurait ainsi hérité de leur instruction, faisant de ces dernières ses toutes premières élèves. Il convient à ce stade de préciser que la vie de l'abbé de l'Épée, et tout particulièrement cet épisode, ont souvent été romancés et enjolivés, notamment par les travaux fondateurs

77. *Ibid.*

78. *Ibid.*

79. Un fait que nous abordons dans la prochaine sous-section (cf. 2.1.4).

80. BERTIN, *op. cit.*, p. 56.

81. Pour en savoir plus, voir : MAIRE, Catherine, « Les querelles jansénistes de la décennie 1730-1740 », in : *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie [En ligne]* 38, 2005, URL : <http://journals.openedition.org/rde/297>.

82. Comme nous avons pu le mentionner précédemment dans cette thèse de doctorat, c'est notamment cette date que Yann Cantin qualifie de « mur » (cf. 2.1.2) pour des raisons que nous évoquons dans le paragraphe suivant.

de Ferdinand Berthier. Par ailleurs, la fascination pour l'abbé de l'Épée que l'on peut retrouver chez Berthier va contribuer à forger une véritable « légende » autour de ce personnage, qui reste encore à ce jour une icône historique et culturelle dans la communauté sourde⁸³. Cependant, les circonstances de sa rencontre avec les deux sœurs constitue toujours un point de divergence dans la littérature. En revanche, Florence Encrevé souligne que : « [...] comme il s'agit de deux sourdes, elles peuvent échanger naturellement entre elles en langue des signes [...] »⁸⁴. Cet état de fait aurait donc permis à l'abbé de prendre conscience, par l'observation, des possibilités de communication offertes par ce qui a probablement été la langue des signes parisienne du XVIII^e siècle⁸⁵.

Dans une perspective diamétralement opposée à celle de ses prédécesseurs, la surdité se dévoile premièrement aux yeux de l'abbé en tant qu'altérité communicationnelle et non en tant qu'altérité physiologique sur laquelle il serait possible d'agir⁸⁶. Cette rencontre sera déterminante pour l'abbé de l'Épée, qui débute ainsi sa carrière d'instructeur des sourds. Dans ce sillage, il fonde sa propre école dans sa maison de la rue des Moulins dont il hérite après la mort de ses parents. Dans la lignée des principes jansénistes qui empreignent ses valeurs, l'abbé de l'Épée ne fixe pas d'honoraires pour ses leçons, vivant principalement de ses multiples dons qu'il perçoit grâce à l'efficacité de sa publicité et à sa renommée croissante⁸⁷. Si son objectif initial était avant tout de transmettre des notions de religion catholique, notamment aux deux jeunes sœurs, la portée de son enseignement s'élargira à bien d'autres disciplines⁸⁸. Le nombre de ses élèves connaîtra également une augmentation fulgurante, pour atteindre jusqu'à soixante-dix par an⁸⁹.

Quant à la méthode utilisée par l'abbé de l'Épée dans ses enseignements, elle diffère également de celle de ses prédécesseurs. Tout d'abord, sans être ignorée de son enseignement, de l'Épée ne fait pas une utilisation courante de la dactylologie, dont l'intérêt réside avant tout pour lui dans l'apprentissage de l'écriture⁹⁰. Son apprentissage de la langue française reposait sur un dispositif de cartes sur lesquelles

83. ENCREVÉ, *op. cit.*

84. *Ibid.*, p. 55.

85. Yann Cantin utilise le terme de « noétomalalie ». Du grec « *noetôs* » (qui signifie « être compris » ou « intelligible ») et « *alalie* » (« sans parole »), le verbe « noétomalalier », proposé par l'écrivain sourd Henri Gaillard en 1889, désigne le fait de s'exprimer par une langue gestuelle. Si le terme a été peu employé dans la littérature et dans les conversations courantes durant le XX^e siècle, celui-ci semble connaître actuellement un regain d'intérêt dans la communauté sourde. Voir : CANTIN, Yann, « Les Sourds-Muets de la Belle Époque, une communauté en mutation », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Gérard JORLAND, Paris, EHESS, 2014.

86. BERTIN, *op. cit.*, p. 58.

87. ENCREVÉ, *op. cit.*, p. 57.

88. *Ibid.*, p. 59.

89. *Ibid.*, p. 56.

90. *Ibid.*, p. 59-62.

figuraient des lettres ou des mots, que l'élève devait soit replacer dans le bon ordre, soit se servir pour retrouver l'image correspondant au sens du mot⁹¹. Pour parfaire cet apprentissage, de l'Épée utilise la langue gestuelle pratiquée par ses élèves et l'augmente de nouveaux signes en rapport direct avec la syntaxe et la grammaire de la langue française. Il nomme alors ce nouveau système les « signes méthodiques » qui, d'après Fabrice Bertin, « est donc une sorte de français signé [...] » qui relève davantage de l'« artefact pédagogique » que de la langue des signes « utilisée de façon spontanée ou naturelle par les Sourds entre eux »⁹². Ainsi, dans ce cadre, l'invention de l'abbé de l'Épée n'a pas pour vocation de devenir une langue des signes à usage quotidien⁹³ et apparaît même pour Ferdinand Berthier, pourtant fer de lance de la glorification de son créateur, comme une « faute »⁹⁴.

Enfin, à l'instar de la dactylologie, l'usage de la parole articulée, sur la base de la méthode de Bonet, n'est également pas exclue de son enseignement. En revanche, au regard des difficultés rencontrées par de l'Épée pour l'enseigner de manière efficace à une classe nombreuse et aux conditions auditives hétérogènes, elle n'apparaît pas comme une priorité et reste le plus souvent mise de côté au profit de la lecture labiale⁹⁵. De l'Épée publiera une première fois les bases de sa méthode en 1776, sous le titre *Institution des Sourds et Muets par la voie des signes méthodiques*⁹⁶, puis en 1784 dans une seconde édition plus célèbre, intitulée *La véritable manière d'instruire les sourds et muets, confirmée par une longue expérience*⁹⁷. Fort de son succès, la « méthode française »⁹⁸ de l'abbé de l'Épée se diffuse largement en Europe par l'intermédiaire de ses rencontres, notamment avec l'empereur d'Autriche et co-régent des royaumes des Habsbourg Joseph II en 1777⁹⁹. L'année suivante, le roi Louis XVI institutionnalise l'école de la rue des Moulins et la place sous protection royale¹⁰⁰. L'« Institution de Paris » sera transférée par ordonnance de l'Assemblée Nationale après la mort de l'abbé de l'Épée, pour venir s'installer en 1794 dans l'ancien séminaire de l'hôpital Saint-Jacques, situé rue Saint-Jacques à Paris. Si cette institution connaîtra de nombreux changements de noms par la suite, cette même adresse accueille toujours l'actuelle INJS.

91. *Ibid.*

92. BERTIN, *op. cit.*, p. 61.

93. Ainsi, contrairement à une croyance populaire, l'abbé de l'Épée n'est pas l'inventeur de la LSF, bien que certains signes méthodiques aient été conservés dans l'usage de cette dernière.

94. ENCREVÉ, *op. cit.*

95. *Ibid.*

96. L'ÉPÉE, Charles-Michel de, *Institution des sourds et muets, par la voie des signes méthodiques*, Paris : Nyon l'ainé, 1776.

97. L'ÉPÉE, Abbé de, *La véritable manière d'instruire les sourds et muets : confirmée par une longue expérience*, Paris : Nyon l'ainé, 1784.

98. ENCREVÉ, *op. cit.*

99. BERTIN, *op. cit.*

100. *Ibid.*, p. 62.

À ce stade, la méthode gestuelle de l'abbé de l'Épée et la méthode de Jacob Rodrigues Pereire se développent donc en parallèle. Comme le précise Fabrice Bertin : « à l'époque, l'éducation des personnes sourdes à la parole prime sur tout le reste, même s'il existe deux conceptions différentes de ce même procédé. Les tenants de ce courant éducatif ne sont pas encore confrontés à une réelle contestation »¹⁰¹. Les aboutissants de la rencontre entre ces deux personnages demeurent toujours flous. Le regard historiographique actuel laisse supposer que Pereire, s'il pouvait faire preuve d'esprit critique, n'était pas hostile à l'égard de la méthode de l'abbé¹⁰². En revanche, un conflit chez les partisans des deux méthodes rendait au préalable leur opposition publique, générant au fur et à mesure dans les écrits une rivalité historique entre les deux protagonistes. Le conflit des méthodes sera institutionnalisé par l'apparition d'une polémique entre l'abbé de l'Épée et l'Allemand Samuel Heinicke, alors directeur de l'Institut pour sourds-muets de Leipzig, auquel ses partisans attribuent la paternité de la « méthode allemande », fondée sur les principes de la méthode orale de son mentor Jean-Conrad Amman¹⁰³. Cette institutionnalisation du conflit, qui marque ses débuts officiels et dont les retombées font encore l'objet de débats à l'heure actuelle, perdurera après la mort de Pereire et de l'abbé de l'Épée. De plus, cette polémique dépassera rapidement la simple critique des signes méthodiques pour se muter en une hostilité croissante envers toutes les langues gestuelles. Une hostilité qui prendra forme dès la disparition de l'abbé de l'Épée, à travers la nomination de l'abbé Roch-Ambroise Cucurron Sicard, dit « l'abbé Sicard », comme successeur à la tête de l'Institution de Paris¹⁰⁴. Seulement, les convictions portées par l'abbé Sicard ne sont pas celles de son prédécesseur et épousent davantage les anciennes représentations aristotéliennes¹⁰⁵.

Peu convaincu par les signes méthodiques, Sicard entreprend de modifier ce système, ce qui aura pour effet d'alourdir davantage sa complexité déjà importante. Ce faisant, l'abbé Sicard a ainsi involontairement participé à ce que la pensée courante amalgame cette grande complexité à la pratique générale des langues gestuelles. Puis, en accordant le poste de médecin de l'Institution à Jean Marc Gaspard Itard, il permet à l'idéologie oraliste et à l'entreprise de « correction » médicale de la surdité d'investir progressivement les lieux¹⁰⁶. Ainsi, dans un contexte de médicalisation croissante de la société et de montée de l'idéologie hygiéniste, visant le « redressement »¹⁰⁷ des populations, le projet philanthropique de l'abbé de l'Épée et le gestualisme se

101. *Ibid.*, p. 54.

102. ENCREVÉ, *op. cit.*

103. Ce même précepteur qui instruit Jacob Rodrigues Pereire. Voir : BERTIN, *op. cit.*, p. 62-63.

104. *Ibid.*, p. 66.

105. ENCREVÉ, *op. cit.*, p. 76.

106. BERTIN, *op. cit.*, p. 71.

107. VILLE, FILLION et RAVAUD, *op. cit.*, p. 38.

fragilisent et finissent par céder le pas à l'application exclusive de la méthode orale au début du siècle suivant.

2.1.4 Du conflit des méthodes à la fracture de « Milan » : le triomphe de l'oralisme sur la « mimique »

Le XIX^e siècle, berceau de la révolution industrielle et du capitalisme de masse, est marqué par la mécanisation et l'industrialisation croissante de la société. Canalisée par la quête idéologique du progrès et par l'héritage de la Révolution française, l'égalité dans l'accès au travail, couplée à l'amélioration des conditions de vie d'une vague de pauvreté urbaine massive, deviennent des préoccupations majeures pour les pouvoirs publics. Dans ce contexte politique et social empreint de principes hygiénistes, la science doit répondre aux besoins de dispositifs d'assistance de la société et fournir des solutions à la « dégénération » de l'espèce humaine¹⁰⁸. Dans ce cadre, la médecine, à qui l'on confère alors un enjeu social, va connaître un essor particulièrement remarquable en incarnant l'idée de progrès. À ce titre, elle gagne progressivement en influence sur le pouvoir décisionnel qui va forger les politiques à venir. Le progrès médical se matérialise notamment par l'apparition de nouvelles institutions qui œuvrent pour la promotion de nouvelles disciplines, techniques et méthodes anatomo-cliniques telles que, par exemple, l'otologie et l'orthophonie. L'entreprise de spécialisation des lieux de prise en charge entamée au cours du siècle précédent va contribuer à donner à ces disciplines un terrain favorable à leurs expérimentations¹⁰⁹.

À travers les médecins qui sont considérés comme des « pionniers », tels que Jean Itard, Alexandre-Louis-Paul Blanchet, Nicolas Deleau ou encore Prosper Menière, la surdi-mutité devient progressivement un « déficit fonctionnel » dont la correction, opérée dans une approche curative, incombe désormais à la médecine¹¹⁰. L'objectif dressé par les acteurs de cette perspective est donc d'entreprendre une campagne de « démutisation »¹¹¹ des sourds, notamment à travers une série d'actes médicaux et chirurgicaux expérimentaux représentatifs des pratiques de cette époque¹¹².

Dans ce contexte, l'éducation des sourds ne fait pas exception dans la liste des ambitions portées par la médicalisation. Si l'origine de la surdité ne peut être guérie, ce sont sur ses conséquences, en particulier l'absence de parole, que les médecins

108. *Ibid.*, p. 38.

109. *Ibid.*

110. ENCREVÉ, *op. cit.*, p. 84-85.

111. BENVENUTO, Andrea, *Quand le son devient geste*, 2018, URL : <https://philharmoniedeparis.fr/fr/magazine/perspectives/quand-le-son-devient-geste> (visité le 15/11/2018).

112. Nombreux sont les exemples dans la littérature. Parmi les techniques les plus radicales réalisées en guise d'expérimentations sur les sourds, l'injection de fluides corrosifs dans le conduit auditif ou encore la trépanation pouvaient être employées. Voir : BERTIN, *op. cit.*, p. 89.

vont prétendre pouvoir agir. Dans ce sillage, la langue gestuelle pratiquée par les sourds, souvent énoncée dans les textes de l'époque par le terme « mimique », ne disparaît pas totalement pour autant. En revanche, les discours des partisans de la méthode orale, dont la plupart s'inspirent des conceptions aristotéliciennes, font de cette dernière une solution logique face à la politique de redressement des populations. En permettant aux populations sourdes, minoritaires dans la société, de faire usage de la parole, modalité de communication dont la pratique reste majoritaire, ceux-ci peuvent s'intégrer socialement sans que l'État soit contraint de mettre en œuvre une campagne massive d'apprentissage de la LS.

Or, d'après Florence Encrevé : « [...] comme la langue des signes est naturellement privilégiée par les sourds pour communiquer, particulièrement entre eux, les médecins la considèrent comme un obstacle à l'exercice de la parole »¹¹³. Cette interprétation oraliste et inégalitaire du progrès sera dénoncée par de nombreux sourds, à travers des revendications fortes prononcées par des personnalités telles que Ferdinand Berthier et les membres de la fraternité des sourds-muets¹¹⁴. En outre, ces derniers considèrent la LS comme une langue universelle et souhaitent instaurer sa libre utilisation à tous les niveaux de la société. Toutefois, avec l'arrivée du Second Empire, de nombreuses réformes matérielles et intellectuelles, appliquées dans le but de moderniser le secteur de l'enseignement, vont conduire à l'uniformisation des méthodes et au contrôle de l'éducation des sourds.

Ce tournant radical sera canalisé par la volonté d'Émile Pereire (1800-1875), petit-fils de Jacob Rodrigues Pereire, de prendre part aux décisions politiques concernant le devenir de l'éducation des sourds. Figure idéalisée de la réussite industrielle de ce temps et fervent partisan de l'idéologie du progrès, Émile est, avec son frère Isaac Pereire (1806-1880), à la tête d'un empire économique et industriel qui se déploie dans de nombreux secteurs de la société civile¹¹⁵. Du secteur bancaire, assurantiel ou immobilier, aux transports maritimes, terrestres ou encore à la distribution de l'énergie publique, l'implantation des frères Pereire est vaste et s'opère à travers la direction et l'administration d'une multitude de compagnies. Dans ce cadre, la préoccupation de l'éducation des sourds représente, pour Émile Pereire, un moyen d'asseoir l'idéal d'une égalité sociale. À l'instar des travaux effectués par son grand-père, l'apprentissage de la parole apparaît à ses yeux comme la méthode la plus viable pour permettre aux sourds de s'intégrer à la société et, ainsi, d'avoir les mêmes moyens que tous les citoyens pour réussir¹¹⁶.

De ce fait, dans le climat de réforme instauré avec l'avènement du Second Empire, Émile Pereire met à contribution son réseau professionnel afin de faire appliquer

113. ENCREVÉ, *op. cit.*, p. 102.

114. *Ibid.*, p. 226.

115. *Ibid.*, p. 192.

116. *Ibid.*, p. 193.

une réforme visant à faire de la méthode de son grand-père l'unique méthode d'enseignement dispensée dans les établissements éducatifs accueillant des sourds en France. Pour parvenir à influencer les futures décisions politiques et ainsi parvenir à la réussite de cet objectif, le « réseau Pereire »¹¹⁷ décide d'organiser une série de congrès nationaux et internationaux qui, en parallèle des expositions universelles, se dérouleront entre 1878 et 1881.

Le premier de ces congrès pour « l'amélioration du sort des sourds-muets » est tenu à Paris et se déroule du 23 au 30 septembre 1878. La majorité des congressistes présents, de nationalités différentes et en nombre modeste, représente différents établissements éducatifs pour sourds. Parmi les propositions acceptées se profilent les premières mesures d'instauration de la méthode orale. La parole est notamment décrite comme « supérieure à la mimique »¹¹⁸ et l'utilisation des méthodes gestuelles et des méthodes mixtes est rejetée ou doit se destiner seulement aux sourds « les moins intelligents »¹¹⁹. Dans l'esprit de la conception initiale de Jacob Rodrigues Pereire, la tolérance à l'égard des signes relègue ces derniers au rang d'auxiliaires de communication dans le cadre de l'enseignement, préférant revendiquer le *prima* de la lecture labiale et de l'articulation. Dans le sillage du congrès universel de Paris, un congrès national est organisé à Lyon l'année suivante. La présence de membres de la faculté de médecine y renforce encore davantage le point de vue médicalisant¹²⁰.

Parmi les arguments avancés, la pratique de la LS est notamment décrite comme nuisible à l'apprentissage du français écrit. Sous l'impulsion d'une croyance médicale fallacieuse de l'époque, les signes sont également tenus responsables du développement de pathologies pulmonaires¹²¹. Toutefois, la méthode gestuelle et la LS trouvent encore une forme de défense, poussant ce congrès à aboutir à des divergences d'opinions et à des conclusions modérées, sans répercussions directes pour l'avenir du gestualisme¹²². En revanche, l'avènement du second congrès international, plus connu sous le nom de « congrès de Milan », marquera un tournant majeur dans le processus de réforme initié par le réseau Pereire. Un congrès dont le déroulement, la conduite des débats, les tenants des propositions adoptées, ainsi que leurs aboutissants sur le plan politique et social, contribueront à forger l'un des événements de l'histoire des sourds les plus relatés dans la littérature.

117. *Ibid.*, p. 277.

118. *Ibid.*, p. 281.

119. *Ibid.*

120. *Ibid.*, p. 284-285.

121. Du fait de l'inactivité du système phono-respiratoire par l'absence de parole, de nombreux médecins, tels qu'Itard ou l'Allemand Franz Joseph Gall, ont soutenu une conception commune postulant une prédisposition spécifique des sourds aux phtisies pulmonaires et laryngiennes, pathologies associées à la tuberculose particulièrement redoutée durant ce siècle. Voir : POIZAT, *op. cit.*, p. 107-108.

122. ENCREVÉ, *op. cit.*, p. 287-289.

Tenu du 6 au 11 septembre 1880, le « congrès de Milan » est le second congrès international sur « l'amélioration du sort des sourds-muets ». L'effectif total recense deux cent cinquante-six participants, composés en majorité par des Italiens et des Français¹²³. Parmi les professions représentées, la plupart des membres sont instituteurs ou éducateurs, directeurs d'établissements privés ou d'institutions nationales, représentants ministériels ou encore membres du réseau Pereire. En outre, bien qu'absent du congrès, il est prévu pendant un temps que le comité d'organisation soit présidé par Eugène Pereire, fils d'Isaac Pereire, qui mandate alors son secrétaire Ernest La Rochelle pour lui faire parvenir ses rapports¹²⁴.

Dans cette assemblée majoritairement favorable à l'imposition de la méthode orale, seuls quatre participants sourds auraient été présents¹²⁵ et seulement trois d'entre eux sont membres effectifs et disposent du pouvoir de vote¹²⁶. Dans ce contexte, la question de la méthode d'instruction, directement liée à la quête progressiste visant à intégrer les sourds dans la société, s'impose rapidement comme une problématique centrale dans les débats. Présentée à travers des interprétations libres excluant plus ou moins l'utilisation des LS, la méthode de Jacob Rodrigues Pereire est largement promue et, sous l'impulsion de certains acteurs décisifs du congrès¹²⁷, se mute en une « méthode orale pure »¹²⁸. Dans ce sillage, le débat initial autour du choix de la méthode va progressivement intégrer une ambition politique et idéologique plus large : celle de proscrire les méthodes gestuelles et mixtes au sein des établissements au profit de l'application de cette nouvelle formule strictement orale.

De ce fait, huit résolutions sont votées au terme du congrès. Celles-ci doivent permettre, par le déploiement de la méthode orale pure, de donner un cadre fixe à

123. Sur ces 256 participants, 158 sont italiens et 67 sont français (ces derniers étant les initiateurs et les organisateurs du congrès). Le reste des participants est ainsi constitué de treize Anglais, sept Allemands, six Américains, un Belge, un Canadien, un Russe, une Norvégienne et un Suédois. Toutefois, il convient de rappeler que ces chiffres, issus d'une liste établie par la table des membres du congrès, demeurent imprécis et connaissent plusieurs variantes d'un ouvrage à un autre. Voir : *ibid.*, p. 298.

124. En son absence, ce poste sera finalement accordé à Léon Vaïsse, président du comité d'organisation du congrès de Paris. Voir : ENCREVÉ, Florence, « Réflexions sur le congrès de Milan et ses conséquences sur la langue des signes française à la fin du XIX^e siècle », in : *La Découverte* 2.223, 2008, p. 83-98.

125. Comme le déduit Florence Encrevé, en contrepartie du fait que : « [...] la liste des participants [...] ne précise pas s'ils sont sourds ou entendants [...] ». Voir : *idem*, *Les sourds dans la société française au XIX^e siècle. Idée de progrès et langue des signes*, p. 319.

126. En effet, sur ces quatre participants, Lorenzo Del Lupo, élève italien de l'Institution royale des sourds-muets de Sienne, n'est, du fait de son statut de membre honoraire, pas autorisé à voter. Voir : *ibid.*, p. 298-299.

127. Par exemple, les abbés Giulio Tarra, alors président du congrès, et Guérin, pourtant défenseur de l'utilisation d'une méthode mixte lors du congrès national de Lyon.

128. ENCREVÉ, *op. cit.*, p. 301.

l'éducation des sourds dans le monde ¹²⁹. Ainsi, de par sa stature internationale, les mesures revendiquées au congrès de Milan rayonneront et serviront de références pour les professionnels de terrain, mais également auprès des gouvernements dans leurs prises de décisions politiques. En ce qui concerne la France, au-delà de l'idéologie du progrès, des arguments médicaux et religieux, ainsi que de l'objet du congrès en lui-même, il existe plusieurs raisons permettant d'expliquer l'adoption quasi unanime des participants français aux résolutions de Milan.

En effet, l'adoption d'une méthode unique et le rejet du gestualisme coïncident avec la montée en puissance des gouvernements nationalistes, de l'industrialisation, et des principes de standardisme et d'efficacité liés au capitalisme de masse ¹³⁰. Comme le précise Stéphane-D. Perreault ¹³¹ : « la communication visuelle est rejetée, non pas par seul désir d'uniformité culturelle ou de répression de la différence, mais parce qu'elle complique les choses et va à l'encontre du principe de standardisation et d'efficacité industrielle » ¹³². L'Allemagne sort vainqueur en 1871 de la guerre franco-prussienne déclarée l'année précédente, entraînant la chute du Second Empire et de Napoléon III, ainsi que la proclamation de la Troisième République. L'Alsace et une grande partie de la Lorraine sont cédées au deuxième *Reich* nouvellement constitué. Ainsi, l'une des raisons invoquées pour expliquer la défaite de la France par ses dirigeants réside dans la division de son peuple et l'absence d'une unité patriotique et nationaliste.

Dans ce cadre, la Troisième République se donne pour mission d'unifier la nation. Pour y parvenir, l'éducation massive et l'uniformisation linguistique de l'ensemble du territoire sont considérées comme les clés de voûte de la réussite de ce vaste programme. Le français s'impose comme la langue républicaine et, parce qu'elle permet d'accéder aux textes fondateurs des Lumières et des philosophes, la « langue de la liberté » ¹³³. À l'instar des langues régionales, la LS, en tant que mode de communication minoritaire, représente un obstacle dans l'accès à la liberté et à la connaissance. En ce sens, elle ne permet donc pas aux sourds de jouir des principes fondateurs d'égalité des Hommes, en recevant une éducation différente de celle des autres concitoyens, et d'égalité des chances, ne pouvant accéder à l'érudition et à la liberté qui en

129. Seule résolution faisant mention des signes, la huitième résolution recommande, par la création de classes spéciales, la séparation stricte des élèves nouvellement instruits par la méthode orale de ceux ayant une éducation antérieure basée sur l'usage de la « mimique ». Voir : *ibid.*, p. 313-314.

130. PERREAULT, Stéphane-D., « Diverses lectures de l'histoire sourde au Québec », in : *Les Sourds : aux origines d'une identité plurielle*, sous la dir. de Charles GAUCHER et Stéphane VIBERT, Collection Diversitas 5, Bruxelles : P.I.E. Peter Lang, 2010, p. 35-40.

131. Docteur en histoire et enseignant au Red Deer College (Canada).

132. PERREAULT, *op. cit.*

133. ENCREVÉ, « Réflexions sur le congrès de Milan et ses conséquences sur la langue des signes française à la fin du XIX^e siècle ».

résulte¹³⁴. Cette conception conduira le gouvernement français, à partir de 1880, à imposer progressivement l'application de la méthode orale pure présentée à Milan au sein des écoles¹³⁵ et à y proscrire l'enseignement en LS¹³⁶.

Toutefois, cette proscription n'est pas uniquement conduite par le pouvoir politique. De nombreux directeurs d'établissement pour sourds ont déjà instauré la méthode orale pure avant même le congrès de Milan et, par la suite, bien d'autres renverront progressivement leurs professeurs sourds¹³⁷ adeptes de l'utilisation des signes¹³⁸. Quant aux établissements privés refusant d'appliquer la méthode orale, ils sont progressivement destitués de leurs subventions publiques et se retrouvent contraints à la fermeture¹³⁹.

Si la charge des établissements publics incombe au ministère de l'Instruction publique, les établissements spécialisés pour sourds, au même titre que les hospices ou les pénitenciers, restent sous la responsabilité du ministère de l'Intérieur. De ce fait, les enfants sourds jugés inaptes à l'instruction à la parole et ne pouvant être intégrés à l'école publique sont pris en charge dans des institutions spécialisées, voire, à l'instar des « fous », « idiots » ou « insensés », envoyés dans des asiles¹⁴⁰.

Ainsi, bien que le congrès de Milan n'ait pas été *stricto sensu* décisif sur le plan législatif et politique, il a permis d'accréditer l'application de la méthode orale pure au sein des écoles et de convaincre définitivement les représentants des nations en présence de sa prétendue supériorité sur toutes les autres méthodes. En définitive, bien que de nombreux auteurs aient présenté ce congrès comme étant le théâtre d'une rupture brutale dans l'histoire des sourds, celui-ci apparaît davantage dans les

134. *Ibid.*

135. Ce qui sera notamment l'objet de discussions dans les congrès suivants. Voir : BOURGALAIS, Patrick, *Les miroirs du silence. L'éducation des jeunes sourds dans l'Ouest, 1800-1934*, Histoire, Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR), 2008, p. 219-255.

136. ENCREVÉ, *Les sourds dans la société française au XIX^e siècle. Idée de progrès et langue des signes*, p. 325.

137. Ce qui est un paradoxe compte tenu de l'enjeu primordial qui a conduit à la création de ces congrès : intégrer les personnes sourdes dans le monde socioprofessionnel. En ce qui concerne les élèves sourds, comme l'explique Florence Encrevé : « après seulement onze ans d'expérience éducative uniquement oraliste, les sourds ne peuvent finalement effectuer que des métiers où ils sont isolés et donc non intégrés ». Voir : *idem*, « Réflexions sur le congrès de Milan et ses conséquences sur la langue des signes française à la fin du XIX^e siècle ».

138. *Idem*, *Les sourds dans la société française au XIX^e siècle. Idée de progrès et langue des signes*, p. 328.

139. C'est notamment le cas du directeur de l'Institution de Lyon Claudius Forestier. Voir : *ibid.*, p. 326.

140. Rappelons que l'influence de la médecine demeure toujours entière dans le cadre de la politique d'« aliénisme » qui conditionne le traitement social des personnes à cette époque. Déjà présent dans les conceptions aristotéliennes, l'amalgame entre surdité et « dégénérescence intellectuelle » atteint ici son paroxysme, dans ce contexte où, à travers le « traitement moral » initié par Philippe Pinel puis les travaux d'Alfred Binet et Théodore Simon, l'intelligence devient une préoccupation scientifique et sociétale. Voir : *idem*, « Réflexions sur le congrès de Milan et ses conséquences sur la langue des signes française à la fin du XIX^e siècle ».

récits actuels, selon une approche plus modérée, comme le catalyseur d'un processus engagé auparavant depuis les premières heures du conflit des méthodes. Quoi qu'il en soit, en ce qui concerne la LS ou les méthodes mixtes, leur enseignement sera presque intégralement proscrit¹⁴¹ dans les circuits éducatifs et institutionnels. Cette proscription sera levée, dans les établissements spécialisés, en 1977, puis en 1991, à travers la ratification de la loi Fabius, dans l'enseignement public (cf. 1.3.6).

En conclusion, les principes républicains fondamentaux de liberté et d'égalité, associés aux notions de progrès, de redressement des populations et de nécessité d'intégration au mode du travail dominé par l'industrialisation massive et le capitalisme, formeront un terreau fertile pour la médicalisation de la surdité et l'institutionnalisation de l'oralisme. Ce regard médical et anatomo-clinique sur la surdité, pourvu dans une perspective réparatrice, constitue donc les fondements historiques du paradigme biomédical actuel. L'avènement du modèle de traitement social de la « réadaptation » au ^{xx}e siècle trouvera en la rééducation fonctionnelle l'instrument de son application¹⁴². La médecine devient alors garante de l'insertion sociale et les politiques trouveront dans le handicap un concept fédérateur et unificateur. Dans ce cadre, la surdité, progressivement associée à la déficience, est considérée comme un écart par rapport à la norme dominante, voire une anomalie sur laquelle il est possible et nécessaire d'agir. Cette pensée prendra des formes connues, que ce soit à travers l'éducation spécialisée, fruit d'un développement fondé sur la libre interprétation du principe d'éducabilité des Lumières, ou par des moyens technologiques tels que le diagnostic prénatal, l'appareillage audioprothétique et la rééducation orthophonique.

2.1.5 Vers une accélération de la structuration de la communauté, de la culture et de l'identité sourdes

Face aux conséquences des mesures prises à l'issue des différents congrès et dans le sillage de la pensée militante de Ferdinand Berthier, les sourds, faute de pouvoir s'épanouir pleinement dans les circuits éducatifs, se regroupent et renforcent leurs structures associatives et collectives. La Société universelle des sourds-muets devient alors, en 1887, « l'Association amicale des sourds muets de Paris »¹⁴³. Son ambition est de poursuivre un double objectif : d'une part former une assemblée qui, animée par une volonté forte de s'opposer politiquement à ces mesures, puisse être en mesure d'avoir un impact significatif sur le gouvernement et les institutions ; d'autre part faire de la LS la langue officielle des échanges internes pour ainsi contribuer à sa

141. Bien que la parole reste maîtresse dans la transmission des connaissances, certains professeurs appliquent une tolérance à l'égard de l'usage de la LS comme modalité de communication entre les élèves en classe. Voir : *ibid.*

142. VILLE, FILLION et RAVAUD, *op. cit.*, p. 43.

143. ENCREVÉ, *op. cit.*

pérennisation en dehors des circuits institutionnels, notamment par une pratique collective mise en œuvre lors des différents événements culturels¹⁴⁴.

Ainsi, en réaction directe aux précédents congrès, les sourds organisent à leur tour une série de congrès internationaux. Le premier congrès « pour l'amélioration du sort des sourds-muets » voit le jour à Paris en 1889, à l'occasion du centenaire de la mort de l'abbé de l'Épée. Dans un geste pleinement militant, les membres du congrès, qui s'auto-baptisent les « sourds silencieux », promeuvent la méthode de l'abbé de l'Épée et revendiquent un retour de la méthode mixte¹⁴⁵. Ces revendications seront également à l'ordre du jour dans les deux congrès qui suivront celui de Paris, respectivement à Chicago, en 1893, puis enfin de nouveau à Paris, en 1900. Toutefois, aucune des résolutions votées lors de ces événements n'auront d'impact en France, ce qui aura pour effet d'accentuer le rejet de l'oralisme dans la communauté sourde¹⁴⁶.

Quant à la LS, face à son éviction progressive des institutions et établissements éducatifs, sa pérennisation ne repose donc plus qu'à travers des circuits confidentiels. Plusieurs événements, souvent associatifs, permettent aux sourds d'en faire perdurer la pratique. Tout d'abord, à travers la longue tradition des banquets dits « en l'honneur de l'abbé de l'Épée », dont la mise en œuvre a débuté dès 1834 et qui persiste encore de nos jours¹⁴⁷. Or, à partir de 1880 et de Milan, l'enjeu politique de ces banquets se renforce face au danger de la disparition de la LS. Dans ce cadre, l'aspect commémoratif tient alors davantage du « prétexte » pour se réunir et organiser les actions futures¹⁴⁸. Comme l'explique Andrea Benvenuto : « le mouvement étant déclenché, la nation sourde¹⁴⁹ constituera le terreau d'une activité qui se déploiera dans d'autres domaines de la vie des sourds, au-delà des murs des institutions éducatives »¹⁵⁰.

En plus des congrès, des associations et des banquets, les sourds investiront également la presse¹⁵¹, les foyers et la création artistique¹⁵² en guise d'espaces d'ex-

144. Soulignons que la noétomalalie de l'époque n'était pas encore considérée comme une langue à part entière. Il faudra attendre les années soixante-dix et le « Réveil Sourd » pour que ce processus de reconnaissance soit engagé. Voir : *ibid.*

145. *Ibid.*

146. *Ibid.*

147. BENVENUTO, Andrea et SÉGUILLON, Didier, « Des premiers banquets des sourds-muets à l'avènement du sport silencieux 1834-1924 », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 4.64, 2013, p. 135-150.

148. *Ibid.*

149. Selon le terme employé à cette époque.

150. BENVENUTO et SÉGUILLON, *op. cit.*

151. Le premier journal grand public des sourds, intitulé *La Gazette du sourd-muet*, est fondé en 1890. Voir : *ibid.*

152. Cette période est marquée par une dynamique artistique forte chez les artistes sourds qui, à travers la peinture et la sculpture notamment, vont multiplier les apparitions au sein des expositions ou des salons dits « silencieux ». Voir : *ibid.*

pression collectifs¹⁵³. Enfin, cette « mobilisation collective »¹⁵⁴ sera complétée par le développement de la pratique des activités sportives. La course cycliste étant l'une des activités les plus favorisées par les sourds parmi les « sports silencieux », de nombreux événements et associations en lien avec le cyclisme verront ainsi le jour et participeront au rayonnement et à la reconnaissance de la communauté sourde dans l'espace public¹⁵⁵.

Ainsi, la réponse des sourds face aux conséquences du congrès de Milan s'organise de manière collective. Il en résulte une accélération de la structuration de la communauté sourde dans le sillage des actions entreprises par Ferdinand Berthier. En outre, les sourds, pour pérenniser le gestualisme et revendiquer leur citoyenneté, investissent l'espace public à travers différents circuits culturels et événementiels, démontrant une volonté forte de reconnaissance. Le tournant du xx^e siècle constitue de ce fait les prémisses de la structuration de cette culture sourde en France qui, dans cet élan, connaîtra près d'un siècle plus tard une forme de consécration lors du « Réveil Sourd », événement qui mettra en lumière les tenants du paradigme culturel de la surdité et de la création d'une identité sourde.

2.1.6 Les sourds français à l'international au xx^e siècle : situations contrastées et prise de conscience

Bien que les événements de la fin du xix^e siècle soient abondamment documentés dans la littérature scientifique, il en est tout autre en ce qui concerne la vie et la condition sociale des sourds en France durant la première moitié du siècle suivant. Dans le contexte originel désormais connu, cette période continuera de voir s'étendre la domination de l'oralisme dans les milieux éducatifs, toujours corrélée à la médicalisation des sourds au sein des lieux de prise en charge spécialisés. Néanmoins, la question de l'éducation et de la réhabilitation des sourds dans la société, auparavant animée et porteuse d'enjeux rayonnant dans des secteurs multiples, va connaître une mise en parenthèse historique durant plusieurs décennies¹⁵⁶. En Europe, cette mise en parenthèse sera notamment conditionnée par les deux conflits mondiaux à venir. La montée de l'idéologie eugéniste aux États-Unis, qui donnera naissance aux premiers moyens de lutte contre la progression de l'« *homo surdus* »¹⁵⁷, traversera l'Atlantique pour se muter peu après en campagnes de stérilisation et d'extermination massive

153. *Ibid.*

154. *Ibid.*

155. *Ibid.*

156. BERTIN, *op. cit.*, p. 111.

157. POIZAT, *op. cit.*, p. 158.

des sourds, entreprises par l'Allemagne nazie durant la Seconde Guerre mondiale ¹⁵⁸. Dans ce cadre, la parole des sourds demeure exclue de l'espace public et la transmission de la LS s'effectue toujours par l'intermédiaire des circuits souterrains, structurés autour de la culture, des banquets et des pratiques sportives collectives.

La seconde moitié du xx^e siècle marquera une période d'accélération de l'histoire des sourds et de leur reconnaissance en tant que minorité sociale, linguistique et culturelle. Dans l'élan des congrès internationaux organisés par les sourds silencieux à la fin du siècle précédent, la Fédération nationale italienne des sourds propose la création d'un organisme unificateur des sourds à l'échelle internationale. Ainsi, la Fédération Nationale des Sourds-Muets ¹⁵⁹ est créée à Rome en 1951 et organise, cette même année, son premier congrès ¹⁶⁰. En décloisonnant ses assemblées successives d'une participation exclusivement réservée aux sourds et en favorisant les rencontres avec les corps académique et intellectuel, ces congrès ouvriront la voie aux futures études ethnologiques et linguistiques, faisant de la surdité et des sourds des objets d'étude autres que médicaux.

En revanche, cette initiative coïncide avec le développement croissant des technologies d'appareillage audioprothétique ¹⁶¹ et de l'orthophonie ¹⁶², qui témoigne de la suprématie toujours patente de l'oralisme. Toutefois, la mise à l'écart des enfants sourds dans des établissements spécialisés, initiée avec l'aliénisme, ne constitue plus un modèle en accord avec la volonté républicaine d'intégrer ces populations dans la société. À travers la création de l'Association Nationale des Parents d'Enfants Déficiants Auditifs (ANPEDA) en 1965, un groupe de parents d'élèves sera à la base d'une première vague de militantisme.

Ceux-ci, animés par la volonté de dénoncer les discriminations et d'intégrer les enfants sourds dans les établissements scolaires ordinaires, critiqueront vivement le système d'éducation en place, alors accusé de condamner les sourds à une orientation qui les limite aux métiers manuels ¹⁶³. À ce stade, la liberté de communiquer et d'être éduqué en LS n'est donc pas encore à l'ordre du jour. Il faudra attendre la fin des Trente Glorieuses, une décennie plus tard, pour que l'influence de la communauté sourde et des universitaires d'outre-Atlantique participent à déclencher en France une vague de mouvements sociaux et de grands bouleversements à venir.

158. À l'instar de bien d'autres populations, plusieurs milliers de sourds devront ainsi subir les conséquences de l'« hygiène raciale » (« *Rassenhygiene* »). Voir : *ibid.*, p. 164.

159. Qui deviendra rapidement l'actuelle Fédération Mondiale des Sourds (FMS).

160. BERTIN, *loc. cit.*

161. Développement abordé précédemment dans cette thèse de doctorat (cf. 1.3.2).

162. Développée dans les années cinquante, l'orthophonie est, à travers la loi n°64-699, officiellement proclamée en tant que profession de santé en France le 10 juillet 1964.

163. MOTTEZ, *op. cit.*, p. 361.

En parallèle aux événements français, le linguiste américain William Stokoe¹⁶⁴ publie, dans les années soixante, une série de travaux fondateurs sur le mode de communication gestuel pratiqué par les sourds aux États-Unis¹⁶⁵. Auparavant considérée comme une modalité de communication ou comme un langage lié à des méthodes d'éducation, Stokoe confère ainsi, par le prisme des outils de la linguistique contemporaine, le statut de langue à part entière à l'ASL et, de ce fait, à toutes les LS. Les travaux de Stokoe, creuset d'une véritable « révolution linguistique »¹⁶⁶, constitueront un mythe pour les sourds. Ce qui est désormais nommé « sign language » sera « un point de départ [...] permettant de produire un discours propice à la reconnaissance des sourds comme collectif dans le contexte politique et universitaire américain »¹⁶⁷.

Dès lors, être sourd ne signifie plus seulement être la cible d'un modèle social visant à corriger, par le médical et le paramédical, une altérité physiologique et linguistique aux yeux d'une norme définie. Les sourds et leurs expériences du monde deviennent des sources de connaissances comprises comme étant issues d'une diversité à la fois socioculturelle et sociolinguistique. Dans le monde universitaire, ce cadre interdisciplinaire sera porté à travers le développement des *Deaf Studies*¹⁶⁸. En convoquant des notions telles que la langue, la culture ou l'identité au cœur d'une même discussion, le cadre épistémologique des *Deaf Studies* participe ainsi à faire des sourds un objet d'étude multidimensionnel et spécifique conduisant à « une production historiographique importante relevant de l'histoire des représentations, des institutions et de l'histoire culturelle, [...] »¹⁶⁹. Par « l'opposition explicite à un modèle et une épistémologie de type médical; la défense d'une focalisation sur la vie des sourds comme cadre élargi pour la description de la surdité; la valorisation de l'expérience des sourds comme productrice de savoirs et de connaissances spécifiques »¹⁷⁰, les enjeux véhiculés par les *Deaf Studies* ont ainsi contribué à forger le paradigme culturel de la surdité et à faire basculer le statut du sourd en tant que sujet de la connaissance à celui de créateur. Cette dynamique de pensée, initiée par les travaux de Stokoe et qui atteint en premier lieu les milieux sourds américains, trouvera dans les congrès organisés par la FMS des espaces de diffusion à travers le monde. De ce fait, l'année 1975, qui voit les États-Unis être la terre d'accueil du prochain congrès quadriennal,

164. Que nous évoquons précédemment dans cette thèse de doctorat (cf. 1.3.7).

165. STOKOE, *op. cit.*

166. SCHMITT, Pierre, « Sciences sociales, sourds et langue des signes : d'un champ d'expérience-s à un champ d'étude », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 4.64, 2013, p. 15-28.

167. *Ibid.*

168. *Ibid.*

169. BENVENUTO, Andrea et SÉGUILLON, Didier, « Surdités, langues, cultures, identités : recherches et pratiques. Présentation du dossier », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 9-13.

170. SCHMITT, Pierre, « Sciences sociales, sourds et langue des signes : d'un champ d'expérience-s à un champ d'étude », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 15-28.

marquera ainsi un tournant décisif pour la reconnaissance sociale des Sourds dans l'Hexagone.

Fondée plus d'un siècle auparavant, l'Université de Gallaudet de Washington, alors seul établissement d'enseignement supérieur au monde à donner cours intégralement en ASL, est choisie pour accueillir le septième congrès de la FMS¹⁷¹. Les participants, en majorité sourds, proviennent de 53 pays du globe¹⁷². Ce congrès, qui poursuit l'objectif du « pleins droits pour tous les sourds »¹⁷³, offre ainsi une tribune pour les sourds à l'international, qui sont alors en mesure de pouvoir s'exprimer pleinement et hors du joug de l'idéologie oraliste sur leurs conditions de vie, leur reconnaissance au sein de leurs pays respectifs, ainsi que celle de leurs langues. Si certaines conférences s'ancrent encore autour de discours biomédicaux sur la surdité, ce congrès se détachera largement des précédents par la participation active de la majorité sourde en présence¹⁷⁴. En se basant sur les récents arguments apportés par la linguistique et la sociologie, les sourds vont ainsi prôner le retour de l'éducation en LS au rang de sujet central dans les discussions. De manière globale, ce congrès est l'occasion pour les participants de pouvoir comparer les situations socioculturelles des sourds dans différents pays.

Le modèle américain, porté dans un contexte de conquête des droits civiques pour de nombreuses minorités, fait figure d'électrochoc et provoque une prise de conscience chez les participants français¹⁷⁵. Du système d'éducation à la diversité des métiers accessibles, en passant par une implication culturelle très active et la pleine liberté de communiquer et de s'instruire en LS, la situation des sourds américains contraste profondément avec le contexte auquel les sourds français doivent faire face dans leur pays¹⁷⁶.

L'impact de ce congrès sur les sourds français sera décisif. Animés par ces nouvelles considérations et par l'espoir que leur a conféré l'exemple américain, les sourds français s'engagent alors dans un mouvement collectif de reconnaissance identitaire, culturelle et linguistique visant à transformer en profondeur leurs droits, leur citoyenneté et le regard que la société leur porte. Cette initiative, menée au départ par quelques initiés ayant assisté au congrès américain, annonce ainsi le début de la période du « Réveil Sourd ».

171. BERTIN, *op. cit.*, p. 116.

172. Selon Fabrice Bertin, ce congrès a réuni 3000 personnes, dont 2000 sourds. Voir : *ibid.*, p. 117.

173. KERBOURC'H, Sylvain, *Le Mouvement sourd (1970-2006). De la Langue des Signes française à la reconnaissance sociale des sourds*, Paris : L'Harmattan, 2012, p. 55.

174. *Ibid.*

175. Les participants français se composent de sourds, tels que Christian Deck ou Guy Bouchauveau, mais également de chercheurs entendants, tels que le sociologue Bernard Mottez ou le linguiste François Grosjean. Voir : BERTIN, *loc. cit.*

176. *Ibid.*

2.1.7 Le « Réveil Sourd » : point d'orgue de la quête de citoyenneté

De retour de leur « épopée »¹⁷⁷, les participants français au congrès, galvanisés par les travaux de Stokoe et par la situation de l'ASL dans la société américaine, vont s'interroger quant à la possibilité d'exporter le modèle de Gallaudet et de l'appliquer dans l'Hexagone. Comme l'explique Michel Poizat : « d'une façon générale, [...], les années 1970-1980 voient l'éclosion d'initiatives de tous ordres, de toute part, et un peu dans toutes les directions »¹⁷⁸. La « réhabilitation »¹⁷⁹ de la LS, alors toujours soumise aux conséquences du congrès de Milan, va concentrer les intérêts et constituer l'une des problématiques centrales de ces réflexions. Pour les premiers acteurs de ce « mouvement Sourd »¹⁸⁰, l'objectif est de lever les anciennes interdictions qui pèsent toujours sur la communication et l'éducation en LS et de transformer les représentations dominantes sur la surdité et les sourds.

En replaçant ces thématiques au cœur des considérations sociales, l'un des enjeux phares est aussi de permettre aux sourds, dans une perspective égalitariste, d'acquérir les mêmes droits que le reste de la population et de retrouver une citoyenneté, une pleine participation, ainsi qu'une tribune pour pouvoir s'exprimer et être entendus dans l'espace public. Cette vaste entreprise de réhabilitation, qui a pour vocation d'être menée de manière collective, sera canalisée par deux vecteurs principaux avec, d'une part, les discours intellectuels et académiques promulgués par les SHS et, d'autre part, la multiplication des actions culturelles comme garantes de l'existence et de la propagation d'une culture sourde. Le « Réveil Sourd » décrira ainsi cette nouvelle dynamique, qui tranche avec la mise entre parenthèses sociohistorique des sourds initiée à la suite de Milan et amplifiée par les conflits mondiaux de la première moitié du siècle en cours.

En parallèle des travaux des linguistes américains, la sociologie, par l'intermédiaire de Bernard Mottez en France, est la première discipline des SHS à s'intéresser aux LS et à en faire un objet d'étude. En amont du congrès de 1975, plusieurs échanges internationaux avaient permis aux intellectuels français de découvrir les travaux de leurs homologues d'outre-Atlantique. Ainsi, les travaux de Stokoe et des membres du laboratoire de linguistique de Gallaudet ont servi de base à l'émergence d'études comparatives entre l'ASL et la LS pratiquée alors en France¹⁸¹. Les résultats des premières études sociolinguistiques de Bernard Mottez feront de la LSF, dénomination nouvelle qui sera progressivement employée, une langue à part entière et voisine de l'ASL, avec

177. KERBOURC'H, *op. cit.*, p. 59.

178. POIZAT, *op. cit.*, p. 171.

179. KERBOURC'H, *op. cit.*, p. 57.

180. *Ibid.*

181. MOTTEZ, *op. cit.*, p. 368.

laquelle elle entretient une valeur historique¹⁸². Dès lors : « c'est ainsi désormais la réflexion scientifique dans le secteur des sciences humaines qui va constituer le vecteur principal de la réhabilitation du signe »¹⁸³. Ces réflexions, conjuguées aux actions menées par les sourds, feront basculer l'interdit historique qui pèse sur l'enseignement de la LSF au sein, dans un premier temps, des établissements privés¹⁸⁴.

La réhabilitation progressive des sourds au sein du corps professoral dans ces établissements va désormais s'accompagner d'interrogations sur leur formation, les méthodes à développer et la standardisation de la LSF qui doit être enseignée¹⁸⁵. Les associations offrant la possibilité d'apprendre la LSF se multiplient et le métier d'interprète se développe¹⁸⁶. Animés par le désir de revendiquer l'existence de la LSF et de la culture sourde, dimensions fondamentales du paradigme culturel de la surdité, les acteurs du Réveil Sourd se portent ainsi sur le choix d'un projet d'intégration, ou plutôt d'inclusion, des sourds dans la société par le bilinguisme et la biculturalité¹⁸⁷.

Ce mouvement de reconnaissance et de réhabilitation de la LSF au sein des circuits éducatifs, marqué par des épisodes de revendications publiques importants¹⁸⁸, conduira à la levée de son interdiction dans les écoles publiques, suite à l'adoption de la loi Fabius, puis à son inscription officielle en des termes juridiques à travers la loi de 2005¹⁸⁹, aboutissant ainsi progressivement à la situation actuelle.

La quête de réhabilitation de la LSF, premier vecteur de la construction d'une identité sourde collective, va de pair avec la volonté d'affirmer l'altérité culturelle des sourds par la démonstration de l'existence d'une culture sourde. Cette volonté prendra des formes diverses et se matérialisera à travers des actions conduites dans de nombreuses disciplines et dans différents niveaux de la société. Condition nécessaire pour mener à bien leurs revendications, la visibilité sociale des sourds sera portée par différents circuits médiatiques structurés en réseau. Créée par Bernard Mottez et le linguiste américain Harry Markowicz en 1977, la revue *Coup d'œil* représente l'un de ces premiers jalons médiatiques destinés à diffuser l'actualité des sourds à l'international et les résultats et réflexions des recherches récentes ou en cours en so-

182. Rappelons que l'ASL est issue de la créolisation de la LS pratiquée en France au XIX^e siècle. Voir : KERBOURC'H, *op. cit.*, p. 55.

183. POIZAT, *op. cit.*, p. 166.

184. Voir précédemment dans cette thèse de doctorat (cf. 1.3.6).

185. KERBOURC'H, *op. cit.*, p. 74-77.

186. *Ibid.*, p. 89.

187. Ce projet sera notamment porté par l'association militante Deux Langues Pour une Éducation (2LPE), qui est l'un des acteurs politiques et sociaux les plus actifs de cette période. Voir : *ibid.*, p. 125.

188. Plusieurs milliers de Sourds ont, par exemple, défilé lors de la marche du 1^{er} février 1981 organisée à Paris. De nombreuses autres manifestations auront lieu par la suite à travers la France et jusqu'à nos jours. Voir : POIZAT, *op. cit.*, p. 171.

189. Aspects que nous abordons précédemment dans cette thèse de doctorat (cf. 1.3.6).

ciolinguistique sur les LS ¹⁹⁰. Ces bulletins d'information connaîtront un engouement important et les idées qui y sont véhiculées permettront aux Sourds de renforcer la légitimité de leur discours et de leurs revendications ¹⁹¹.

En parallèle des travaux scientifiques en SHS qui nourrissent un accroissement global de la littérature sur le sujet, les expositions et les prises de parole des sourds dans les médias audiovisuels se multiplient. Certaines émissions télévisées, telles que *Mes mains ont la parole* ou encore *L'œil et la Main*, apparaissent pour diffuser auprès du grand public des aspects de la vie des sourds, de leur histoire, de leurs actions culturelles et de la LSF ¹⁹². Terrains d'expérimentations phares des sourds dans leur entreprise de circulation de leurs idées : les arts, le théâtre puis la musique constitueront des éléments majeurs de leur altérité culturelle et permettront, en 1977, à l'un des acteurs les plus représentatifs du Réveil Sourd de voir le jour : International Visual Theatre (IVT) ¹⁹³.

2.2 Ouverture vers un paradigme épistémologique « mixte »

2.2.1 La narration victimaire dans la littérature scientifique

L'expérience de l'altérité vécue par les sourds à travers l'histoire a conduit à nourrir le contexte des bouleversements sociaux, culturels et linguistiques du Réveil Sourd, permettant à cette minorité d'abolir les interdits concernant l'éducation en LSF, de mettre en lumière les richesses de leurs pratiques culturelles, d'instaurer des débats autour des anciennes représentations déficitaires ou encore de renverser leur statut au sein de la société et du monde académique. Toutefois, nous avons vu que le paradigme culturel de la surdité, dont les enjeux s'étendent au-delà de la seule dimension linguistique, impliquait l'existence d'un rapport conflictuel entretenu avec le paradigme biomédical (cf. 1.3.7). Parallèlement au combat initial mené par les premiers acteurs du Réveil Sourd, visant à promouvoir le modèle d'une société inclusive fondée sur le bilinguisme et le biculturalisme, s'est développée l'idée d'un dualisme paradigmatique autour de la manière de représenter les surdités et les sourds. À l'instar des conflits plus anciens qui opposèrent les partisans du gestualisme à ceux de l'oralisme, le paradigme culturel de la surdité sert aujourd'hui de creuset à l'apparition de discours qui, opposés aux conceptions véhiculées par le paradigme biomédical, promeuvent une représentation du sourd basée sur une doctrine à la fois identitaire et différentialiste. Comme l'explique Charles Gaucher :

190. KERBOURC'H, *op. cit.*, p. 60-61.

191. *Ibid.*

192. BERTIN, *op. cit.*, p. 125.

193. Nous abordons les débuts historiques d'IVT plus loin au sein de cette thèse de doctorat (cf. 3.3.1).

Le monde entendant comme force d'oppression a donc été construit a posteriori par les relectures différentialistes contemporaines des militants-experts des milieux sourds. L'oppression historique contenue dans le symbole qu'est Milan justifie le développement d'un mode de revendications qui privilégie, à partir des années 1970, un communautarisme de plus en plus enclin au repli identitaire.¹⁹⁴

L'hostilité démontrée dans ces discours envers le modèle de la réhabilitation auditive puise donc ses fondements dans une écriture historique qui s'est développée en France principalement au XIX^e siècle, c'est-à-dire, comme nous l'avons vu, conjointement à la formation de la communauté sourde et de ses premières formes de militantisme (cf. 2.1.5). Or, à l'origine principalement orientée par des discours militants unificateurs puis source d'arguments différentialistes et identitaires au siècle suivant, la pensée sous-jacente de ces écrits historiques représente une problématique historiographique et épistémologique importante d'un point de vue scientifique du fait de son impact sur la posture des chercheurs se penchant sur l'histoire des sourds et au sein des *Deaf Studies* durant la seconde moitié du XX^e siècle.

Si la redécouverte des travaux publiés par les premiers militants sourds et l'influence du modèle américain ont contribué à l'émergence des mouvements Sourds des années soixante-dix, le manque de recul sur ces écrits a également eu un impact sur la posture des chercheurs, qui ont mis à distance l'objectivité scientifique en démontrant des formes d'engagement, voire de militantisme à l'égard de leur objet d'étude. Ce phénomène, plus connu aujourd'hui sous le nom de « crise de la narrativité »¹⁹⁵, a ainsi eu pour effet de renforcer la vision d'une « vision des vaincus »¹⁹⁶. Selon les mots de Mathilde Villechevrolle :

[...], cette narrativité victimaire de l'histoire des Sourds n'est pas seulement due à son ancrage théorique : elle est aussi très largement un héritage. Elle recycle et réactive en effet des schèmes interprétatifs nés au XIX^e siècle, au sein des controverses pédagogiques entre oralistes purs et partisans de la mimique. Ces débats houleux semblent former la matrice autour de laquelle se sont déployés, par la suite, tous les récits historiques sur les Sourds.¹⁹⁷

Cette représentation victimaire a donc principalement été construite autour de l'opposition au modèle biomédical et des faits historiques qui sont rattachés à son développement. Si cette vision reste toujours présente dans les discours de certains membres de la communauté sourde aujourd'hui, la participation des travaux scientifiques à

194. GAUCHER, « Les Fondements de l'identité sourde », p. 55.

195. VILLECHEVROLLE, Mathilde, « L'Histoire des Sourds est un sport de combat. Réflexions sur l'écriture de l'histoire des sourds depuis le XIX^e siècle », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 41-52.

196. CANTIN, Yann et ENCREVÉ, Florence, « La vision des "vaincus" : écrire l'histoire des sourds hier et aujourd'hui », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 29-40.

197. VILLECHEVROLLE, *op. cit.*

cette construction pose donc une problématique épistémologique importante qui fait l'objet de nombreuses études actuelles visant à identifier et à nuancer les éléments subjectifs dans ces récits.

Ainsi, l'introspection historiographique et épistémologique qui motive cette nouvelle approche a pour enjeu de rompre avec les injonctions induites par le clivage et la binéarité des modèles fournissant des représentations de la surdité et des sourds. Comme le soulignent Florence Encrevé et Yann Cantin : « le rejet total de la vision médicale de la surdité dans la recherche historique sourde est le fait d'une réaction militante et empêche de comprendre ces interactions »¹⁹⁸. De ce fait, dans cette nouvelle perspective, l'opposition des paradigmes biomédical et culturel de la surdité cède la place à l'élaboration d'un paradigme « mixte »¹⁹⁹. En proposant d'adopter une posture neutre et plus interactive, ce paradigme souligne l'importance de prendre à la fois en compte les enjeux chers aux *Disability Studies* et aux *Deaf Studies*²⁰⁰ sans pour autant exclure, par leur mise en concurrence systématique, les discours portés par le paradigme biomédical. Car, au-delà de la narrativité victimaire, l'opposition de ces deux paradigmes participent à forger, à travers certains discours essentialistes, des représentations qui limitent l'expérience de la surdité et les sourds à l'exploitation d'un sens privilégié ou à une modalité de communication spécifique.

2.2.2 Les conceptions réductionnistes de l'être sourd

L'idéologie victimaire du sourd dans les récits historiques n'est pas le seul argument permettant de légitimer l'opposition entre les paradigmes biomédical et culturel de la surdité. En amont de cette conception se trouve le rapport aux sens, à la sensorialité et aux normes qui, à travers les époques, font des surdités une expérience extraordinaire. Néanmoins, cette expérience est, face au dualisme des modèles de description, réduite à un panel de réalités binaire qui ne représente pas toute la complexité des surdités et met à l'écart un large spectre de situations qui ne correspondent pas parfaitement aux descriptions amenées par l'un ou l'autre de ces modèles.

Dans le cas du paradigme biomédical, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent (cf. 1), les surdités sont comprises comme un état particulier rencontré chez un individu porteur d'une d  fici  nce de la fonction auditive spécifiée au regard de critères audiométriques. Cet   tat se confronte d'une part à l'existence d'une norme biologique et anatomique définie comme normale, car partagée majoritairement au sein d'une société et dominante d'un point de vue clinique et épidémiologique. D'autre part,

198. CANTIN et ENCREVÉ, *op. cit.*

199. VILLECHEVROLLE, *op. cit.*

200. C'est-à-dire, selon l'autrice : « d'envisager l'altérité provoquée par la différence physique [ou sensorielle] et les inégalités qui en découlent non plus en termes biomédicaux, mais en termes sociaux ». Voir : *ibid.*

comme nous l'avons vu, la non-conformité de l'être sourd est une construction s'étendant au-delà de la simple dimension physiologique, en s'inscrivant plus largement dans des dimensions sociales, économiques, juridiques et communicationnelles (cf. 2.1.4).

Assurée par la réhabilitation auditive, cette mise en conformité de la personne sourde répond donc à deux normes en interaction : d'une part la compensation des pertes auditives visant à redonner à l'individu un seuil d'audition acceptable; d'autre part la rééducation orthophonique qui, modulant ce degré d'acceptabilité, doit permettre à l'individu d'acquérir les capacités nécessaires à la parole et à l'expression d'une langue vocale. L'ouïe est une modalité sensorielle considérée comme essentielle à l'expérience du monde, car nécessaire à la production de la parole, modalité de communication privilégiée dans les interactions sociales. Immanentes à ces normes, l'audiocentrisme et le phonocentrisme sont donc des formes d'essentialisme construites autour d'un rapport étroit avec la sensorialité. Le sourd est, dans ce rapport, réduit à son incapacité à entendre et à communiquer vocalement, faisant de ces essentialismes des réductionnismes basés sur des normes sensorielles et communicationnelles.

À l'opposé, le paradigme culturel de la surdité fait de cette dernière une différence et un marqueur identitaire bâti autour du sentiment d'appartenance ethnique à une communauté minoritaire d'individus, de l'utilisation partagée d'un système de communication visuogestuel et d'une langue spécifique, ainsi que de l'exploitation d'un sens privilégié autre que l'ouïe dans l'expérience mondaine (vue). Or, si la première de ces dimensions est spécifique au milieu sourd, aboutissant à la distinction surdiste, minoritaire et unilatérale entre monde « sourd » et monde « entendant », les autres dimensions obéissent à des normes qui s'ancrent dans une logique comparable à celle du paradigme biomédical : décrire la surdité comme une expérience unidimensionnelle et unimodale. Selon Charles Gaucher, l'unidimensionnalité du paradigme culturel : « s'exprime dans un déplacement symbolique de l'incapacité d'entendre vers une hypertrophie du sens de la vue »²⁰¹. Le sourd n'est plus représenté dans une société audiocentrée selon son incapacité à entendre et son écart par rapport à la norme dominante, mais par sa « nature »²⁰² à percevoir le monde visuellement et à construire son identité et sa culture par l'intermédiaire de ce qu'il voit.

Plusieurs formulations basées sur cette conception ont ainsi été réintroduites ou sont apparues dans le cadre des *Deaf Studies*, décrivant parfois les sourds, sur le plan

201. GAUCHER, Charles, « Le corps sourd face aux réductionnismes », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 93-104.

202. *Ibid.*

ontologique, comme des « êtres visuels »²⁰³ ou un « peuple de l'œil »²⁰⁴. De plus, cette représentation pragmatique reste aujourd'hui très souvent véhiculée par les structures et les institutions liées à la culture sourde ou aux sourds, qui affichent couramment dans leur nom ou à travers leur iconographie un champ lexical renvoyant au sens de la vue²⁰⁵.

Ainsi, l'« oculocentrisme »²⁰⁶ est une conception réductionniste qui, chez les sourds, émerge d'une transformation de la norme audiocentrique dominante tout en conservant l'idée d'un rapport au monde ancré dans l'unimodalité et l'exploitation d'un sens idéalisé. Cependant, si l'audiocentrisme et le phonocentrisme sont des réductionnismes qui se justifient mutuellement par leur relation à l'autre dans le paradigme biomédical, un tel couplage peut également être souligné au sein du paradigme culturel de la surdité entre l'oculocentrisme et un réductionnisme communicationnel, voire linguistique, fondé sur l'emploi privilégié des LS et sur une conception naturaliste de ces dernières en tant que « langue naturelle des Sourds »²⁰⁷.

Dans ce cadre, à l'instar des langues vocales et de la parole dans le paradigme biomédical, l'utilisation des LS devient une condition *sine qua non* de l'identité sourde qui révèle « l'authenticité »²⁰⁸ du sourd, être qui ne peut être compris dans ce cadre que comme biologiquement « porteur »²⁰⁹ d'une langue naturalisée. Toujours selon Charles Gaucher : « une distinction interne, intrinsèque aux dynamiques identitaires renvoyant à la figure du Sourd, s'est donc imposée. Non pas entre les différents niveaux de surdité [...], mais entre les différents types de corps sourds en relation avec la langue des signes »²¹⁰.

Les « demi-sourds », « sourds oralistes » ou encore « devenus-sourds » sont différentes dénominations venues, dans le sillage du paradigme culturel, progressivement augmenter la terminologie audiométrique et la dyade surdiste sourd-entendant. Ces dénominations excluent ainsi des individus qui ne correspondent pas totalement aux

203. Traduction courante de l'expression « *visual being* ». Voir : LANE, Harlan, HOFFMEISTER, Robert et BAHAN, Ben, *A Journey Into the Deaf-World*, San Diego : DawnSignPress, 1996.

204. Traduction courante de l'expression « *people of the eye* » introduite par George Verditz qui, alors président de la National Association of the Deaf, déclara, lors d'une communication datant de 1910, que les sourds « [...] are first, last, and of all time the people of the eye ». Citée dans : PADDEN, Carol et HUMPHRIES, Tom, *Inside Deaf Culture*, Cambridge : Harvard University Press, 2005.

205. Parmi la myriade d'exemples existants ou ayant existé depuis le Réveil Sourd, nous pouvons citer : IVT ; la revue *Coup d'œil* ; les émissions télévisuelles *Mes mains ont la parole*, *L'Œil et la main* ou encore *Fais-moi signe* ; ainsi que le festival *Clin d'œil* de Reims.

206. JAY, Martin, « The rise of hermeneutics and the crisis of ocularcentrism », in : *Poetics Today* 9.2, 1988, p. 307-326.

207. GAUCHER, *op. cit.*

208. *Ibid.*

209. *Idem*, « Les sourds comme figures de tensions identitaires ».

210. *Ibid.*

normes définies dans l'un ou l'autre des deux paradigmes²¹¹. Dans cette perspective, les « faux » sourds représentent ainsi une catégorie hétérogène de populations et de réalités qui, située entre les deux paradigmes, laisse entrevoir les limites de ceux-ci à décrire ontologiquement et sans stigmatisation qui sont les personnes sourdes et ce que sont les surdités d'un point de vue holistique.

Face à ce constat, l'idée d'un paradigme mixte pour décrire l'ensemble du spectre des réalités et des expériences que peuvent induire les surdités semble alors se présenter comme une perspective pertinente pour désamorcer ces conceptions réductionnistes et les discriminations qui en résultent. Dans le prochain chapitre, nous allons voir dans quelle mesure ces discours réductionnistes se retrouvent à travers certaines pratiques musicales sourdes, voire, plus globalement, à travers nos conceptions ontologiques courantes de la musique.

211. *Ibid.*

CHAPITRE 3

Des sourds et de la musique : accessibilité, formes d'expression et pratiques musicales sourdes

Sommaire du présent chapitre

3.1 Accès à la musique	116
3.1.1 Origines, définitions, enjeux et évolutions de l'accessibilité culturelle en France	116
3.1.2 Dispositions relatives à l'accès des sourds à la musique . .	121
3.2 L'expérience musicale sourde	126
3.2.1 Le dépassement du paradoxe	126
3.2.2 Au-delà de l'audible	128
3.3 Du musical au « vusical » : formes d'expression et pratiques musi- cales sourdes	130
3.3.1 Le chansigne	130
3.3.2 Autres exemples de forme d'expression et de pratiques musi- cales sourdes	156
3.4 De l'audio- à l'oculocentrisme : dépasser les conceptions réduc- tionnistes de la musique	163

3.1 Accès à la musique

3.1.1 Origines, définitions, enjeux et évolutions de l'accessibilité culturelle en France

Du spectacle vivant, à l'audiovisuel et à la musique, l'intérêt pour les acteurs du secteur culturel de proposer des initiatives et de mettre en œuvre des projets autour de l'accessibilité des publics sourds et malentendants à l'expérience artistique et à la vie culturelle semble connaître une franche accélération ces dernières années. En ce qui concerne le secteur de la musique, la globalité de l'offre promouvant une expérience musicale accessible à tous, comprenons ici aux sourds comme aux non sourds, s'étend aujourd'hui bien au-delà de celle proposée par les artistes et activistes sourds historiques de la fin des années soixante-dix. Plusieurs festivals, salles de concert, opéras et autres associations culturelles forment des instances de diffusion de la musique pour lesquelles l'accessibilité à ces publics revêt un enjeu important. En témoignent les nombreuses mutations perceptibles en termes de prestations et pratiques revendiquées par ces structures autour de l'usage de technologies, de dispositifs, de services à la personne ou de signalétiques spécifiques, toutes destinées à remplir cette fonction.

La notion d'accessibilité apparaît en France au cours du siècle dernier afin de répondre à des besoins relativement plus restreints à l'aune de l'ensemble de ceux pouvant être soulignés à l'heure actuelle. Toujours en vigueur à la suite de la Seconde Guerre mondiale, le modèle social de la réadaptation met en lumière les difficultés que connaissent les « infirmes » à évoluer au sein de la société. Dans un premier temps, deux secteurs, le logement puis le transport sont particulièrement visés par les politiques mises en place par les pouvoirs publics au regard des nombreuses problématiques liées au manque d'adaptation qu'ils imposent. Ainsi, le principe, ou processus « d'accessibilisation »¹ de l'environnement, qui intègre la loi « d'orientation en faveur des personnes handicapées » de 1975, préfigure la définition de la composante environnementale dans le modèle interactionniste du handicap à venir². Néanmoins, si la loi de 1975 dessine les contours d'un cadre légal de l'accessibilité en des termes généraux, cette notion n'y est pas explicitement définie³.

De plus, dans le sillage des réflexions conduites à l'origine sur le processus d'accessibilisation, les dispositions décrites dans ce cadre concernent principalement

1. SANCHEZ, Jésus, « Rendre accessible », in : POIZAT, Denis et GARDOU, Charles, *Désinsulariser le handicap*, Connaissances de la diversité, Paris : Érès, 2007, p. 191-197.

2. LEMOINE, Charlotte, « Le concept de responsabilité : l'accessibilité comme moyen, la participation comme fin », in : *Alter* 12, 2018, p. 166-179.

3. Notons que le terme existait pourtant dans le dictionnaire de l'Académie française depuis 1932, sans toutefois avoir un quelconque lien avec le concept plus tardif de handicap. Voir : *ibid.*

l'aménagement architectural, des logements et des locaux destinés à recevoir du public, notamment les établissements scolaires⁴. Ainsi, cette loi circonscrit l'accessibilité, d'une part, à certains secteurs spécifiques, tels que l'emploi ou l'éducation, en négligeant d'autres secteurs, dont fait partie l'accessibilité culturelle⁵. D'autre part, les mesures prises en conséquence décrivent une considération de la personne « handicapée » qui se concentre principalement sur l'altérité physique⁶.

Trente-cinq ans plus tard, dans l'élan du développement du modèle interactionniste du handicap au sein des milieux académiques et intellectuels et des résolutions internationales visant à promouvoir auprès des politiques sociales des différentes nations un cadre de compréhension et d'organisation en matière de handicap⁷, l'accessibilité renforce son statut de principe fondamental d'égalité des droits et des chances en France⁸, en s'inscrivant à travers la loi de 2005. En élargissant la définition du handicap et, dans le même sillage, le spectre de l'accessibilité aux autres formes d'altérité⁹, la loi de 2005 comble ainsi certains défauts de la loi-cadre précédente. En revanche, à l'instar de la loi de 1975, la loi de 2005 ne donne pas de définition précise pour l'accessibilité, privilégiant la description de « ce qui est attendu mais sans indiquer la méthode »¹⁰. Ainsi, l'objectif initial de cette loi, la pleine participation des personnes en situation de handicap, s'articule en pratique par l'obligation de la mise en œuvre de normes techniques auprès des structures et des organismes chargés de recevoir ce public¹¹.

4. Selon l'Article 49 de cette loi : « les dispositions architecturales et aménagements des locaux d'habitation et des installations ouvertes au public, [...], doivent être tels que ces locaux et installations soient accessibles aux personnes handicapées ». Textes disponibles sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/>.

5. HÉNAULT-TESSIER, Mélanie, CHRISTOPHE, Thibault et NEGREL, Nathalie, « Sourds et malentendants comme publics de la musique. Le statut ambigu des technologies numériques dans une démarche d'accessibilité », in : *Tic & société* 12.2, déc. 2018, p. 75-102, URL : <http://journals.openedition.org/ticetsociete/2877>.

6. Ces mesures « normalisatrices » seront données quelques années plus tard par le décret n° 78-109 du 1^{er} février 1978, mais ne concernent essentiellement que « les personnes à mobilité réduite et notamment en fauteuil roulant ». Voir : LEMOINE, *op. cit.*

7. À travers l'Article 9 de la Déclaration des droits des personnes handicapées, adoptée le 9 décembre 1975, l'Organisation des Nations Unies (ONU) introduisait la participation « [...] à toutes activités sociales, créatives ou récréatives » en tant que droit chez la personne handicapée. Dans le prolongement de cette déclaration, le droit à la participation culturelle sera, quant à lui, l'objet de l'Article 30 de la Convention relative aux droits des personnes handicapées, adoptée par l'Assemblée générale de l'ONU le 13 décembre 2006.

8. Rappelons que « [...] l'égal accès de l'enfant et de l'adulte à l'instruction, à la formation professionnelle et à la culture » est l'un des principes figurant dans le Préambule de la Constitution du 27 octobre 1946. Texte disponible sur : <https://www.conseil-constitutionnel.fr/>.

9. Définition que nous avons rappelée précédemment dans cette thèse de doctorat (cf. 1.2).

10. LEMOINE, *op. cit.*

11. Plus communément désignés « Établissements Recevant du Public (ERP) » et pouvant aussi inclure les Installations Ouvertes au Public (IOP). Il existe en France différentes catégories d'ERP,

Dans ce cadre, l'accessibilité « à tout pour tous » doit être comprise comme un moyen visant à répondre aux besoins fixés par cet objectif¹². Il faudra attendre 2006 pour que la Délégation Interministérielle aux Personnes Handicapées (DIPH)¹³ se charge d'élaborer une définition formelle de l'accessibilité commune à l'ensemble des ministères et « qui couvre, autant que possible, les attentes et les besoins des personnes handicapées en termes d'accessibilité »¹⁴. Selon cette définition : « l'accessibilité permet l'autonomie et la participation des personnes ayant un handicap, en réduisant, voire supprimant, les discordances entre les capacités, les besoins et les souhaits d'une part, et les différentes composantes physiques, organisationnelles et culturelles de leur environnement d'autre part »¹⁵. De l'égalité des droits et des chances à la pleine participation des personnes en situation de handicap, les objectifs visés par la loi de 2005, auxquels l'accessibilité doit pouvoir répondre, sont explicitement rappelés dans cette définition.

Concernant la culture en particulier, le rapport d'information « Culture et handicap », remis au Sénat en 2017, souligne que la loi de 2005 « ne mentionne pas expressément l'accès à la culture [...] »¹⁶. Bien que cet aspect soit abordé par les textes internationaux sur lesquels s'appuie largement cette loi, cette absence expliquerait, selon ce même rapport, que « l'intérêt ou le bien-fondé de l'accès à la culture puisse être perçu comme mineur et, de ce fait, négligé »¹⁷. Ainsi, à l'instar de la loi de 1975, la loi de 2005, malgré les avancées juridiques, économiques et sociales qu'elle apporte, traduit également le retard accumulé en France en ce qui concerne l'accessibilité sur le plan culturel.

Dans le sillage des travaux menés par la DIPH, le premier Guide pratique de l'accessibilité, dans lequel est présenté un ensemble de dispositions visant à favoriser le rapprochement entre culture et handicap, ne voit le jour qu'en 2007, soit deux ans

établies en fonction de leur capacité d'accueil (catégories 1 à 5), et différents types, définis en fonction de la nature de leur exploitation (symbolisés par une ou plusieurs lettres). Les structures de diffusion de la musique, telles que les salles de concert ou les opéras, correspondent généralement à des ERP de type « L ». Voir : <https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/F32351>, (visité le 12-10-2022).

12. STIKER, Henri-Jacques, *La Condition handicapée*, Handicap, Vieillesse, Société, Fontaine : Presses Universitaires de Grenoble (PUG), 2017, p. 188.

13. Remplacée depuis 2009 par le Comité Interministériel du Handicap.

14. GOHET, Patrick, *Définition de l'accessibilité. Une démarche interministérielle*, Délégation Interministérielle aux Personnes Handicapées, 2006.

15. *Ibid.*

16. Les autrices soulignent qu'« il en va de même pour la Stratégie européenne 2010-2020 en faveur des personnes handicapées, [...] ». Voir : » DURANTON, Nicole et GONTHIER-MAURIN, Brigitte, « Culture et handicap : une exigence démocratique », in : *Rapport d'information du Sénat* 648, 2017, p. 16.

17. *Ibid.*

après la loi ¹⁸. Plus récemment, le Guide pratique « Pour un enseignement artistique accessible », publié par le ministère de la Culture en 2020, précise que « l'accès à la culture pour tous » demeure un objectif actuel, contribuant « à la dynamique citoyenne d'inclusion et de cohésion sociale initiée par les États membres de l'ONU » ¹⁹. Des précisions supplémentaires sont apportées face aux enjeux de l'accessibilité qui sont, sur la base de la définition originelle, une nouvelle fois reformulés. L'accessibilité vise désormais « l'accès, sans aucune restriction, à tous lieux, services, produits et activités de la cité des personnes handicapées, dans des conditions d'autonomie et de sécurité maximales grâce à la mise en œuvre d'un environnement adapté » ²⁰.

De nos jours, l'accessibilité culturelle concerne donc l'accès :

- au « cadre bâti », c'est-à-dire « aux différents espaces du bâtiment, depuis ses abords jusqu'aux salles d'activités et de diffusion artistique [...] » ²¹ ;
- à l'information (volet intégrant notamment la communication) ;
- aux œuvres présentées (offre culturelle) et aux actions de médiation « favorisant la compréhension de celles-ci [...] » ²² ;
- aux pratiques et aux enseignements artistiques en tant qu'acteur.

Or, bien que des progrès aient été réalisés depuis les dernières décennies ²³, la question de l'accès à la culture des personnes en situation de handicap « est, en règle générale, principalement abordée sous le prisme de l'accessibilité physique des lieux de culture ou de l'accessibilité des contenus culturels » ²⁴. De ce fait, la participation des personnes en situation de handicap en tant que créateurs, relevant d'un droit culturel pourtant pleinement inscrit dans la politique culturelle de notre temps et à travers la Déclaration de Fribourg ²⁵, reste marginale. En conséquence, les personnes en situation de handicap « ont intégré l'idée que les offres culturelles accessibles ou adaptées sont rares, exceptionnelles » ²⁶ et leurs expériences des pratiques culturelles

18. SALMET, Ariane, *Guide pratique de l'accessibilité*, Culture et Handicap, Paris : Ministère de la Culture et de la Communication, 2007.

19. MERCIER, *op. cit.*

20. *Ibid.*

21. *Ibid.*

22. *Ibid.*

23. VIALLEFOND, Magalie *et al.*, « L'accès des personnes handicapées aux pratiques musicales : vers la mise en réseau des professionnels », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 4.48, 2009, p. 291-300.

24. DURANTON et GONTHIER-MAURIN, *op. cit.*

25. La Déclaration de Fribourg « sur les droits culturels » promeut « la protection de la diversité et des droits culturels au sein du système des droits de l'homme ». Voir : MERCIER, *op. cit.*

26. SOPHYS-VÉRET, Sandrine, « L'accessibilité à la culture comme vecteur d'un renouvellement des pratiques institutionnelles », in : ZAFFRAN, Joël, *Accessibilité et handicap. Anciennes pratiques, nouvel enjeu*, Handicap, vieillissement, société, Fontaine : Presses Universitaires de Grenoble (PUG), 2015, p. 91-106.

sont vécues « comme des processus de cloisonnement spatial et temporel qui les marginalisent et les excluent des autres usagers »²⁷.

Ainsi, comme l'explique Éric Plaisance²⁸ : « les phénomènes de discrimination dans l'accès à la culture sont encore fréquemment soulignés. L'accès des personnes handicapées dans les lieux culturels destinés à tous reste encore problématique en bien des cas [...] et leur participation à des lieux dédiés à la création est encore plus rare »²⁹. Ce constat d'échec face aux ambitions initiales est partagé au niveau institutionnel, le rapport d'information de 2017 soulignant que « l'accès des personnes en situation de handicap à la culture, en particulier à la pratique culturelle, n'est pas aujourd'hui pleinement assuré »³⁰ et que « des efforts considérables restent à faire »³¹. Les manquements pointés par ce rapport sont multiples : lisibilité de l'action publique, moyens humains et matériels, données sur les initiatives existantes et visibilité de celles-ci « sont autant de causes auxquelles il faut sans délai s'attaquer pour permettre aux personnes en situation de handicap de devenir enfin des acteurs de la culture à part entière »³². Au-delà de ces aspects, la méconnaissance des spécificités individuelles et collectives de ces personnes en tant que champ de savoir souvent ignoré constitue un obstacle supplémentaire qui remet en question l'efficacité du principe d'accessibilité au regard des objectifs poursuivis depuis 1975.

Malgré les tentatives pour définir l'accessibilité en des termes plus explicites, la situation actuelle suggère qu'« après 40 ans de mise en œuvre de l'accessibilité avec des normes, il convient de prendre acte que cette méthode est insuffisante pour assurer la pleine participation et de proposer une autre manière de considérer le problème »³³. D'après Charlotte Lemoine³⁴, ce manque de clarté autour de la définition de l'accessibilité a conduit, dans de nombreuses situations où elle doit être concrétisée, à la perte de vue de l'objectif initial pour lequel, en tant que moyen, cette dernière est censée œuvrer *in fine*. Dans cette perspective, la « finalité »³⁵ de l'accessibilité se résume alors à la simple mise en œuvre de ces normes techniques³⁶, devenant un

27. *Ibid.*

28. Sociologue et professeur émérite en Sciences de l'éducation à l'Université de Paris.

29. PLAISANCE, Éric, « Culture et handicap. Les enjeux de l'accessibilité à la culture », in : ZAFFRAN, Joël, *Accessibilité et handicap. Anciennes pratiques, nouvel enjeu*, Handicap, vieillissement, société, Fontaine : Presses Universitaires de Grenoble (PUG), 2015, p. 71-89.

30. DURANTON et GONTHIER-MAURIN, *op. cit.*

31. *Ibid.*

32. *Ibid.*

33. LEMOINE, *op. cit.*

34. Pilote Régional Autisme au Centre Ressources Autisme Normandie Seine-Eure (CRANSE).

35. LEMOINE, *op. cit.*

36. Ces normes sont notamment visibles dans le Guide pratique « Accessibilité et spectacle vivant », publié en 2009 par le ministère de la Culture et de la Communication. Voir : MINOT, Anne, *Accessibilité et spectacle vivant. Guide pratique*, Culture et Handicap, Paris : Ministère de la Culture et de la Communication, 2009.

processus linéaire qui n'implique pas d'évaluer les transformations qu'elle impose au regard de sa fonction initiale. L'autrice propose ainsi d'introduire le concept de « responsivité » afin de « dissocier clairement le but (responsivité) des moyens (accessibilité) »³⁷. Si l'accessibilité comme moyen revient à évoquer « l'ensemble des moyens pour permettre l'accès »³⁸, la responsivité se mesure, quant à elle, à la capacité d'un environnement « à répondre à la demande humaine »³⁹. En d'autres termes, la responsivité a l'avantage de situer la pleine participation des personnes en situation de handicap à partir de l'évaluation de l'environnement dans lequel cette participation est censée prendre forme et non des moyens mis en œuvre pour y aboutir⁴⁰.

À l'image de la composante environnementale du modèle interactionniste du handicap, la responsivité permet ainsi de « nommer et donc d'identifier toutes les situations où l'environnement ne permet pas la pleine participation y compris quand les installations sont dites accessibles (aux normes) par les organisations de contrôle »⁴¹. La mise en œuvre d'un environnement responsif pourrait donc permettre, d'une part, de mieux connaître les attentes des publics auxquels le principe d'accessibilité ne peut aujourd'hui garantir une pleine participation. D'autre part, en prenant équitablement en compte les spécificités individuelles à l'aune des « réponses excluantes »⁴² pouvant être induites par un environnement, ce principe pourrait permettre de proposer des expériences inclusives destinées à être générées et partagées par tous, sans distinctions, discriminations ou stigmatisations particulières, liées par exemple aux altérations décrites dans la définition du handicap.

3.1.2 Dispositions relatives à l'accès des sourds à la musique

Dans le sillage de son développement historique, la question de l'accessibilité des sourds à la musique ne peut être détachée des travaux et réflexions menés autour du développement du concept de handicap et de ses conséquences en termes de remaniements sociaux, juridiques et politiques prenant forme au cours de la seconde moitié du XX^e siècle. De ce fait, face aux enjeux de réalisation des droits culturels, d'exercice de la citoyenneté et d'égalité dans l'accès, une conception largement partagée dans notre société fait de la participation des sourds à la musique et des expériences de la

37. LEMOINE, *op. cit.*

38. *Ibid.*

39. *Ibid.*

40. Ce sur quoi se concentre, par exemple, la « Mesure de la qualité de l'environnement » proposée par l'anthropologue québécois Patrick Fougeyrollas. Voir : FOUGEYROLLAS, Patrick, *La funambule, le fil et la toile. Transformations réciproques du sens du handicap*, Société, cultures et santé, Québec : Presses de l'Université Laval, 2010, p. 189.

41. LEMOINE, *op. cit.*

42. *Ibid.*

musique qui en résultent des aspects à comprendre nécessairement sous l'angle du handicap.

Pourtant, malgré les apports de la loi de 2005, l'importance conférée à l'accessibilité physique des ERP dans les textes de loi fait que la surdité a été, en tant que handicap auditif « très peu pris en compte auparavant »⁴³. Là encore, la France accuse un retard sensible vis-à-vis des textes de recommandations internationaux. À l'issue de sa quarante-troisième session de novembre 2009, le Comité des droits économiques, sociaux et culturels de l'ONU publie une « Observation générale » portant sur le droit de chacun de participer à la vie culturelle⁴⁴. L'accès des personnes handicapées à la culture y est donc inscrit comme l'un des principaux points abordés. Dans le but de faciliter l'accès de ces individus à la vie culturelle, l'une des observations recommande ainsi que « les États parties devraient notamment reconnaître le droit de ces personnes [...] d'obtenir la reconnaissance de leur identité culturelle et linguistique spécifique, y compris les langues des signes et la culture des sourds [...] »⁴⁵. Bien que les sourds ne soient pas ici totalement détachés du handicap, permettre leur accès à la « musique et la chanson »⁴⁶ représente, à l'instar du mode de vie, de la langue ou encore des coutumes et des traditions, un droit fondamental. Au-delà de la participation à la vie de la cité, les enjeux visent ici la reconnaissance de la culture sourde et de leurs expressions culturelles en tant qu'acteurs à part entière. Si la reconnaissance de la LSF est inscrite dans la loi de 2005, cette dernière ne fait, en revanche, pas mention de la « culture des sourds », ceux-ci restant principalement perçus et décrits à travers le prisme du handicap, notamment en tant que personnes déficientes auditives⁴⁷.

Les dispositions liées à l'accessibilité culturelle, en tant que moyen mis en œuvre pour assurer la pleine participation des personnes sourdes aux spectacles vivants en France, sont décrites à travers les différents guides ministériels. Les consignes et normes qui y sont présentées s'adressent principalement aux ERP et suivent les différents items de l'accessibilité (cf. 3.1.1). Concernant le cadre bâti et l'accès à l'information, ces dispositions peuvent prendre de multiples formes au regard des situations individuelles et des degrés audiométriques variés qu'impliquent les surdités. De manière générale, les solutions envisagées visent à répondre à trois traits principaux pouvant être rencontrés chez une personne sourde : la langue ou le mode de communication principal qu'elle utilise pour communiquer (français oral, LSF, LFPC

43. *Ibid.*

44. Cet aspect constituant un article à part entière du « Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels », adopté par l'Assemblée générale des Nations Unies le 16 décembre 1966 et dont la surveillance de sa mise en application est la mission principale de ce comité.

45. NATIONS UNIES, *Observation générale No.21 : Droit de chacun de participer à la vie culturelle (Article 15, paragraphe 1.a)*, Comité des droits économiques, sociaux et culturels, 2009, p. 9.

46. *Ibid.*, p. 4.

47. Par exemple, cette dénomination est employée dans l'Article 78. Textes disponibles sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/>.

ou/et labiolecture), son niveau de langue (lecture du français écrit, français oral ou en LSF), ainsi que le port ou non d'un appareillage audioprothétique (prothèse auditive analogique ou numérique exclusivement).

Ainsi, les transformations recommandées pour le cadre bâti vont de la qualité et du type d'éclairage⁴⁸ jusqu'à la mise en place de dispositifs de sécurité spécifiques⁴⁹. De nombreuses dispositions relatives au cadre bâti permettent également de répondre aux besoins d'accès à l'information ou d'accès à l'offre culturelle. Par exemple, la mise en place de boucles magnétiques⁵⁰ peut être effectuée aux points stratégiques d'accueil du public⁵¹ tout comme être intégrée directement au sein de la salle de spectacle. Il en va de même pour d'autres dispositifs techniques tels que les picto-

48. Par exemple, les éclairages au néon sont déconseillés dans les endroits sonorisés, car pouvant interférer avec les prothèses auditives et perturber l'écoute des personnes appareillées. De plus, un niveau d'éclairage spécifique de 300 lx est attendu afin de faciliter la labiolecture. Voir : SALMET, *op. cit.*, p. 27.

49. « La mise en place d'alarmes visuelles est indispensable pour garantir la sécurité des visiteurs sourds, [...] ». Voir : *ibid.*, p. 167.

50. La boucle magnétique, ou Boucle à Induction Magnétique (BIM), est un « dispositif de sonorisation où la conduction du son se fait non par voie aérienne et haut-parleurs mais par induction magnétique » *via* un champ magnétique provenant d'un conducteur électrique entourant l'espace à sonoriser ou placé dans un système portatif individuel (collier, casque ou crochet magnétique, audio-guide ou téléphone par exemple), et relié, par un système d'amplification particulier (dit « de boucle »), à la sonorisation de la salle. Ce champ magnétique peut être capté « par les bobines à induction (réceptrices) contenues dans les appareils auditifs disposant d'un commutateur avec la position T (téléphone) [en vérité de l'anglais *telecoil*] ou d'un programme T, puis [...] retransformé en son ». De ce fait, la boucle magnétique s'adresse ainsi, de manière spécifique, aux personnes porteuses d'une prothèse auditive, numérique ou analogique, ou d'un implant disposant d'une bobine à induction T activée préalablement par un audioprothésiste et symbolisée par la position T ou MT. Notons que, de nos jours, la norme Bluetooth peut également être utilisée pour transmettre des informations aux appareils auditifs numériques *via*, par exemple, des applications smartphones, bien que cette solution soit peu utilisée au regard des limites techniques qu'elle implique. Voir : *ibid.*, p. 132.

51. Rendue obligatoire à l'accueil des ERP de 1^{er} et 2^e catégories depuis l'Arrêté du 8 décembre 2014, obligation étendue aux catégories 3 et 4 depuis l'Arrêté du 20 avril 2017.

grammes, le surtitrage⁵², le visioguide⁵³, le système RISP⁵⁴, l'interprétariat⁵⁵, ou encore la visio-interprétation⁵⁶. En raison du contexte technologique dans lequel ces différents guides ont été rédigés, certaines dispositions mentionnées, telles que l'utilisation du fax ou du Minitel⁵⁷ comme technologies d'accès à l'information et de communication, peuvent apparaître obsolètes aujourd'hui⁵⁸.

Au-delà des différents dispositifs techniques pouvant être utilisés, une sensibilisation au handicap auditif et l'adoption d'un mode de communication « adapté »

52. En situation scénique, le surtitrage peut être réalisé à l'aide d'un écran situé au-dessus de la scène, par projection en arrière-plan de celle-ci, ou/et directement sur des écrans individuels (sur tablette numérique ou lunettes connectées par exemple). Il permet la visualisation de la parole en temps réel, généralement dans la langue écrite de son choix, mais également une description écrite des effets sonores ou des décors.

53. Le visioguide désigne généralement « un appareil numérique portable qui diffuse des séquences vidéo de commentaires d'expositions interprétés en langue des signes et accompagnés d'un sous-titrage ». Initialement utilisé par l'intermédiaire d'appareils dédiés, le visioguide tend davantage à se présenter aujourd'hui sous forme d'applications téléchargeables et pouvant être installées directement sur smartphone ou sur tablette numérique. Voir : SALMET, *op. cit.*

54. Le système RISP, pour « Retransmission Intégrale et Simultanée de la Parole », est un outil de transcription de la parole à l'écrit *via* sous-titrage réalisé en temps réel par vélotypie. À l'instar du surtitrage, ce système s'adresse principalement aux personnes sourdes et malentendantes maîtrisant la lecture de la langue écrite.

55. Dans le cas des sourds, l'interprétariat concerne bien souvent la restitution d'un discours exprimé en langue vocale vers une LS (y compris Tactile) et inversement. Ce service est généralement assuré par des interprètes professionnels ayant suivi une formation qualifiante, telle qu'un cursus universitaire spécialisé, et obtenu un diplôme reconnu par l'État (Master interprétariat LSF). Dans le cadre de leur exercice, ces interprètes sont tenus au secret professionnel (Articles 226-13 et 226-14 du Code Pénal) et soumis à un code déontologique garantissant la fidélité de restitution du discours et la neutralité de l'échange. À noter également que plusieurs interprètes peuvent parfois exercer simultanément, en particulier à travers la technique du « *feeding* » sollicitant l'action commune d'un interprète entendant et d'un interprète sourd. Il convient de mentionner que l'interprétariat doit être différencié en tout point de la traduction (restitution d'un texte ou des paroles contenues dans une vidéo dans une autre langue) ou de l'intermédiation (service de médiation assurant la fidélité du dialogue en complément d'un interprète en LS lorsque ce dernier ne peut pleinement assurer ce rôle, notamment dans le cas où l'utilisateur sourd ne maîtrise pas totalement la LS dans laquelle il s'exprime). Ces deux services ne sont, en revanche peu, voire pas mentionnés dans les guides ministériels. La traduction en LS apparaît brièvement dans le guide de 2009, mais n'est, en revanche, pas clairement distinguée de l'interprétation. Voir : MINOT, *op. cit.*, p. 48.

56. La visio-interprétation est un service d'interprétation distant effectué par le biais de la visioconférence. Voir : SALMET, *op. cit.*

57. Bien que ces deux technologies aient eu un impact remarquable sur le développement de la communauté sourde en France durant les années quatre-vingts et quatre-vingt-dix. Voir : CANTIN, Yann, « Le Minitel et son impact sur la communauté sourde française », in : *La Noétomalalie Historique [En ligne]*, 2012, URL : <https://noetomalalie.hypotheses.org/87>.

58. À l'aune de la démocratisation massive d'Internet, le Minitel n'est de nos jours plus utilisable en tant que canal d'accès à l'information et de communication depuis l'arrêt de fonctionnement du réseau Télétel en 2012.

sont aussi recommandées auprès du personnel en charge de l'accueil du public⁵⁹. Cependant, les consignes pourvues dans le but d'adapter ce mode de communication restent vagues, dénuées de toutes explications relatives aux différents surdités et d'individu auxquels elles peuvent convenir, et semblent globalement indiquées pour répondre à une expérience de la surdité pensée comme homogène. De plus, bien que la « pluralité des publics en situation de handicap auditif » soit fréquemment soulignée à travers ces guides, de nombreux passages décrivent pourtant des réalités généralisées ou basées sur des postulats pouvant être aisément réfutés⁶⁰.

Enfin, un dernier volet de recommandations encourage les structures culturelles à intégrer des spectacles « naturellement accessibles »⁶¹ dans leur programmation. Cependant, ce type d'accessibilité n'est pas concrètement défini. Le guide de 2009 se contentant par exemple d'énoncer sans justifications quelques pratiques artistiques « non spécifiques » pouvant convenir « à telle ou telle personne en situation de handicap »⁶². En ce qui concerne les personnes sourdes et malentendantes, sont ainsi recommandés les spectacles : « sans apports musicaux essentiels ou accompagnés d'une musique à forte intensité sonore [...] », ou encore les spectacles intégrant la LSF⁶³. Néanmoins, là encore, le guide manque de précision et de discernement en ce qui concerne la pluralité des situations et des réalités individuelles qu'engendrent les surdités. Les spectacles en LS sont notamment décrits comme « accessibles aux spectateurs en situation de handicap auditif mais aussi au tout public » avec, toutefois, une mise en garde indiquant que ces spectacles « peuvent être peu compréhensibles pour des personnes qui ne la connaissent pas »⁶⁴.

La bipolarité de ce discours révèle ainsi plusieurs faiblesses. D'une part, toutes les personnes en situation de handicap auditif ne maîtrisent pas nécessairement la LSF et sont donc, à l'instar du tout public, également concernées par cette mise en garde. Par exemple, bien qu'existant et largement étoffé à travers ces guides, aucun dispositif technique, tel que le sur-titrage, n'est ici recommandé pour pallier l'éventualité où la LSF pourrait représenter un obstacle linguistique pour des individus. De plus, il n'est pas mentionné qu'un spectacle en LS peut induire une situation de handicap pour

59. SALMET, *op. cit.*, p. 41.

60. Tels que : « la langue des signes permet aux personnes atteintes de surdité sévère de communiquer sans effort ». D'une part, la pertinence de l'emploi des LS chez les sourds ne se limite pas à une catégorie audiométrique spécifique. D'autre part, l'évaluation de l'effort fourni par les individus maîtrisant une LS, maîtrise loin d'être générale chez tous les sourds, ne présente pas de preuves et de méthodes permettant d'aboutir à un tel constat. De plus, ce postulat ne prend pas en compte les expériences vécues par les individus durant leur période d'apprentissage de cette langue et semble n'admettre aucune variation concernant la nature des situations de communication et des interactions dans lesquelles une LS peut être utilisée par un sourd. Voir : *ibid.*, p. 80.

61. MINOT, *op. cit.*, p. 44.

62. *Ibid.*

63. *Ibid.*

64. *Ibid.*

les personnes porteuses d'une altération de la fonction visuelle. D'autre part, l'aspect « naturellement accessible » d'un spectacle est ici compris comme une disposition particulière d'accessibilité qui semble ne pas remettre pour autant en cause l'existence même de la situation de handicap. Un individu sourd maîtrisant la LSF et assistant à un spectacle intégrant cette même langue n'est ainsi pas détaché de sa « situation de handicap auditif », quand bien même cette situation ne présente pas pour lui un environnement défavorable et donc handicapant.

3.2 L'expérience musicale sourde

3.2.1 Le dépassement du paradoxe

Comprise comme un désavantage, une diminution des facultés auditives, ou en tant que « handicap » affectant le vécu de la personne, les surdités renvoient et peuvent être évaluées, de manière pragmatique, à la possibilité de pouvoir réaliser ou non un ensemble de tâches, d'activités ou d'actions rencontrées dans des situations de la vie courante, telles que le travail, l'apprentissage dans le cadre d'un système éducatif, ou encore des activités de loisir et d'ordre culturel. Forte du contexte historique que nous avons abordé précédemment, la relation entre les sourds et la musique a, dans cette perspective biomédicale, longtemps été enfermée dans des « représentations doxiques »⁶⁵. Selon le « sens commun »⁶⁶, majoritairement de nature « entendante », puisqu'être sourd signifie que l'on « ne peut pas entendre », alors toute personne sourde ne peut *de facto* pas faire l'expérience de la musique.

Ce syllogisme constitue avec d'autres un ensemble de « petites vérités approximatives »⁶⁷ qui a contribué à éloigner les sourds, à l'exception de quelques rares individus et cas spécifiques plus ou moins célèbres et épars dans l'histoire de la musique⁶⁸, de toute réalité musicale dans la pensée commune, quel que soit le niveau de leur participation (en tant qu'acteur ou récepteur). En un sens, ces représentations se rapprochent de celles qui ont longtemps caractérisé la relation entre Personnes en situation de handicap (PSH) et musique, dans laquelle cette dernière a souvent été perçue comme : « [...] une activité trop difficile voire impossible à aborder par ces

65. BRÉTÉCHÉ, Sylvain, « L'Incarnation musicale : l'expérience musicale sourde », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Christine ESCLAPEZ et Jean VION-DURY, Aix-Marseille Université, 24 nov. 2015.

66. *Ibid.*, p. 33.

67. *Ibid.*, p. 35.

68. Nous pensons ici aux cas célèbres des compositeurs Beethoven, Fauré ou encore Smetana, tous devenus sourds, mais également à certains interprètes et musiciens fréquemment évoqués dans la littérature, tels que la percussionniste britannique Evelyn Glennie.

personnes, car reposant sur trop de compétences techniques qui leur sont inaccessibles »⁶⁹. Or, avec les sourds, ce ne sont pas les compétences techniques que requiert « la » musique qui sont source d'obstacles, mais plutôt, dans une pensée biomédicale qui met en relief leur écart par rapport aux normes dominantes, l'absence d'ouïe comme facteur responsable de leur incapacité à entendre « cette » musique.

Cependant, l'avènement du handicap et de sa définition interactionniste dans les politiques culturelles destinées à promouvoir l'égalité des droits et des chances et la pleine participation des PSH à l'expérience musicale ont grandement contribué à nuancer aujourd'hui de telles représentations. Comme nous l'avons fait précédemment, l'une des lectures possibles de cette relation sourd-musique consiste donc à structurer celle-ci autour du concept unificateur de handicap et des dispositions relatives à l'accessibilité. En se limitant à cette seule perspective, l'existence de ces dispositions constituerait une réalité musicale sourde dont le périmètre se définirait alors à l'intérieur de ce cadre.

Néanmoins, nous l'avons vu, la réalité musicale sourde ne peut être réduite à un ensemble d'expériences qui se concrétiserait uniquement grâce aux moyens mis en œuvre dans le cadre de l'accessibilité, dans la mesure où l'une des principales faiblesses induites par ce cadre est de penser les surdités et les sourds comme catégorie de population et réalité homogènes. De plus, la portée juridique de l'accessibilité destine cette réalité essentialisée à une articulation qui se limite au cadre spatiotemporel des ERP. De ce fait, cette représentation ne permet pas d'envisager la possibilité que cette relation musique-sourd et que des pratiques musicales sourdes puissent s'étendre et se concrétiser au-delà.

De nos jours, que ce soit à travers les expérimentations artistiques des sourds sur la scène musicale ou les résultats de recherches qui ont été conduites sur ce sujet, force est de constater que ces représentations s'avèrent inaptes à décrire la réalité. Au-delà du paradoxe contenu dans ces représentations, la musique « existe concrètement au sein de la communauté Sourde » et occupe « une place considérable dans leur vie courante »⁷⁰. Comme l'a démontré Sylvain Brétéché⁷¹ dans ses travaux de thèse de doctorat⁷² et contrairement aux postulats soutenus dans les représentations précé-

69. VIALLEFOND *et al.*, *op. cit.*

70. BRÉTÉCHÉ, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et "expérience musicale Sourde" ».

71. Musicologue et enseignant contractuel à Aix-Marseille Université, Sylvain Brétéché a notamment été le premier chercheur à s'intéresser à l'expérience musicale sourde dans cette discipline.

72. Dans cette thèse de doctorat, deux méthodologies sont employées dans la procédure d'enquête tripartite menée par Sylvain Brétéché. La première s'appuie sur une méthodologie d'enquête par questionnaire et s'applique à la fois à une enquête intitulée « Musique et surdité(s) » (50 questions à réponses fermées et ouvertes) ainsi que sur une enquête « Corps et musique » (36 questions à réponses fermées et ouvertes, également proposées à des personnes entendant). La seconde méthodologie repose quant à elle sur des entretiens d'écoute (conduits à partir de trois pièces musicales de composition et de genre différents, diffusées sur un dispositif de plancher vibrant spécialement conçu pour l'occasion), ainsi

dentes, la concrétisation de cette relation se réalise dans l'ensemble du spectre des surdités, quels que soient son degré audiométrique, la nature et la localisation de l'altération sur le plan fonctionnel, son moment d'apparition ou encore que la personne ait recours ou non à l'appareillage audioprothétique⁷³. Ainsi, qu'elles soient d'ordre biomédical ou, comme nous le verrons plus loin, d'ordre culturel ou empreintes de valeurs identitaires : « les spécificités Sourdes n'interdisent pas d'entretenir avec la musique des rapports concrets »⁷⁴. Seulement, ces rapports s'ancrent autour d'une conception de la musique singulièrement différente des conceptions courantes et dominantes de « la » musique. Une conception qui s'éloigne, sur le plan ontologique, de la musique comme art de l'auralité s'adressant prioritairement à une réception auditive et dans lequel l'oreille s'impose comme le « lieu »⁷⁵ privilégié de l'expérience musicale.

3.2.2 « Au-delà de l'audible »⁷⁶

Au-delà de la place et de l'importance qu'occupe la musique dans la vie des personnes sourdes, l'enquête de Sylvain Brétéché a permis d'approfondir les spécificités de ce rapport et de mettre en lumière des éléments démontrant l'altérité de l'expérience musicale sourde. Fondamentalement « détachée de l'audible »⁷⁷, la réception de la musique chez les sourds « suppose une autre considération de l'écoute, dénormée et réorientée au regard des spécificités sourdes »⁷⁸. Corroboré par les résultats de l'enquête, l'« entendre-sourd »⁷⁹ se caractérise donc par une mise en retrait de l'auralité qui, bien que demeurant souvent existante⁸⁰, est considérée comme une

qu'un questionnaire semi-directif structurant et orientant en temps réel les entretiens. Voir : BRÉTÉCHÉ, « L'Incarnation musicale : l'expérience musicale sourde », p. 409-448.

73. L'enquête « Musique et surdité(s) » conduite par Sylvain Brétéché a révélé que, sur les 138 participants ayant répondu exhaustivement au questionnaire : 71 % considèrent que la musique occupe une place dans leur vie courante ; 70 % écoutent de la musique ; 38 % « pratiquent » la musique (en tant que musiciens). Il convient également de mentionner que plus de 80 % des participants ont déclaré être porteurs d'une surdité sévère ou profonde. Voir cet article synthétisant ces résultats : *idem*, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et "expérience musicale Sourde" ».

74. *Ibid.*

75. BRÉTÉCHÉ, Sylvain, « L'écoute incorporée ou l'émergence du sensible. De la corpauralité à l'écoute musicale sourde », in : HAUTOIS, X. et al., *L'émergence de la musique. Dialogue des sciences*, Arles : Delatour, 2019, p. 191-206.

76. Formulation empruntée à Sylvain Brétéché. Voir : *ibid.*

77. *Idem*, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et "expérience musicale Sourde" ».

78. *Ibid.*

79. *Idem*, « L'écoute incorporée ou l'émergence du sensible. De la corpauralité à l'écoute musicale sourde ».

80. Rappelons que, d'un point de vue clinique, les cas d'individus présentant une surdité totale restent relativement rares au regard de l'ensemble des surdités et, qu'à l'inverse, la majorité des personnes sourdes ou malentendantes possède donc une audition résiduelle plus ou moins marquée.

modalité d'écoute secondaire au regard du visuel et du corporel, révélées comme modalités de concrétisation principales de l'expérience musicale.

D'une part, les sourds « perçoivent et ressentent la musique dans et par leur corps »⁸¹ du fait des afférences provoquées par les vibrations acoustiques produites par la musique, définissant ainsi le principe de « corpauralité »⁸² et concrétisant, plus largement, celui d'« incarnation musicale »⁸³. D'autre part, la vue, élément pivot du paradigme de la différence (cf. 2.2.2), permet d'actualiser et de rendre sensible le sonore au point de s'imposer comme une modalité de création musicale privilégiée chez les artistes sourds⁸⁴. « Au-delà de l'audible », l'expérience musicale sourde se concrétise donc davantage dans (et par) le tangible et le visible.

Loin des représentations doxiques ou réductrices, les modalités de l'entendre-sourd existent, marquent par leurs différences et soulignent donc l'altérité d'une conception de l'expérience musicale « détachée des conventions ordinaires assujetties à la fonctionnalité de l'oreille »⁸⁵. Dès lors, le sourd qui « n'entend pas » et qui, par conséquent, ne peut prétendument faire l'expérience de « la » musique semble être en réalité une proposition moins erronée qu'incomplète. Car l'entendre ne renvoie pas ici vers une réalité physiologique soulignant une défaillance de la condition auditive de la personne dans sa tentative de vivre la musique, mais tient davantage d'une construction culturelle et sociale excluante qui rend la musique *de facto* handicapante. En situant le corps plutôt que l'oreille comme « principal lieu de réalisation »⁸⁶ de l'expérience musicale, le sourd « n'entend pas » au regard des codes « ordinaires »⁸⁷ de *cette* expérience audiocentrée. Codes instaurés, partagés et universalisés par une majorité d'individus au fil de l'histoire de la musique.

Ainsi, comprendre et considérer l'altérité de l'expérience musicale sourde permet d'ouvrir la voie vers « une revalorisation de notre propre compréhension du musical »⁸⁸. La relation complexe entre les sourds et la musique suscite des interrogations qui non seulement révèlent des conceptions discriminantes de la musique, conduisant à des ruptures en termes d'accessibilité, mais dévoilent également des formes

81. BRÉTÉCHÉ, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et "expérience musicale Sourde" ».

82. *Ibid.*

83. Comme l'explique Sylvain Brétéché : « On peut alors concevoir qu'au plus profond de la chair, l'expérience musicale révèle la compréhension d'une musique *incarnée* qui envahit le corps en donnant sens, pour le Sourd comme pour l'Entendant, à une réalité sonore complexe ». Voir : *ibid.*

84. Comme nous le verrons plus loin à travers l'exemple du chansigne (cf. 3.3.1).

85. BRÉTÉCHÉ, « L'écoute incorporée ou l'émergence du sensible. De la corpauralité à l'écoute musicale sourde ».

86. *Idem*, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et "expérience musicale Sourde" ».

87. *Idem*, « L'écoute incorporée ou l'émergence du sensible. De la corpauralité à l'écoute musicale sourde ».

88. *Ibid.*

d'altérité qui, délestées « de la domination de l'oreille »⁸⁹, élargissent les possibilités créatrices et l'horizon de notre compréhension lorsqu'il s'agit de définir cet art. En un sens, l'expérience musicale sourde nous entraîne donc, selon les mots de l'anthropologue Charles Gardou : « vers une autre dimension »⁹⁰ de l'expérience musicale et « une autre manière »⁹¹ de vivre, ainsi que de comprendre, cette expérience. Comprendre, d'un point de vue musicologique, nécessite donc au préalable de prendre en compte l'existence de cette « réalité musicale »⁹² sourde et d'en être *à l'écoute* tout en acceptant que nos conceptions à la fois courantes et scientifiques de la musique puissent être mises à l'épreuve. À l'« autre dimension » ou à l'« autre manière » s'ajoute ainsi, face à l'expérience musicale sourde, une *autre compréhension*, pour laquelle la musicologie actuelle peut choisir d'œuvrer en approfondissant l'idée que cette dernière puisse avoir « [...] tout à gagner de la surdité »⁹³ et, plus précisément, des sourds eux-mêmes.

3.3 Du musical au « vusical » : formes d'expression et pratiques musicales sourdes

3.3.1 Le chansigne

Le chansigne représente aujourd'hui l'une des formes d'expression artistique sourdes emblématiques, devenant incontournable dans l'approche de la relation entre la musique et les sourds. Depuis quelques années, nous vivons une période d'expansion remarquable de sa visibilité, à la fois engendrée par l'intérêt médiatique et institutionnel qu'il suscite, mais également par l'éclosion massive du nombre d'acteurs qui revendique en faire la pratique ou qui développe des initiatives artistiques l'incluant. Reconnu depuis 2019 comme discipline artistique par l'Adami⁹⁴, il semble également revêtir, en tant qu'objet d'intérêt scientifique, un caractère prédominant dans les travaux académiques sur l'étude des formes et pratiques musicales sourdes.

89. *Ibid.*

90. GARDOU, Charles, « Enjeux et dérives de la relation aux personnes en situation de handicap », in : *Spirale* 27, 2001, p. 125-133.

91. *Ibid.*

92. ESCLAPEZ et BRÉTÉCHÉ, *op. cit.*

93. Notre traduction de « [...] *musicology stands to gain from deafness* ». Voir : HOLMES, Jessica A., « Expert Listening beyond the Limits of Hearing : Music and Deafness », in : *Journal of the American Musicological Society* 70.1, 1^{er} avr. 2017, p. 171-220, URL : <http://jams.ucpress.edu/lookup/doi/10.1525/jams.2017.70.1.171> (visité le 21/03/2019).

94. Société civile pour l'Administration des Droits des Artistes et Musiciens Interprètes. Cette reconnaissance ouvre ainsi la voie vers la professionnalisation des chansigneurs et des chansigneuses en ces qualités distinctes.

Néanmoins, bien qu'en nette augmentation ces dernières années, ces différentes recherches, menées conjointement à cette dynamique croissante du chansigne en France, forment un état des connaissances global relativement récent et qui, par conséquent, présente encore un manque de maturité. Dans l'ensemble, l'origine des différents apports scientifiques qui alimentent ce corpus semble tendre vers un équilibre hétérogène entre les disciplines contributrices. Par exemple, la majorité des recherches francophones publiées sur le chansigne ou abordant des pratiques relatives à celui-ci sont aujourd'hui majoritairement menées par des anthropologues et des ethnologues. Bien qu'existantes, les contributions musicologiques ou ethnomusicologiques sont minoritaires dans ce paysage scientifique global et restent encore marginales, voire infimes au regard de l'ensemble des thématiques abordées spécifiquement dans ces disciplines. De plus, jusqu'à aujourd'hui, les interactions entre les disciplines, encore trop restreintes et sujettes au cloisonnement, n'ont pas encore permis à des projets interdisciplinaires d'être concrétisés.

Ainsi, lorsqu'il s'agit d'évoquer le chansigne sur le plan ontologique, il n'est pas rare de constater l'absence d'un cadre de définition strict et partagé universellement, voire l'existence d'éléments contradictoires, que ce soit à travers les discours provenant de la littérature scientifique, des artistes, des médias, des organisateurs de spectacles ou des sourds eux-mêmes. Cette section n'a pas pour objectif de proposer un cadre de définition général ayant pour ambition d'orienter le développement des pratiques autour du chansigne, mais de dresser un état des connaissances interdisciplinaires destiné à mieux comprendre cette forme d'expression singulière.

Étymologie et définitions

Sur le plan étymologique, le mot « chansigne »⁹⁵ est un néologisme formé à partir de la fusion en mot-valise des termes « chant » et « langue des signes »⁹⁶. Toutefois, cette dénomination coexiste, parfois au sein d'un même discours⁹⁷, avec un grand nombre de variantes orthographiques pouvant encore être fréquemment relevées, telles que « chantsigne », ou encore « chant-signe » (parfois également écrit en deux mots distincts, sans trait d'union)⁹⁸. Comme le précise Pierre Schmitt, la forme ortho-

95. Si le terme connaît de nombreuses variations orthographiques, comme nous le verrons plus loin, nous utiliserons l'orthographe du terme « chansigne », écrit tel quel, dans cette thèse de doctorat, du fait de la récurrence de son usage, en particulier dans les travaux en musicologie.

96. SCHETRIT, Olivier, « Dépasser la violence par la création? », in : *Anthrovision* 1.2, 9 avr. 2013, URL : <http://journals.openedition.org/anthrovision/index.html/569> (visité le 11/03/2019).

97. SCHMITT, Pierre, « Signes d'ouverture. Contributions à une anthropologie des pratiques artistiques en langue des signes », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Brigitte DERLON, Paris, EHESS, 2020, p. 230.

98. *Ibid.*, p. 230.

graphique « chansigne » tend de nos jours à être celle majoritairement usitée⁹⁹. De plus, du point de vue de la littérature, un consensus tacite semble se former autour de l'acceptation de cette forme¹⁰⁰. Par ailleurs, à l'instar du terme « chant », l'usage du mot chansigne peut être polysémique. Par exemple, sous la forme d'un nom propre, « un chansigne » peut être utilisé pour caractériser, à l'instar d'une « chanson » en chant vocal, une « chanson en langue des signes »¹⁰¹, c'est-à-dire une œuvre musicale faisant apparaître « du » chansigne, ici compris en tant que forme d'expression au sens d'une « Langue des Signes chantée »¹⁰². Dans ce sillage, le verbe « chansigner » est donc employé pour faire référence à la pratique du chansigne par un individu qualifié alors de « chansigneur/chansigneuse »¹⁰³.

Les définitions existantes du chansigne sont relativement récentes et sont généralement nourries par le secteur académique, institutionnel, ou encore par les artistes sourds ou les sourds eux-mêmes. Les premières définitions parues dans les travaux universitaires font état d'une « sorte de chorégraphie, de mélodie visuelle “chantée” et “signée” »¹⁰⁴, ou encore d'une « langue des signes chorégraphiée, abstraite et poétique »¹⁰⁵. Les réflexions qui ont suivi ces premières définitions visaient notamment à élargir le cadre de représentation du chansigne qui se limitait jusqu'alors à sa description en tant que « traduction visuelle »¹⁰⁶ d'un texte sur de la musique ou d'une « sorte d'interprétation “signée” des paroles chantées en langue vocale »¹⁰⁷. Plus loin dans cette thèse de doctorat, nous verrons en quoi cette représentation, bien que limitée, n'est pas pour autant erronée et renvoie à un contexte juridico-historique particulier et à une fonctionnalisation spécifique du chansigne encore bien visible (cf. 3.3.1).

Quoi qu'il en soit, à ce jour, il n'existe pas réellement de consensus autour du définition commune partagée à l'intérieur ou en dehors du cadre scientifique, soulignant

99. *Ibid.*, p. 230.

100. Celle-ci est notamment employée par Sylvain Brétéché depuis ses premiers travaux musicologiques sur le sujet. Voir : BRÉTÉCHÉ, « L'Incarnation musicale : l'expérience musicale sourde ».

101. Définition proposée par le dictionnaire de LSF en ligne Elix. Voir : <https://dico.elix-lsf.fr/dictionnaire/chansigne>, (visité de 23-03-2021).

102. Formulation notamment utilisée par Sylvain Brétéché. Voir : BRÉTÉCHÉ, Sylvain, « “Ces mains qui chantent”. Vers une pratique musico-gestuelle de la vocalité sourde », in : *Journal de Recherche en Éducation Musicale (JREM)* 12.2, 2021, p. 47-69.

103. Notons que ces termes sont, selon Pierre Schmitt, également sujets à des variations orthographiques basées sur la présence ou non de la lettre « t » dans le mot ou/et sur la dissociation/distinction des termes constitutants. De ce fait, Pierre Schmitt utilise par exemple la formulation « chan(t)signe » pour inclure l'ensemble de ces variations. Voir : SCHMITT, *loc. cit.*

104. SCHETRIT, *op. cit.*

105. SCHMITT, Pierre, « De la musique et des sourds », in : *Musiques – contextes – savoirs, Perspectives interdisciplinaires sur la musique*, sous la dir. de T. BACHIR-LOOPUYT *et al.*, Francfort-sur-le-Main : Peter Lang, 2012, p. 222.

106. SCHETRIT, *op. cit.*

107. BENVENUTO, *op. cit.*

que le chansigne reste encore une forme d'expression vivante en développement. Outre-Atlantique, la « *Signed Music* », équivalent anglo-saxon d'un chansigne, est définie comme « une technique artistique qui comprend des morceaux non lyriques (ou moins lyriques) et non audibles, ainsi que des paroles en langues des signes »¹⁰⁸. Pour Clémence Colin, chansigneuse sourde du duo Albaricate, chansigner est « un enchaînement de gestes variés et rythmés produit avec les mains, le corps et une tête humaine »¹⁰⁹. Enfin, plus récemment, la définition proposée par Pierre Schmitt, citée plus haut, a été revue et augmentée par Sylvain Brétéché, qui décrit le chansigne comme une « langue des signes musicochorégraphiée, abstraite et poétique »¹¹⁰. Au-delà de l'intention de caractériser holistiquement cette forme d'expression, l'intention derrière ces propositions réside également dans la volonté d'asseoir le chansigne comme une forme d'expression musicale et non inscrite dans une autre forme d'art, car, comme le souligne Sylvain Brétéché : « actuellement, le chansigne peine à assumer dans ses mises en pratique sa valeur fondamentalement musicale [...] »¹¹¹. Nous allons voir que ces difficultés d'inscrire le chansigne dans le domaine musicale peuvent également être lues à la lumière du contexte dans lequel cette forme d'expression s'est développée en France.

Contexte d'apparition historique et contiguïté avec la danse

En effet, une hypothèse possible est que l'un des éléments pouvant être source de confusion se trouve dans la récurrence de certains termes utilisés pour définir le chansigne. Par exemple, l'emploi du terme « chorégraphie », appartenant davantage au champ lexical de la danse que de la musique, induit une forme d'ambiguïté qui renvoie à des réalités historiques appartenant à un cadre d'apparition spatiotemporel précis.

Philippe Galant et Michel Girod – respectivement comédien sourd et enseignant à IVT – décrivaient déjà, dans un article de 1997 rédigé par Laurence Potte-Bonneville, l'existence d'une « chorégraphie signée », ou « chorésigne », pour désigner la pratique

108. Notre traduction. Voir : CRIPPS, Jody H., LYONBLUM, Ely et SMALL, Anita, « Signed Music in the Deaf Community : Performing *The Black Drum* at Festival Clin d'Oeil », in : *Journal of Festive Studies* 4, 2022, p. 191-215.

109. Dans la vidéo intitulée « *Le chansigne selon Ricate! 1/5 : Définition* » disponible sur la plateforme d'hébergement en ligne YouTube. Voir : <https://www.youtube.com/watch?v=RXRjOUCFJr0>, (visité le 14-10-2022).

110. Citation issue de la communication « L'expérience musicale au prisme de la *sourdisse* » du musicologue lors du colloque « *Au-delà du son : surdités et expériences musicales* », organisé à la Philharmonie de Paris. Voir la rediffusion en streaming sur : <https://pad.philharmoniedeparis.fr/colloque-son-surdites-experiences-musicales.aspx>, (visité le 15-02-2024).

111. Citation également extraite de la communication du musicologue mentionnée précédemment. Voir : <https://pad.philharmoniedeparis.fr/colloque-son-surdites-experiences-musicales.aspx>, (visité le 15-02-2024).

d'une « poésie gestuelle à base de langue des signes »¹¹² utilisée pour mettre en scène des éléments à la fois narratifs et non-verbaux présents dans l'exécution de la pièce *Miracle par Hasard* (1996) de Joël Liennel¹¹³. Or, d'après Olivier Schetrit, en tant que comédien ayant activement participé à la création de cette pièce à l'époque¹¹⁴ et inventeur du terme, les « chorésignes » désignaient davantage un procédé de symbolisation graphique¹¹⁵ visant à représenter sur support – en l'occurrence issu de l'appropriation de la partition musicale papier – l'exécution des signes et des gestes dans l'espace et dans le temps et non la forme d'expression en elle-même¹¹⁶. Employés comme auxiliaire d'apprentissage de la chorégraphie pour les comédiens sourds, les chorésignes, dont l'usage se cantonne à la fois temporellement et spatialement à IVT, permettaient ainsi de mémoriser et d'organiser l'exécution « des » chansignes sur scène.

Néanmoins, le recours au terme de chorégraphie pour définir le chansigne peut sembler paradoxal. Le développement du chansigne au sein des murs d'IVT¹¹⁷ a notamment été conditionné par une volonté militante, rencontrée chez les comédiens sourds, qui visait à écarter toute évocation de la danse, perçue alors comme une activité artistique entendante¹¹⁸. Ce travail de différenciation s'est donc concrétisé par le développement des chorésignes, médium concordant davantage avec les valeurs des comédiens sourds en présence, et du chansigne en tant que forme d'expression singulièrement musicale qui, dans la même perspective, est distingué du chant vocal. De fait, le chansigne ne s'est pas développé en France dans un environnement musical ou à travers des médiums musicaux. Comme le souligne Pierre Schmitt : « les activités théâtrales ont pavé la route du chan(t)signe »¹¹⁹. L'importance du théâtre dans l'histoire et l'enseignement de cette forme d'expression explique par ailleurs pourquoi certains artistes privilégient la dénomination de « comédien » à celle de « chansigneur ». De la même manière, l'entité de certains collectifs d'artistes présen-

112. POTTE-BONNEVILLE, Laurence, « La Scène des sourds », in : *Vacarme* 2.2, 1997, p. 47-49.

113. Comédien, chorégraphe et metteur en scène sourd à IVT.

114. Aux côtés de Levant Beskardes, Patrick Garraud, Sandrine Herman et Laurent Valo.

115. En ce sens, les chorésignes empruntent ici à la signification historique du terme chorégraphie et non à sa compréhension moderne la dessinant davantage comme étant l'art de « composer » des danses. Voir : NOVERRE, Jean Georges, *Lettres sur la danse, et sur les ballets*, Lyon : Aimé Delaroche, 1760.

116. Notons, par ailleurs, que la création du terme « chansigne » est également issue de la proposition d'Olivier Schetrit au cours du processus de création de cette pièce. Voir : SCHETRIT, *op. cit.*

117. La première exécution mentionnée du chansigne sur scène en France remonte à 1978 à travers *Les Voix Invisibles*, recueil de seize poèmes mis en scène par la comédienne sourde d'IVT Chantal Liennel. Voir : *ibid.*

118. Comme le précise Olivier Schetrit, cette représentation émane des obstacles liés au manque d'accessibilité des lieux d'enseignement de la danse et des situations d'inégalité ou de rejet que certains sourds ont vécu dans leur parcours d'apprentissage. *ibid.*

119. SCHMITT, « Signes d'ouverture. Contributions à une anthropologie des pratiques artistiques en langue des signes », p. 252.

tant une pratique du chansigne est ainsi régulièrement construite autour du mot « compagnie »¹²⁰.

Ainsi, bien qu'« aucun des comédiens sourds n'était danseur »¹²¹ et que tout rapport à la danse pouvait être considéré comme problématique, cette dernière a inmanquablement eu un impact direct sur le développement du chansigne au sein des murs d'IVT, tant sur son expression que sur la terminologie employée¹²². Ce rattachement historique du chansigne aux arts de la scène, et en particulier à la danse, pourrait expliquer le développement de formes d'expression *parallèles* revendiquées par certaines initiatives artistiques, telles que la « danse des signes »¹²³ ou le « choréosigne »¹²⁴.

En définitive, l'usage de la terminologie liée à la danse relève davantage d'un usage historique, renvoyant au contexte dans lequel s'est développé le chansigne aux côtés des pratiques de danse sourdes sur scène, circonscrit à la fois temporellement et spatialement à IVT. À postuler qu'il le soit aujourd'hui, le chansigne ne s'est donc pas affirmé dès le départ comme une forme d'expression musicale, mais comme une expérimentation « entre langue et mouvement, texte et corps »¹²⁵, appartenant « ni tout à fait [au] théâtre, ni tout à fait [à la] danse »¹²⁶. Son affirmation musicale progressive semble donc être le fruit d'une construction postérieure, possiblement induite par l'élargissement du cadre de sa pratique au-delà des murs d'IVT. Or, si le chansigne est musical, ou plutôt, comme nous le verrons, « vusical », la danse n'est pas pour autant exclue de la performance, certaines productions en chansigne mobilisant, par exemple, une expression « dansante » du corps lors de passages instrumentaux non verbaux¹²⁷.

120. *Ibid.*, p. 260.

121. SCHETRIT, *op. cit.*

122. Comme le rapporte Olivier Schetrit : « du fait du mode d'expression physique de la langue des signes, le chansigne pourra s'inspirer de la danse, pour mettre en place des chorégraphies improvisées ou répétées ». Voir : *ibid.*

123. Nous pouvons citer en exemple la Compagnie Danse des Signes. Notons que le phénomène d'orthographe concurrentes, similaire au chansigne, peut également être rencontré ici à travers certaines occurrences parfois visibles, telles que « danse-signes », « danse signée » (écrits avec ou sans trait d'union), ou encore « *signdancing* ». Il est même possible, dans certains discours journalistiques, de constater l'usage conjoint des termes chant et danse « en langue des signes ».

124. Fruit de la pratique de la chorégraphe belge Natacha Pierart suite à sa rencontre récente avec la LSF. Selon les rares descriptions relevables, le choréosigne se différencierait du chansigne par son traitement spécifique de la LS, intégrée comme « partie intégrante du mouvement dansant », incluant « une logique d'amplification visuelle du mouvement », et non pas comme « juxtaposition à la chorégraphie ». Voir : <https://www.lecentredesarts.com/professeurs/natacha-pierart>.

125. SCHMITT, Pierre, « *Les Survivants* : l'interaction sourds/entendants, enjeu des créations en langue des signes? », in : *Synergies France* 8, 2011, p. 105-112.

126. POTTE-BONNEVILLE, *op. cit.*

127. Particulièrement visible, par exemple, au cours des premières secondes de la reprise de *La foule* d'Édith Piaf par la chansigneuse Laëty. Voir : <https://www.youtube.com/watch?v=05UNTgcL-q0>, (visité le 23-09-2022).

Approche paramétrique : les fondements de la « vusicalité » en chansigne

Loin de n'être qu'une forme d'expression réduite à sa seule dimension linguistique, le chansigne « se révèle profondément investi de dimensions musicales transformant la pratique courante des LS »¹²⁸. Mue par un contexte artistique et esthétique, la transformation des LS durant la performance ne repose donc pas seulement sur un traitement linguistique, c'est-à-dire basé purement sur le passage d'une langue à une autre, mais fait intervenir des dimensions mélodico-rythmiques inhérentes à la musique, ainsi que, comme nous le verrons, des dimensions liées à l'image lorsque celle-ci se trouve fixée sur support. Comme l'explique Sylvain Brétéché : « les performances chansignées synthétisent d'une certaine manière les spécificités de la réalité musicale sourde¹²⁹ : l'inscription de l'expérience dans une modalité visuelle dite *vusicale*, et dans une pratique incarnée »¹³⁰. Incarnée, car c'est « l'ensemble du corps »¹³¹ qui est mobilisé dans la performance. Vusicale, car le chansigne relève d'une « expression visuelle de la musicalité »¹³², à la racine du concept de « vusicalité » propre à l'exploitation des LS et de la modalité visuogestuelle dans cette discipline artistique¹³³.

Conduite depuis plusieurs années et étalée sur plusieurs de ses travaux, la réflexion apportée par Sylvain Brétéché sur ce sujet a notamment permis au musicologue de proposer une approche paramétrique afin d'identifier « les caractéristiques vusicales d'une interprétation chansignée »¹³⁴, qui empruntent aux « codes musicaux du chant ordinaire »¹³⁵. Cette présente section est donc consacrée à la présentation des six paramètres de composition du chansigne dégagés par Brétéché¹³⁶.

1. En premier lieu, la « rythmicité » concerne la transformation rythmique dont les signes de la LS font l'objet durant la performance chansignée. L'expression des signes en chansigne s'articule ainsi autour de valeurs rythmiques propres à l'écriture musicale, qui peuvent être corrélées avec les parties vocales ou instrumentales lorsque ces dernières existent. De ce fait, comme l'explique Brétéché, le corps en chansigne « se trouve plus spécifiquement investi de mouvements

128. BRÉTÉCHÉ, *op. cit.*

129. Ces spécificités ont été l'objet de sa thèse de doctorat. Voir : *idem*, « L'Incarnation musicale : l'expérience musicale sourde ».

130. *Idem*, « “Ces mains qui chantent”. Vers une pratique musico-gestuelle de la vocalité sourde ».

131. *Ibid.*

132. *Ibid.*

133. « Contraction des termes “visuel” et “musical”, la vusicalité désigne la modalité visuelle propre au musical ». Voir : *ibid.*

134. *Ibid.*

135. *Ibid.*

136. En nous appuyant sur ses travaux les plus récents. Notamment sur cet article de 2021 dont sont issues les citations à venir. Voir : *ibid.*

structurés, organisés rythmiquement, qui apportent à la production gestuelle une expressivité spécifique et lui confèrent ses qualités esthétiques ».

2. La « mélodicité » repose sur « l'amplitude » donnée à la production des gestes dans l'espace de signation qui, en chansigne, est élargi par rapport à l'exécution des signes en situation communicationnelle. En l'occurrence, l'espace de signation est agrandi en hauteur, en largeur et en profondeur, exploitant ainsi l'envergure totale offerte par les bras et les mains. Contrairement à la signification courante de la notion de mélodie, qui l'associe à une succession de notes dans le temps, la mélodie en chansigne est « issue d'un mouvement, non pas sonore, mais bien visuel [...] ».
3. Moins un paramètre qu'un procédé d'écriture, l'expression en chansigne peut inclure des répétitions de signes structurant le discours vusical « dans une perspective esthétique purement visuelle ». Les répétitions peuvent ainsi être utilisées pour « ajouter un effet expressif d'accentuation en cohérence avec le contenu textuel, mais également pour dynamiser la performance vusicale et accentuer sa rythmicité ».
4. Le discours mélodicorythmique en chansigne, structuré autour de la rythmicité et de la mélodicité, est également ponctué de nuances d'intensité dynamique que Brétéché nomme « accentuations ». Dans le sillage des paramètres précédents, à la fois proche des paramètres musicaux ordinaires et propre à la vusicalité offerte par l'exploitation des LS, l'accentuation se traduit par une « diminution » ou un « élargissement » des signes verbaux. Le corps « s'étire ou se réduit » en jouant, à la manière de la mélodicité, sur l'exploitation de l'espace de signation en fonction de la dynamique de l'écriture musicale ou du texte, rendant ainsi plus explicites les intentions ou les émotions véhiculées. Nous ajouterons ici que, au-delà des gestes manuels du corps et de la posture corporelle, c'est aussi l'ensemble des autres paramètres non-manuels des LS, notamment les expressions faciales, qui sont nettement mobilisées dans l'accentuation. Nous verrons également que, en ce qui concerne le chansigne fixé sur support, l'accentuation du discours peut être renforcée par certains procédés cinématographiques liés au traitement de l'image. Les modulations de ce paramètre sont, par exemple, particulièrement visibles à travers la reprise du titre *Il est où le bonheur* de Christophe Maé par Laëty, tant la dynamique de l'écriture musicale est fondée sur un climax réparti sur toute sa durée ¹³⁷.
5. Autre procédé d'écriture pouvant être réalisé en chansigne, l'utilisation de « rimes visuelles » qui exploitent les caractéristiques visuelles des signes présentant « un effet de récurrence ou de similitude » et participant « à l'expressivité

137. Disponible sur YouTube, voir : <https://www.youtube.com/watch?v=UTfTsg08KmQ>, (visité le 23-09-2022).

dynamique et esthétique de la performance linguistique ». Selon Brétéché, la fonction imitative de ces rimes peut être concrétisée sous trois formes différentes¹³⁸ : la « ressemblance formelle » entre les paramètres manuels de signes différents (équivalente à l'homophonie en modalité visuogestuelle)¹³⁹ ; la « réalisation spatiale du signe » ou « sa position dans l'espace de signation » ; ainsi que la « récurrence dynamique des mouvements » dans l'expression des signes.

6. Enfin, le dernier paramètre dégagé par Brétéché concerne la « transposition formelle » des signes verbaux. Au-delà des transformations appliquées en chansigne aux paramètres courants de production des signes, impliquées dans l'ensemble des paramètres cités précédemment, des modifications lexicales peuvent également être réalisées. Des signes peuvent ainsi être totalement transformés, fusionnés avec d'autres, ou encore créés de toute pièce pour renforcer l'intelligibilité des intentions ou des émotions véhiculées par le texte.

« Ceci n'est pas un clip » : la fixation du chansigne sur support

Du fait de son mode d'expression prioritairement visuogestuel, le chansigne trouve en la vidéo un support de fixation privilégié. Au-delà de l'enregistrement de concerts ou de l'usage de la vidéo en concert¹⁴⁰, ce support devient aux yeux des artistes signants, amateurs comme professionnels, un médium de création artistique à part entière qui ouvre un large champ de possibilités¹⁴¹. À l'heure de la rédaction de ces lignes, le nombre de ces vidéos ne cesse de s'accroître. Un accroissement pouvant principalement être expliqué par la facilité d'accès qu'offrent les plateformes numériques de diffusion en ligne sur lesquelles sont hébergées en très large majorité ces vidéos à l'heure actuelle. Parallèlement aux concerts, ces productions audiovisuelles participent donc de manière non négligeable à l'accroissement global que connaît depuis quelques années la visibilité du chansigne. Moyennant une connexion à internet, leur hébergement en ligne, principale porte d'accès à ces vidéos, permet une mise à disposition massive et mondialisée « en quelques clics », tout en ayant l'avantage de n'induire aucune dépendance face aux représentations qui rendent l'accès des sourds aux œuvres et à l'expérience musicale tributaire des circuits de l'accessibilité et du handicap (cf. 3.3.1).

D'une certaine manière, l'appropriation grandissante de l'espace audiovisuel en ligne par les artistes signants, bien qu'encore modeste, est un phénomène qui pourrait

138. Notons que ces trois formes peuvent se confondre dans la performance et exister simultanément.

139. HOUWENAGHEL, Pénélope et RISLER, Annie, « Traduire la poésie en langue des signes : un défi pour le traducteur », in : *TIPA. Travaux Interdisciplinaires sur la Parole et le Langage [En ligne]* 34, 2018, URL : <http://journals.openedition.org/tipa/2384>.

140. Ce que Pierre Schmitt et Laëty appellent l'« amplification visuelle ». Voir : SCHMITT, « Signes d'ouverture. Contributions à une anthropologie des pratiques artistiques en langue des signes », p. 244.

141. Pierre Schmitt dédit par ailleurs un chapitre à ce sujet dans sa thèse de doctorat. Voir : *ibid.*

être renvoyé à l'impact de l'enregistrement sonore sur la musique au début du siècle dernier. Si l'enregistrement sonore a permis l'industrialisation de la musique et à ses pratiques de voir le jour, celui-ci a également matérialisé massivement le répertoire en lui donnant, à mesure des avancées technologiques et de leur démocratisation, la possibilité d'être « convocable à tout instant »¹⁴² en situant l'expérience d'écoute à domicile ou ailleurs, sans astreindre son actualisation à un apprentissage préalable de ses codes, à la mobilisation des capacités mnésiques, ou encore au déplacement physique en salle de concert. La matérialisation du chansigne par sa fixation sur support vidéo, ainsi que sa domestication provoquée par le recours aux plateformes de *streaming* en ligne, ouvrent donc la voie à la démocratisation de cette forme d'expression et de ses pratiques au plus grand nombre, dans le sillage du projet initial porté par les militants du Réveil Sourd. Au-delà de ces enjeux, ces médiums offrent une possibilité de pérennisation pour les œuvres, jusqu'alors cantonnées spatialement et temporellement aux salles de spectacle, et conditionnent l'émergence, comme nous allons le voir, de nouvelles possibilités esthétiques et de nouvelles pratiques.

À l'heure actuelle, les œuvres en chansigne fixées sur support vidéo sont généralement désignées et comprises, en tant qu'artefacts culturels et artistiques, comme des « clips » musicaux. Employée de manière commune par certains artistes, sourds ou universitaires¹⁴³, cette dénomination permet ainsi de souligner la bimodalité de ces œuvres, à la fois visuelle et sonore, corrélant dimensions de l'image et du son, tout en identifiant ces œuvres autour d'un format audiovisuel spécifique et préexistant dans le monde musical et audiovisuel. Par exemple, le site web de la chansigneuse Clémence Colin présente un onglet « clips » qui regroupe, à la manière d'une discographie ou d'un portfolio, l'ensemble de ses productions personnelles ou issues du fruit de ses collaborations artistiques¹⁴⁴. Pourtant, si l'acceptation de la dénomination de clip pour qualifier les œuvres en chansigne fixées sur support semble être axiomatique, elle semble également faire naître des questionnements chez certains artistes.

L'exemple le plus significatif est celui de la chansigneuse Laëty, qui intègre la mention « ceci n'est pas un clip » écrite à l'écran au début de certaines de ses vidéos (FIG. 3.1). Cette mention est issue de l'appropriation et du détournement de la célèbre formule du peintre René Magritte¹⁴⁵. À la différence, qu'ici, la vraisemblable contradiction entre icône et symbole, énoncé et objet, réalité et représentation, porte sur la réciprocité entre la notion de clip et la production audiovisuelle dans sa globalité que le pronom démonstratif « ceci » semble désigner en tant qu'objet artistique. Énoncé

142. MAISONNEUVE, Sophie, « L'industrie phonographique et la patrimonialisation de la musique dans la première moitié du XX^e siècle », in : *Le Temps des médias* 1.22, 2014, p. 77-91.

143. C'est le cas de Pierre Schmitt par exemple. Voir : SCHMITT, *op. cit.*

144. Voir : <https://clemence-colin.jimdofree.com/clips/>, (visité le 15-09-2022).

145. Nous faisons référence à l'inscription « Ceci n'est pas une pipe » dans *La Trahison des Images* (1929).

et objet apparaissent contradictoires dans la mesure où il est communément admis que toute production en chansigne fixée sur support est un clip. Deux raisons pourraient être avancées pour comprendre l'apparente réfutation introduite par l'énoncé vis-à-vis de son sujet. D'une part, car, dans le cas d'une reprise, l'objet artistique en lui-même n'est pas « le » clip de l'œuvre originelle, mais bien une appropriation de cette œuvre à l'identité artistique et juridique propres¹⁴⁶. Bien que nous ne soutenions pas entièrement cette explication comme étant la plus vraisemblable face aux intentions initiales de la chansigneuse, cette réflexion a l'avantage d'imposer une signification dominante au terme clip qui invite à sa discussion : qu'est-il entendu par clip ? Qu'est-ce qu'un clip ? Et en définitive, si ce n'est pas « le », ni même « un » clip, alors qu'en est-il ?



FIGURE 3.1 – La mention « Ceci n'est pas un clip », visible à 0 min 5 s. Voir : <https://youtu.be/UTfTsg08KmQ>, (visité le 16-05-2024).

En effet, la simple esquisse d'un état de l'art centré sur la notion de « clip », ainsi que ses variantes orthographiques¹⁴⁷, suffit à mettre en lumière son statut « d'entité insaisissable »¹⁴⁸, fragmentée entre la sphère de l'audiovisuel, des *cultural studies* aux *film studies*, et la sphère musicale. De ce fait, le clip, pseudo-anglicisme sur le plan étymolo-

146. Nous discutons de manière spécifique de la reprise en chansigne comme pratique dans une section ultérieure (cf. 3.3.1).

147. On trouve parmi ces variantes les termes : « vidéo-clip » (avec ou sans trait d'union), « clip vidéo », ou encore « clip musical ».

148. STRAW, Will, « Le clip vidéo et ses contextes : 30 ans plus tard », in : *Volume! [En ligne]* 2.14, 2018, p. 187-192, URL : <http://journals.openedition.org/volume/5589>.

gique¹⁴⁹, est un objet artistique et culturel « particulièrement rétif à la définition »¹⁵⁰ et qui dessine « des orientations plurielles »¹⁵¹. Au-delà des premières tentatives de définitions le réduisant à « n'importe quoi de visuel mis sur une chanson »¹⁵², le clip est aujourd'hui majoritairement compris comme étant une « composition d'images superposée à un morceau musical préexistant »¹⁵³ créée principalement dans le but d'« assurer la promotion auprès d'un canal de diffusion mass-médiatique [...] »¹⁵⁴. L'enjeu médiatique et promotionnel du clip renvoie donc à sa fonctionnalisation par l'industrie de la musique en tant que produit « dérivé » de grande consommation. Dans cette logique mercantile, le clip ne se définit pas comme une entité artistique indépendante et autonome, mais se construit pleinement, au contraire, autour de sa postériorité et sa dépendance à l'œuvre préexistante qu'il est censé promouvoir.

De ce fait, comme l'explique Antoine Gaudin¹⁵⁵, la « *primauté* de la musique sur les images »¹⁵⁶ n'est pas seulement chronologique (« *génétique* »)¹⁵⁷, mais se matérialise aussi sur les plans compositionnel et culturel. Compositionnel, car ce sont les caractéristiques musicales qui « déterminent de manière étroite la création des images »¹⁵⁸. Culturel, car les considérations de l'industrie de la musique à l'égard du clip génèrent aujourd'hui une définition générique de ce dernier¹⁵⁹ qui tend à nous faire comprendre les œuvres « sous l'angle de la subordination de la bande-image à la bande-musique [...] »¹⁶⁰. En l'occurrence, cette définition générique est bien celle qui est confrontée à sa négation dans la formule « ceci n'est pas un clip ». Eu égard à cela, le chansigne « n'est pas un clip », d'une part, car la très large majorité

149. Loin de toute évocation au visuel à laquelle se réfère la notion plus étendue de « vidéo-clip », notons que le terme « clip » est, par exemple, utilisé de manière spécifique dans le séquenceur audio-numérique Live, commercialisé par l'entreprise Ableton, afin de désigner un élément de composition musicale unitaire (audio ou MIDI). Cette évocation est intéressante dans la mesure où elle renvoie à l'étymologie du terme clip et à son sens en anglais (« *a clip* » pouvant se traduire en français par « un extrait ») qui diffère de son sens en français (constituant ainsi ce pseudo-anglicisme). En ce sens, le clip musical est donc à comprendre comme l'extrait d'une œuvre plus globale ou d'un format plus large, tel qu'un album de musique.

150. PÉQUIGNOT, Julien, « Clip et discours : pragmatique de l'énonciation », in : *Volume! [En ligne]* 2.14, 2018, p. 111-124, URL : <http://journals.openedition.org/volume/5572>.

151. STRAW, *op. cit.*

152. CHION, Michel, *L'Audio-vision, son et image au cinéma*, Paris : Nathan, 1990, p. 139.

153. GAUDIN, Antoine, « Le clip comme forme d'expression musico-visuelle : pour une esthétique de la relation musique-images », in : *Volume! [En ligne]* 2.14, 2018, p. 97-110, URL : <http://journals.openedition.org/volume/5556>.

154. *Ibid.*

155. Maître de conférences en études cinématographiques et audiovisuelles à l'Université de Paris.

156. GAUDIN, *op. cit.*

157. *Ibid.*

158. *Ibid.*

159. Nous verrons plus loin que cette définition générique intervient également dans la distinction entre chansigne « de reprise » et « de création » (cf. 3.3.1).

160. GAUDIN, *op. cit.*

des productions vidéos chansignées ne constituent pas des produits promotionnels et marketing au service de l'industrie de la musique, mais relèvent le plus souvent d'auto-productions générées, et bien souvent financées¹⁶¹, par les artistes eux-mêmes, « professionnels »¹⁶² comme amateurs. D'autre part, car l'existence de ces productions, à l'exception de quelques rares cas de figure¹⁶³, est rarement dépendante d'une œuvre musicale préexistante, quel que soit le niveau sur lequel s'applique cette dépendance, mais situe davantage le clip comme un « médium autonome »¹⁶⁴ et une « composition musico-visuelle »¹⁶⁵ à part entière.

Ainsi, dans cette lecture, « ceci n'est pas un clip » est un énoncé pouvant être interprété au premier degré, car le chansigne fixé sur support semble bien être autre chose, ou plutôt autre *qu'une* « chose »¹⁶⁶. En s'inscrivant pleinement dans une expression visuogestuelle, le chansigne sur support ne peut être détaché de la vidéo et, plus globalement, des médias visuels sous peine de ne plus pouvoir être actualisé¹⁶⁷. Cela constitue donc une différence de taille avec la définition générique du clip musical orientée autour de l'idée que la musique est à comprendre, et à recevoir, comme un art prioritairement auditif. Le rapport hiérarchique faisant de l'image une dimension subsidiaire du son, tout comme le rapport inverse, ne semblent ainsi pas correspondre à la forme qu'induisent la création audiovisuelle en chansigne et sa fixation sur support. Dans ces productions fondamentalement multimodales, le « système musique-images »¹⁶⁸ induit pleinement la réciprocité de ces dimensions, s'éloignant

161. Notons tout de même que certains artistes ont recours aux plateformes en ligne de *crowdfunding* permettant un financement participatif/collaboratif de leur production. Voir : SCHMITT, *op. cit.*, p. 256.

162. Rappelons que la rémunération des droits d'auteur pour ces productions reste aujourd'hui marginale au regard de la législation et d'une industrie de la musique audiocentrée et focalisée de plus en plus sur la dématérialisation et la fragmentation des œuvres à travers l'exploitation des plateformes de *streaming* audio, telles que Spotify, Deezer, Tidal ou encore Apple Music. Ainsi, bien qu'existante, la commercialisation de ces productions, strictement dépendante du support vidéo, est relativement infime au regard des supports audio, et les rares systèmes de rémunération mis en place, tels que celui proposé par YouTube en tant que plateforme accueillant la majorité de celles-ci, sont encore loin de permettre aux artistes de vivre de leurs réalisations.

163. Nous faisons référence ici à certaines productions musicales – sujettes à des débats bien connus des milieux sourds en relation avec la musique – intégrant *a posteriori* du chansigne dans leur clip promotionnel, telles que la chanson *Savoir aimer* (1998) de Florent Pagny ou *My Valentine* (2013) de Paul Mac Cartney. Le cas de ces deux chansons est notamment discuté par Pierre Schmitt dans sa thèse de doctorat. Voir : SCHMITT, *op. cit.*

164. GAUDIN, *op. cit.*

165. *Ibid.*

166. Nous utilisons volontairement cette formulation afin d'opposer le chansigne fixé sur support à la notion de « chose » ou à la « chosification » de la musique qui, selon la pensée d'Evan Eisenberg, sont des dénominations qui résultent de sa marchandisation par l'industrie musicale. Voir : EISENBERG, Evan, *Phonographies : explorations dans le monde de l'enregistrement*, Paris : Aubier, 1988.

167. Nous traitons plus précisément de cet aspect en aval de cette thèse de doctorat (cf. 3.4).

168. GAUDIN, *op. cit.*

ainsi d'une « forme-marchandise »¹⁶⁹ pour mettre davantage en exergue « une forme-flux façonnée par ses propres modalités d'« écoulement » »¹⁷⁰. En d'autres termes, les opérations de traitement de l'image, de son enregistrement à son post-traitement, participent pleinement à l'expérience esthétique et pourraient être comprises comme des dimensions à part entière du processus de création en chansigne, au même titre que les paramètres dégagés en amont par Sylvain Brétéché (cf. 3.3.1) avec lesquels elles entrent en interaction.

Au-delà de l'inscription quasi systématique de sous-titres dans ces vidéos comme composante d'un « tout sémiotique et artistique »¹⁷¹, la composition d'un chansigne sur support tient compte des dimensions techniques et esthétiques relatives au support vidéo et aux pratiques audiovisuelles. Les possibilités offertes et les choix qui en émanent sont nombreux pour les artistes, que ce soit en termes de prise de vue (décors, plans, mouvements de caméra, cadrage, profondeur de champ, éclairage, etc.) ou de postproduction (montage, effets visuels, inclusion de textes, etc.). De ce fait, l'interaction artistique dans le chansigne ne résulte pas seulement de la confrontation des paramètres de production des LS avec les paramètres musicaux, mais repose également sur les techniques de l'image. Certaines productions démontrent des caractéristiques qui semblent ainsi marquer la volonté des artistes d'aller dans ce sens.

Par exemple, le « clip »¹⁷² de *Plan De Base* (2018) du rappeur Erremsi¹⁷³, réalisé en collaboration avec la chansigneuse Laëty, fait appel à des procédés qui illustrent ces interactions. Dès les premières secondes, la ligne de basse (composée de « kick » de boîte à rythmes comme matériau principal) est accentuée visuellement à l'image par un effet de zoom avant-arrière très bref, correspondant à l'enveloppe de chaque unité rythmique et évoquant, par figuralisme, la déformation mécanique subie par la membrane d'un haut-parleur. Si ce procédé audiovisuel n'est pas nouveau dans le domaine du clip musical, il semble néanmoins utilisé de manière récurrente dans d'autres productions du rappeur, notamment dans la reprise du titre de Tayc et Camille Lellouche *Et Si* en collaboration avec Elodia Mottot¹⁷⁴. Nous supposons que cette

169. STERNE, Jonathan, *MP3. Économie politique de la compression*, trad. de l'anglais par Maxime BOIDY et Alexis ZIMMER, Paris : La Rue Musicale, 2018.

170. GAUDIN, *op. cit.*

171. Comme le souligne Schmitt, l'intégration de sous-titres dans les vidéos en chansigne ne se réduit pas à la seule fonction de dispositif, favorisant l'accès de l'œuvre aux individus non signants, mais participe parfois pleinement, en tant qu'éléments créatifs, à l'esthétique visuelle de l'œuvre. Voir : SCHMITT, *op. cit.*, p. 294.

172. Disponible sur YouTube : <https://youtu.be/Mh2CjJdCyd8>.

173. Nous citons ici directement Erremsi qui utilise lui-même la notion de clip. Dans sa signification étymologique, c'est-à-dire en temps qu'extrait d'un ensemble de titres publié antérieurement, ce clip renvoie à l'*Extended Play* (EP) Niumi, paru la même année.

174. Disponible sur YouTube : <https://youtu.be/IhF8uW9074c>, (visité le 16-09-2022).

réurrence est loin d'être anodine et que ce procédé participe à renforcer la vusicalité du chansigne et l'intelligibilité de la ligne rythmique chez les sourds. En alternance avec ce procédé, l'accentuation du rythme musical est également mise en œuvre à travers « la régularité du défilement des images »¹⁷⁵ au montage, provoquée par les transitions entre les différents plans. Bien que ce procédé soit très commun dans le domaine du clip musical, ce dernier semble ici également au service de la vusicalité.

Certaines vidéos en chansigne illustrent aussi des interactions entre l'expression en LS, la dimension musicale et le traitement de l'image. Nous pouvons illustrer ce type d'interaction à travers la reprise du titre *Tout va bien* d'Orelsan par le chansigneur Adamo Sayad. Dans cette dernière, 0 min 46 s à 0 min 49 s, la phrase en français « tout va bien » est accentuée visuellement dans le chansigne sur l'expression du signe BIEN, qui est ralenti temporellement dans son exécution (rythmicité) à mesure que les bras du chansigneur s'écartent (transformation des paramètres manuels des LS) dans l'espace de signation (mélodicité et accentuation). Or, cet écartement se traduit également à l'image à travers un mouvement de travelling compensé¹⁷⁶, soulignant ainsi en quoi l'esthétique de l'image en chansigne entre en interaction avec ses autres dimensions artistiques (FIG. 3.2).

Distinction avec la « chanson signée »

À la différence du chant vocal, qui ne se définit pas autour d'une constituante linguistique, le chansigne est, au-delà de la modalité visuogestuelle dans laquelle s'inscrit son expression, ontologiquement ancrée dans l'utilisation des LS. Comme nous l'avons vu, cet ancrage linguistique fait écho aux actions visant à mettre en valeur les LS dans un cadre artistique, menées historiquement par les comédiens d'IVT. De ce fait, toute forme d'expression visuogestuelle n'obéissant pas au cadre morpho-syntaxique et lexical des LS ne peut être considérée comme étant du chansigne. Ce discours, tenu par certains artistes et membres de la communauté sourde, est à l'origine de la distinction entre chansigne et « chanson signée »¹⁷⁷.

175. GAUDIN, *op. cit.*

176. Aussi appelé « effet Vertigo », « travelling contrarié » ou encore « contra-zoom », cet effet est produit par la combinaison d'un travelling mécanique de la caméra et d'un zoom de sens opposé. Dans le cas de cet exemple, il s'agit d'un travelling arrière et d'un zoom avant, donnant ainsi l'illusion que l'arrière-plan se rapproche alors que le sujet en avant-plan, le chansigneur, s'éloigne (plan rapproché vers plan moyen).

177. La littérature scientifique, quant à elle, n'apporte que très peu d'explications à propos de cette distinction. Cette dénomination est même employée sans distinction par Sylvain Brétéché pour définir le chansigne comme « une expression a-sonore d'un texte sous la forme d'une chanson signée, [...] ». Voir : BRÉTÉCHÉ, « L'écoute incorporée ou l'émergence du sensible. De la corpauralité à l'écoute musicale sourde ».

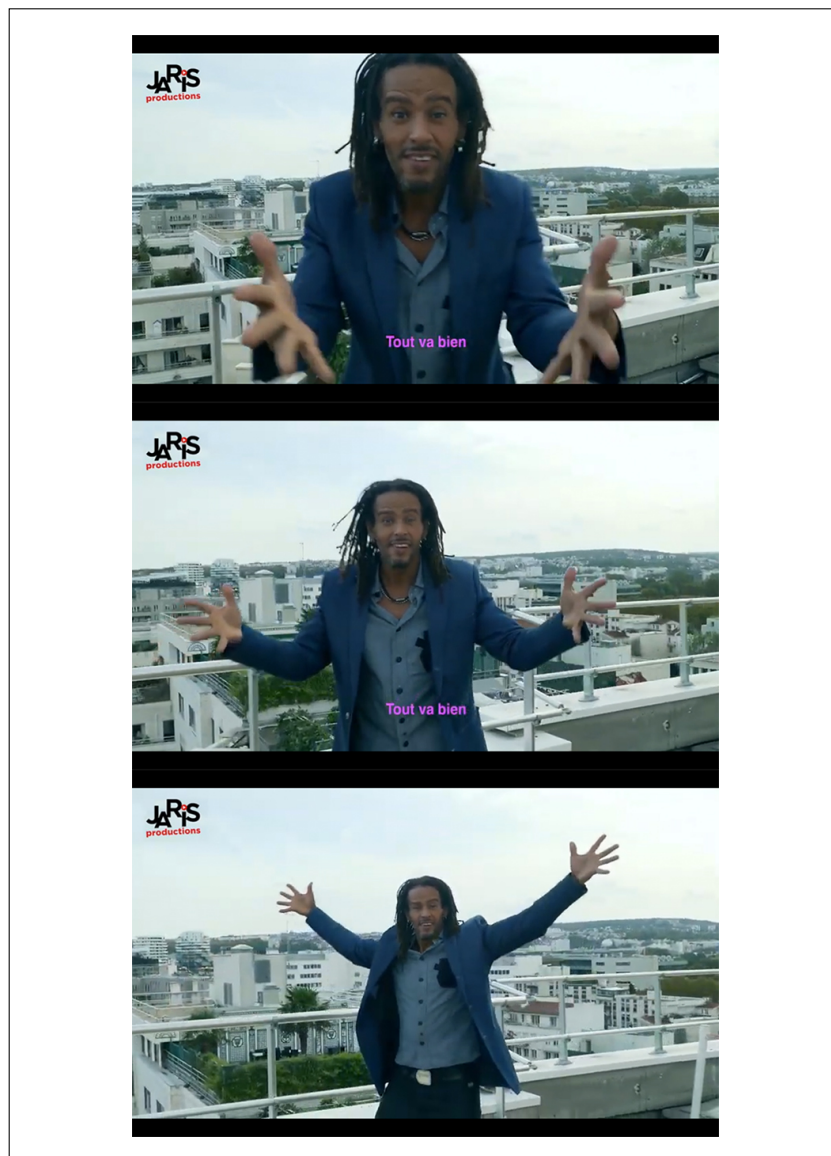


FIGURE 3.2 – De haut en bas, dans l'ordre d'écoulement temporel de la lecture, de 0 min 46 s (scène située en tête) à 0 min 49 s (scène située en pied). Voir : <https://youtu.be/po9VZQhfUgM>, (visité le 12-04-2021).

Dans une vidéo explicative produite et animée par le rappeur français Erremsi¹⁷⁸, ce dernier opère cette distinction en ces termes :

[...], le chansigne est du domaine de la discipline artistique. Ça nécessite une bonne, voire très bonne maîtrise de la LS. [...]. Les chansons signées sont du domaine de la traduction. Elles ne nécessitent pas forcément une bonne maîtrise de la LS. Elles utilisent essentiellement les mains et, souvent, elles sont focalisées sur le texte, voire même le mot à mot. Ce qui laisse malheureusement place à du français signé.¹⁷⁹

Comme pour le chansigne, cette dénomination peut donc être utilisée pour désigner à la fois une forme, « la » chanson signée, et un ensemble de pratiques, « les » chansons signées. En revanche, les « chansons signées » désignent des productions musicales dont la performance est fondée sur une expression visuo-gestuelle empruntant au lexique des LS sans toutefois en respecter l'entièreté des codes. De fait, ce type d'expression repose le plus souvent sur l'utilisation du français signé (cf. 1.3.5) au sein d'un procédé de composition consistant à effectuer, dans une visée musicale, une traduction « verbatim », « mot à signe », de l'écrit vers cette modalité de communication.

Cependant, pour comprendre la nature de cette distinction, celle-ci ne peut être extraite de son milieu d'usage. La connotation négative que peut véhiculer l'usage du français signé dans la communauté sourde et son rapport diglossique avec les LS demeurent ici intactes. Dans la pratique, de la même manière que le sourd se distingue de l'entendant, la distinction entre ces deux formes d'expression n'existe donc qu'à l'intérieur du périmètre des milieux sourds et relève donc du surdisme et d'un réductionnisme d'ordre linguistique. Notons toutefois que le périmètre d'usage de cette distinction terminologique se limite principalement à la France et que cette distinction ne dispose d'aucune correspondance directe en anglais par exemple¹⁸⁰.

178. Erremsi, connu également sous son ancien pseudonyme « Radikal MC », est un rappeur français dont la carrière artistique est, depuis 2011, caractérisée par des collaborations multiples avec des artistes issus de la communauté signante, tels que la chansigneuse Laëticia Tual, dit « Laëty », ou encore, plus récemment, avec la chansigneuse, interprète et traductrice en LSF Elodia Mottot. Par ailleurs, depuis 2022, il forme avec cette dernière, la chansigneuse Douboukan (Jennifer Tedderri) et le chansigneur VinzSlam (Vincent Thomas) le « Collectif Integraal ».

179. Transcription du français oral à partir de : ERREMSI, *Le Chansigne, c'est quoi?! #PPSB - Épisode 3*, 2020, URL : <https://youtu.be/xmk2aGG89jc>.

180. Le chansigne, en tant que forme d'expression, est désigné par la formulation « *sign-singing* » en anglais, tandis que la formulation « *signed music* » (qui pourrait se traduire littéralement en français par « musique signée ») désigne généralement le répertoire musical dans lequel cette forme apparaît. En revanche, la dénomination « chanson signée » usitée dans la communauté sourde en France ne possède pas d'équivalent propre en anglais. Cependant, sa signification correspond à ce qui est désigné à travers l'usage plus commun du terme « traduction » (« *translation* »). Voir : BEGUE, Jason et CRIPPS, Janis, « The Artwork of Videoediting in Signed Music », in : *Journal of American Sign Languages & Literatures (JASLL)*, 2018, URL : <https://journalofasl.com/the-artwork-of-videoediting/>.

Si le chansigne est vecteur d'un ensemble de valeurs propre aux sourds, la chanson signée est généralement peu appréciée chez ces derniers, car représentée comme une pratique, majoritairement issue du monde entendant, qui participe à invisibiliser les artistes sourds et l'usage des LS. L'origine de cette distinction est donc moins artistique et esthétique que militante et idéologique. À titre de comparaison, n'étant pas circonscrit à l'usage d'une ou d'un ensemble de langues, il n'existe pas d'égal dans le chant vocal, qui peut inclure des formes non-verbales et extra-linguistiques¹⁸¹. Dans cette perspective inverse, limiter le chansigne aux LS en excluant l'usage du français signé peut induire le risque de discriminer certaines pratiques qui pourraient augmenter les possibilités offertes par cette forme d'expression¹⁸².

Catégorisation usuelle du chansigne : « de reprise » et « de création »

Le chansigne intègre aujourd'hui un large spectre de productions artistiques et musicales et sa visibilité connaît une véritable expansion, autant sur scène dans le spectacle vivant qu'à travers les œuvres fixées sur support. Depuis le siècle dernier, la diversité de ces propositions et des différents acteurs qui s'y rattachent a fait naître un panel de pratiques autour de cette forme d'expression. Plusieurs réflexions, émanant principalement des milieux artistiques sourds, visent à proposer une catégorisation de certaines de ces pratiques en fonction des procédés, des enjeux ou encore des situations qu'elles impliquent. Dans cette sous-section, nous étudierons une distinction récurrente dans ces discours, consistant à différencier le chansigne « de reprise » du chansigne « de création ».

Le chansigne « de reprise » est une pratique visant à réaliser une production ou une performance chansignée fondée sur l'appropriation des dimensions herméneutiques, artistiques ou esthétiques d'une œuvre musicale préexistante, c'est-à-dire appartenant au patrimoine des œuvres passées. En d'autres termes, la création d'un chansigne de reprise consiste à transformer les composantes d'une œuvre pour les adapter aux modalités expressives du chansigne et, par extension, des LS. Comme l'expliquent Périnne Diot, Florian Gautrin et Aurélie Nahon du collectif 10 Doigts en Cavale :

Il convient donc de prendre en compte toutes les composantes : le texte, le rythme, l'instrumentation, sans oublier les émotions véhiculées. Tous ces éléments seront ainsi retransmis à travers la gestuelle, mais aussi à l'aide des expressions du visage et au moyen du corps, toujours en mouvement. Il ne s'agit donc

181. Par exemple, les vocalises, le scat, le yaourt ou le turlutage sont considérés comme des formes de chant.

182. Comme le souligne Pierre Schmitt : « le fait que certaines interprétations en chan(t)signe se rapprochent davantage du français signé tandis que d'autres relèvent d'"adaptations" plus libres, [...], constitue plutôt un argument en faveur des possibilités créatives de cette pratique ». Voir : SCHMITT, *op. cit.*, p. 268.

pas d'une traduction « mot à signe », mais d'une transposition de sens, incluant une adaptation artistique.¹⁸³

Il n'existe pas de méthodologie spécifique pour créer un chansigne de reprise, chacun des artistes ou collectifs d'artistes ayant leur propre processus de création. Néanmoins, l'état des connaissances actuelles dénote plusieurs dimensions récurrentes. En amont, le processus de création peut inclure un intérêt pour le paratexte visant à décrypter les intentions de l'œuvre et les intentions de son auteur ou interprète originelles. Selon le collectif précédemment cité : « il convient d'abord [...] de connaître l'univers de l'artiste pour pouvoir être le plus juste possible dans la traduction : il est en effet probable que ses textes fassent référence à sa vie et à ce qu'il a pu faire »¹⁸⁴. Lors d'une rencontre avec la chansigneuse Laëtity Tual, dit « Laëtity »¹⁸⁵, cette dernière soulignait également l'importance de comprendre l'identité de l'artiste dans son processus créatif, notamment en échangeant directement avec celui-ci, par la lecture d'interviews, ou encore de récits biographiques¹⁸⁶. Ce travail préalable sur les intentions de l'auteur précède donc le travail de traduction du texte en LS.

À la différence d'une traduction à finalité communicationnelle, l'acte de traduction en situation artistique¹⁸⁷ impose, dans le cas du chansigne de reprise (et de l'interprétation en concert), de prendre pleinement en compte la musicalité de l'œuvre originelle. Du fait des différentes temporalités entre l'exécution des langues vocales et des LS, plusieurs étapes peuvent être nécessaires à l'interprète pour faire correspondre la performance en chansigne avec le flux temporel imposé par la performance en chant vocal¹⁸⁸. Le traitement rythmique peut donc non seulement se matérialiser par une accélération ou un ralentissement de l'exécution et de l'enchaînement des

183. DIOT, Périnne, GAUTRIN, Florian et NAHON, Aurélie, « Le chansigne », in : *Traduire [En ligne]* 243, 2020, URL : <http://journals.openedition.org/traduire/2203>.

184. *Ibid.*

185. Informations et éléments biographiques disponibles sur : <https://www.laetysignmouv.com/>, (visité le 18-03-2022).

186. Communication publique intitulée « Le chansigne : pratique musicale sourde en question ; avec Laëtity », organisée dans le cadre des « Rencontres du Centre d'Étude des Arts Contemporains (CEAC) » à l'Université de Lille, le 28 novembre 2019.

187. Pour ne pas circonscrire son travail de traduction à la seule composante linguistique et souligner les différences en contexte artistique, Laëtity a eu recours, lors de notre entretien précédemment cité, à la notion de « tradaptation » (mot-valise fusionnant les termes traduction et adaptation) pour désigner son processus. Cette notion, empruntée à Patrick Gache, a également été soulignée par Pierre Schmitt dans sa thèse de doctorat. Voir : SCHMITT, *op. cit.*, p. 239.

188. Dans son processus de création en chansigne « de reprise », dénomination employée par elle-même, Laëtity nous confiait par exemple réaliser une « adaptation iconique » du texte en aval de sa première traduction, consistant à favoriser une expression fondée sur les propriétés iconisatrices propres aux LS.

signes dans la performance, mais aussi permettre, à la manière du figuralisme, l'apport d'éléments contextuels implicites ou extérieurs au texte lui-même¹⁸⁹.

Le traitement mélodique, quant à lui, induit des transformations relatives aux dimensions musicales de l'œuvre originelle, c'est-à-dire des éléments caractéristiques de l'écriture vocale et instrumentale, de l'instrumentation, de l'esthétique, ou encore issus de procédés de composition spécifiques¹⁹⁰. Communes à tout processus de création en chansigne, en « reprise » comme en « création », nous détaillerons ces transformations dans une prochaine sous-section en nous référant à l'approche paramétrique développée par Sylvain Brétéché (cf. 3.3.1). Parmi la globalité des productions en chansigne réalisée dans l'Hexagone, la proportion de chansignes de reprise, d'une part, reste aujourd'hui majoritaire par rapport aux chansignes « de création » et, d'autre part, relève surtout, comme le souligne Pierre Schmitt, de « réalisations "officieuses" [...] »¹⁹¹. Au-delà des artistes cités précédemment, de nombreux autres collectifs, chansigneurs et chansigneuses, professionnels comme amateurs, s'illustrent à travers cette pratique, tels que Douboukan, Adamo Sayad, VinzSlam, la Compagnie des Corps Bruts, Les Petites Mains, Les Mains Balladeuses, Team Sign Events, ou encore l'actrice sourde, comédienne et co-directrice actuelle d'IVT Emmanuelle Laborit à travers, par exemple, le spectacle *Dévaste-moi* (2017).

Quant au chansigne « de création », il désigne toute création musicale qui ne relève pas d'une appropriation d'une œuvre existante et intégrant du chansigne dès le processus de composition initial. Comme en chansigne « de reprise », la « création » en chansigne peut inclure une étape de traduction préalable d'un texte en français, mais peut également être pensée et produite indépendamment de l'écriture vocale¹⁹², voire directement en LS. De ce fait, si le chansigne de reprise renvoie le plus souvent à une expression bilingue, caractérisée par la « co-présence »¹⁹³ des langues vocales et des LS, le chansigne de création peut également aboutir à des productions monolingues dans lesquelles les langues vocales n'apparaissent pas¹⁹⁴. Néanmoins, comme le souligne Pierre Schmitt :

[...] les formes de co-présence entre langue vocale et langue des signes dans la production d'objets et d'événements musicaux entretiennent des liens particuliers avec les formes de co-présence entre les individus, impliquant et favorisant l'émergence de l'idée d'une « communauté signante », ouverte aux sourds comme

189. Le collectif 10 Doigts en Cavale évoque par exemple l'ajout de signes permettant de « préciser une atmosphère » au-delà des éléments décrits explicitement dans le texte. Voir : DIOT, GAUTRIN et NAHON, *op. cit.*

190. *Ibid.*

191. SCHMITT, *op. cit.*, p. 280.

192. *Ibid.*, p. 249.

193. *Ibid.*, p. 229.

194. Pierre Schmitt donne en exemple les performances menées dans le cadre de concours de chansigne, ou encore les créations de l'artiste Isabelle Voizeux. Voir : *ibid.*, p. 238.

aux entendants. [...] De médium à médiation explicite pour la rencontre, [...], la musique et la langue des signes permettent aux sourds et aux entendants de créer et d'écouter ensemble.¹⁹⁵

En se structurant autour d'un espace d'expression artistique mixte, le chansigne « de création » est une pratique qui favorise la concrétisation de productions bilingues, dans lesquelles sourds et entendants, langues vocales et LS, se partagent la scène sans renvoyer à des représentations diglossiques ou à des inégalités dans le traitement des individus¹⁹⁶. En France, le répertoire existant est majoritairement alimenté par des formations réduites, que ce soit par des interprètes en solo ou rassemblés en groupes sous la forme de « duos »¹⁹⁷. Parmi ces derniers, nous pouvons citer en exemple les duos formés par Laëty et Erremsi, Erremsi et Elodia Mottot, ou encore Albaricate, duo formé par la chansigneuse sourde Clémence Colin et le chanteur et musicien entendant Samuel Genin.

La distinction entre chansigne « de reprise » et chansigne « de création » s'ancre ainsi fortement autour de la relative originalité de la paternité attribuée aux productions relevant de l'une ou de l'autre de ces pratiques. Pour autant, l'idée que la notion de création puisse exclusivement être rattachée à une œuvre *ex nihilo*, tandis que la reprise repose sur l'appropriation d'une création qui la précède sans qu'elle puisse s'en délivrer semble discutable¹⁹⁸. Cautionner cette distinction reviendrait alors à faire de la reprise un acte visant à dupliquer de manière formelle les caractéristiques d'une œuvre originale dans le simple but de les transmettre. Or, si la reprise est bel et bien une forme d'appropriation des caractéristiques de l'œuvre originelle, ces dernières ne sont qu'un socle pour l'interprète et peuvent être sujettes à une « liberté de modification »¹⁹⁹. De ce fait, toute reprise déploie sa propre identité artistique et matérielle, laquelle est forgée par la « *persona* »²⁰⁰ de l'artiste-interprète dans son processus de transformation de l'œuvre initiale.

195. *Ibid.*, p. 229.

196. Nous développons cet aspect dans la sous-section suivante avec le chansigne comme dispositif lié à l'accessibilité des sourds comme PSH à la musique (cf. 3.3.1).

197. SCHMITT, *op. cit.*, p. 241.

198. Un discours qui, en revanche, peut davantage correspondre aux chansignes pratiqués en concert par des interprètes dans le cadre de l'accessibilité (cf. 3.3.1).

199. AUGIER, Charline, « Les formes de l'appropriation musicale. Entre musique graphosphérique et audiovisosphérique », Mémoire de master 2 écrit sous la direction de Vincent TIFFON et Romain BRICOUT, Lille, Université de Lille, 2017, p. 132.

200. Terme emprunté à Serge Lacasse, qui, par ailleurs, définit la reprise en musique comme une « transformation *allosonique* », c'est-à-dire une pratique visant à produire un objet artistique à l'identité propre et dont le processus de création ne repose pas sur la transformation des médiums inhérents à l'œuvre d'origine. Voir : LACASSE, Serge, « La musique pop incestueuse : une introduction à la transphonographie », in : *Circuit* 18.2, 2008, p. 11-26.

Ainsi, d'un point de vue herméneutique, tout acte d'interprétation est donc à considérer comme un « acte de création »²⁰¹ et « les “interprètes”, quel que soit le contexte, sont toujours des “créateurs”, et non pas de simples “transmetteurs” »²⁰². Puisqu'un tel point de vue fait de la création et de la reprise les deux faces d'une même pièce, les productions en chansigne de reprise sont donc *de facto* à considérer comme des créations à part entière. À la lumière de ces considérations, la distinction entre chansigne « de reprise » et « de création », bien qu'étant parfois d'usage, présente donc une redondance la rendant peu pertinente et paradoxale.

Accessibilité et handicap : le chansigne comme dispositif

Face aux mesures prévues dans le cadre de l'accessibilité des sourds au spectacle vivant (cf. 3.1.2) et à l'usage des LS comme langues de création artistique, certains ERP et organisateurs d'événements culturels voient le chansigne comme une opportunité pour pouvoir proposer dans leur programmation des spectacles « naturellement accessibles »²⁰³ et ainsi assoir la conformité de leur accessibilité aux yeux de la loi et des publics concernés²⁰⁴. Bien que la proportion de concerts intégrant du chansigne en France reste « homéopathique »²⁰⁵ au regard de la globalité des concerts donnée quotidiennement sur l'ensemble de notre territoire, la présence du chansigne sur scène est toutefois « de plus en plus fréquente »²⁰⁶. C'est ainsi que la communication préalablement mise en œuvre par certains acteurs du secteur culturel pour mettre en avant la présence du chansigne au sein de leur programmation fait appel aux outils de l'accessibilité. Par exemple, au fil de nos recherches, nous avons pu constater à de nombreuses reprises l'intégration du pictogramme relatif aux LS et de textes faisant mention du chansigne directement sur les affiches de concert ou de festival, ou encore dans les brochures détaillant la programmation culturelle (FIG. 3.3).

La fonctionnalisation du chansigne dans le cadre de l'accessibilité répond donc aux besoins et aux objectifs d'égalité des droits et des chances invoqués au sein des guides ministériels (cf. 3.1.2). Perçu alors en tant que dispositif technique au même titre que le sur-titrage par exemple, le chansigne doit donc permettre d'assurer la

201. ROUSSELOT, Mathias, « Interpréter et improviser. Regard herméneutique et esthétique sur l'exécution musicale », in : *Déméter [En ligne]*, 2016, URL : <https://demeter.univ-lille.fr>.

202. SCHMITT, *op. cit.*, p. 272.

203. MINOT, *op. cit.*, p. 44.

204. Notons qu'IVT représente ici une exception face au contexte historique spécifique dans lequel cette institution est apparue. En effet, l'enjeu principal de sa création consistait moins à permettre aux sourds un accès à l'expérience du spectacle vivant, pourvu dans le cadre du handicap, que de valoriser auprès de tous, en particulier auprès des entendants, l'existence et la reconnaissance des LS, de la culture et des pratiques artistiques sourdes.

205. SCHMITT, *op. cit.*, p. 237.

206. *Ibid.*, p. 236.



FIGURE 3.3 – Bien que différent du pictogramme ministériel officiel, un pictogramme indiquant l'interprétation en LSF est visible sur cette affiche de concert, accompagné des mentions « 100% chansigne » et « spectacle inclusif », ainsi que le nom de l'organisme associatif chargé de l'interprétation en chansigne (Deux mains Sur Scène).

pleine participation des sourds à l'expérience musicale, que ce soit en tant que créateur ou récepteur. Inscrite dans le sillage de la loi de 2005 et la représentation des sourds comme PSH, cette articulation spécifique du chansigne en situation de concert « semble désormais occuper une place de premier rang dans les représentations entendantes des pratiques artistiques en langue des signes »²⁰⁷ et « a donné naissance à un engouement médiatique de la part des entendants »²⁰⁸. Cette représentation, qui gagne aujourd'hui du terrain dans la pensée commune et médiatique, permet à cette forme d'expression de renforcer également sa visibilité sur le plan institutionnel²⁰⁹. Toutefois, en se fondant sur une « vision restrictive »²¹⁰ du chansigne, limité donc à la pratique d'interprétation de concert, cette représentation essentialiste peut aujourd'hui masquer un ensemble de réalités et de situations complexes, aux enjeux parfois opposés et dépassant les simples frontières de l'expérience artistique.

Sans invoquer d'emblée les problématiques relatives au paradigme culturel des sourds et au rejet du handicap, le chansigne comme dispositif ne semble pas échapper aux défaillances et inégalités que connaît encore à l'heure actuelle l'application de l'accessibilité sur l'ensemble du territoire. En premier lieu, malgré une visibilité croissante soulignée précédemment, la présence scénique du chansigne est encore loin d'être généralisée dans l'ensemble des ERP et des événements musicaux. Cependant, l'hétérogénéité de son déploiement est un phénomène qui ne se restreint pas seulement à l'espace géographique, mais qui peut également s'observer directement à travers les programmations culturelles, voire directement au cours de certains concerts. Malgré l'objectif d'un accès « à tous pour tout » et « naturel » visés par certains lieux de circulation de la musique, il n'est ainsi pas rare de constater que les concerts présentant du chansigne ne représentent qu'une part mineure de la globalité des concerts inscrits au sein des programmes annuels. De la même manière, la présence du chansigne sur scène peut être relativement variable lors d'un même concert, l'interprète, ou les interprètes, n'étant parfois sollicités que pour une durée sélective pouvant se résumer seulement à quelques titres.

Selon une représentation courante induite dans le cadre de l'accessibilité, l'existence du chansigne sur scène devient tributaire des productions n'intégrant pas la LS dans leur processus de création initial. En effet, l'expression en LS à la base du chansigne est souvent perçue comme moyen pour traduire les textes issus des répertoires comprenant du chant vocal et appartenant au patrimoine musical entendant. Dans cette représentation, la LS n'est alors pas considérée comme une langue de création (à

207. *Ibid.*, p. 237.

208. *Ibid.*, p. 264.

209. Comme le mentionne Pierre Schmitt : « [...] force est de constater que la politique de l'accessibilité a facilité l'accès à la scène de nombreux spectacles signants », notamment en intégrant ces derniers au sein de « festivals entièrement consacrés au "handicap" ». Voir : *ibid.*, p. 250.

210. *Ibid.*, p. 264.

l'instar des considérations dont elle fait l'objet en chansigne « de reprise » ou « de création » par exemple), mais, dans une visée davantage linguistique et réductrice, comme une langue de communication « adaptée à une population déficiente à laquelle il s'agira de rendre "accessibles" des créations artistiques forgées par d'autres »²¹¹. Au-delà de réduire les dimensions du chansigne à sa seule composante linguistique, cette vision erronée neutralise ainsi toute possibilité à cette forme d'expression d'aboutir à la création musicale. Bien que rarement employées, le chansigne « d'accessibilité », ou d'« interprétation », sont des dénominations parfois invoquées au sein des milieux sourds pour qualifier, souvent de manière péjorative, la pratique spécifique du chansigne en concert fondée sur une telle représentation.

Du côté des interprètes, n'étant parfois sollicités qu'au « bout de la chaîne »²¹² dans l'organisation d'un concert, la situation sur scène peut également présenter d'importantes inégalités en termes de traitement scénographique et de réception chez les publics sourds, aboutissant parfois à des résultats contreproductifs au regard des objectifs visés par l'accessibilité. Rappelons que si le chansigne est recommandé dans la promotion des spectacles « naturellement accessibles », les guides ministériels ne prévoient aucun protocole permettant de régir sa pratique en concert auprès des structures de diffusion. Les exemples de situations inégalitaires que vivent ces interprètes, ainsi que leur public cible par la même occasion, sont fréquemment rapportés et leur provenance est de nature multiple, qu'ils soient issus du discours des interprètes eux-mêmes ou encore introduits par les sourds sous la forme de commentaires visibles sur les différents réseaux sociaux utilisés par cette communauté. Parmi une kyrielle d'autres exemples, l'une des dernières situations inégalitaires les plus marquantes de ces dernières années renvoie, de par la très forte médiatisation de cet évènement outre-Atlantique, à la performance « invisibilisée »²¹³ par certains médias de l'artiste sourde plasticienne et chansigneuse Christine Sun Kim lors du concert d'ouverture du 54^{ème} Super Bowl en février 2020²¹⁴.

211. *Ibid.*, p. 265.

212. *Ibid.*, p. 245.

213. Ce phénomène d'invisibilisation des artistes chansigneurs est couramment souligné dans la communauté sourde pour dénoncer certaines situations inégalitaires dont les artistes, voire les sourds dans leur globalité font l'objet. Si le cas de Sun Kim renvoie à une invisibilisation matérielle, c'est-à-dire au fait de rendre concrètement invisible l'artiste à l'écran, ce phénomène peut également être compris sous l'angle d'une invisibilisation sociale et culturelle. Par exemple, dernièrement, la sollicitation d'une chansigneuse entendant pour interpréter *la Marseillaise* lors de la cérémonie de clôture des Jeux Paralympiques de Tokyo en 2021 a suscité un grand nombre de réactions chez les sourds, ces derniers déplorant que le choix des organisateurs ne se soit pas porté sur un artiste sourd pour les représenter. par ailleurs, peu de temps après, ces mêmes critiques ont été ravivées suite à l'invitation d'un chansigneur entendant pour une performance à l'occasion de l'édition 2021 de la Semaine Européenne pour l'Emploi des Personnes Handicapées (SEEPH).

214. Invitée aux côtés des chanteuses américaines Demi Lovato et Yolanda Adams pour interpréter en chansigne l'hymne national américain, *The Star-Spangled Banner*, et l'hymne *America the Beautiful*,

Comme l'explique Pierre Schmitt :

[...] les interprètes de concerts – ou de « bord de scène » – comme dispositifs d'accessibilité se démarquent précisément par une « a-théâtralisation » de leur performance. Bien que l'engagement du corps et l'importance des expressions du visage soit nécessairement présents, leur prestation se caractérise par ailleurs par leur confinement dans un espace scénique secondaire, l'absence de leur mise en scène au sein du spectacle dans son ensemble, l'impossible recours à des déplacements.²¹⁵

Cette « a-théâtralisation » ne se concrétise donc pas seulement par l'espace restreint qui peut être accordé à l'interprète sur la scène, mais peut également être alimentée par d'autres facteurs, tels que le manque d'éclairage ou l'obstruction visuelle de la performance par les autres artistes présents. Paradoxalement, cette restriction de participation, ou plutôt d'expressivité des interprètes sur scène peut parfois produire l'effet inverse : en voulant limiter leur visibilité à un plan secondaire, l'expression artistique en LS décentre le regard du public vers ces interprètes, accusés alors de « voler la vedette »²¹⁶ aux artistes de premier plan²¹⁷. Quoi qu'il en soit, ces exemples de situations inégalitaires que connaît actuellement la pratique du chansigne en concert traduisent une nouvelle fois les faiblesses du principe d'accessibilité à atteindre sa finalité visée et expliquent en partie en quoi « la présence d'interprètes n'implique pas la présence de sourds, pas plus qu'elle ne garantit une expérience satisfaisante pour ces derniers »²¹⁸. Si le chansigne permet bien à certains lieux de diffusion de la musique, dans cette perspective normalisatrice et à l'instar d'autres dispositifs techniques, d'afficher l'accessibilité de leurs concerts, ces derniers ne sont pas pour autant totalement responsifs dans la pratique (cf. 3.1.1).

Christine Sun Kim est revenue par la suite, au sein d'articles concédés à différents médias journalistiques, sur les conditions de sa performance, en critiquant notamment la mise en scène du concert et sa retransmission télévisuelle et internet pour leur défaut d'égalité et d'accessibilité. En effet, d'une part, l'usage de l'unique scène mobile prévue pour l'occasion ayant été réservée exclusivement pour la performance des chanteuses, la performance de Sun Kim s'est déroulée dans un espace dissocié, isolé quelques mètres plus loin sur la pelouse du stade. D'autre part, la retransmission en direct de l'évènement à la télévision et sur internet a largement minimisé l'apparition de la chansigneuse à l'écran en la réduisant à quelques secondes cumulées au total, rendant ainsi tout accès à la performance nul pour le public ciblé. Par ailleurs, au-delà du discours de Sun Kim, la page Wikipedia consacrée à l'évènement, en anglais comme en français, ne fait à ce jour aucunement mention de la performance de la chansigneuse.

215. SCHMITT, *op. cit.*, p. 263.

216. *Ibid.*, p. 243.

217. Comme l'explique Pierre Schmitt : « Notons dès à présent que cette visibilité, comme c'est le cas pour les buzz autour d'artistes célèbres ou d'événements publics importants [...], est proportionnelle à l'aura médiatique des artistes ou personnalités concernés – auxquels les protagonistes signants pourront ainsi être accusés de “voler la vedette” ». Voir : *ibid.*, p. 263.

218. *Ibid.*, p. 237.

Du côté des récepteurs, comme nous l'avons rappelé précédemment dans cette thèse de doctorat²¹⁹, tous les sourds ne maîtrisent pas la LSF. De ce fait, en réduisant les populations sourdes dans leur ensemble à une minorité signante, la promotion du chansigne comme dispositif d'accès « naturel » à la musique obéit à une représentation erronée des surdités et des sourds pensée comme homogène. Par conséquent, l'intégration du chansigne dans le cadre du handicap et de l'accessibilité peut alors sembler contre-intuitive. Premièrement, car sa fonctionnalisation comme dispositif visant à neutraliser la situation de handicap enferme paradoxalement le public sourd dans ce statut, conduisant *de facto* à une illustration du paradoxe goffmanien (cf. 1.3.4). Deuxièmement, car la spécialisation de ce dispositif, dont le déploiement s'ancre dans une approche ciblant spécifiquement ce public, participe à marginaliser les sourds et à renforcer le stigmate²²⁰.

Pour un sourd maîtrisant la LS, un concert en chansigne – dans la mesure où celui-ci ne fait pas l'objet de situations inégalitaires soulignées plus haut – ne présente techniquement aucun obstacle dans l'accès au contenu lexical de l'œuvre. Cette personne n'est donc pas à considérer comme étant en situation de handicap, pas plus que l'environnement n'est défini comme handicapant. Pourtant, dans cette perspective, les sourds ne peuvent jamais totalement s'extraire du handicap, dans la mesure où « les spectacles mettant en scène des artistes sourds ou la langue des signes comme langue de création à part entière apparaissent comme phagocytés par ces politiques et ces représentations [...] »²²¹. Parallèlement, les institutions artistiques sourdes historiques, telles qu'IVT, ne s'inscrivent pas particulièrement dans les discours rapprochant les sourds du handicap, soulignant que le spectre du refus de cette notion plane au sein de cette communauté (cf. 1.3.7)²²².

3.3.2 Autres exemples de forme d'expression et de pratiques musicales sourdes

Si le chansigne représente aujourd'hui l'une des formes d'expression musicale sourdes les plus visibles dans l'espace artistique en tant que « support privilégié d'expressivité musicale »²²³, il ne définit pas pour autant la seule forme d'expression existante de la réalité musicale sourde. Comme le souligne Sylvain Brétéché : « certains

219. Cf. 3.1.2.

220. SOPHYS-VÉRET, *op. cit.*

221. SCHMITT, *op. cit.*, p. 265.

222. À l'exception des pictogrammes visibles en pied de page, le rapport au handicap n'apparaît pas sur le site internet d'IVT, que ce soit dans leur section de présentation ou à travers la programmation culturelle. Voir : <https://ivt.fr/>.

223. BRÉTÉCHÉ, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et "expérience musicale Sourde" ».

artistes Sourds développent des pratiques singulières »²²⁴ qui, au-delà du chansigne, participent à la formation « d'une réelle scène musicale Sourde »²²⁵.

Mur du Son

Né en 2006, Mur du Son est un groupe français composé de musiciens exclusivement sourds. L'effectif comprend, dans sa formation historique, trois membres fondateurs : Maati (percussionniste et chansigneur)²²⁶, Alban (batter) et Julien (bassiste). À ces trois membres initiaux se rajoutent également, à partir de 2009 et en tant que membres permanents, Hassan (percussionniste) ainsi que, depuis 2017, la chansigneuse et comédienne sourde Thumette Léon. Au-delà de leur « identité musicale singulière »²²⁷ forgée par un groupe produisant un exemple de « musique Sourde »²²⁸, la spécificité de Mur du Son se révèle aussi sous de nombreux autres aspects.

Tout d'abord, à travers sa formation instrumentale caractérisée par l'utilisation de divers instruments de musique, tels qu'une guitare basse électrique à frettes, une batterie, des congas et autres percussions membranophoniques ou idiophoniques (djembé, cajan), sur lesquels le chansigne se pose comme « support exclusif d'expression textuelle »²²⁹. La composition de cet effectif instrumental s'explique à la fois par les capacités perceptives des membres, du fait des situations cliniques liées aux surdités qui favorisent l'utilisation d'instruments produisant des sonorités basses fréquences et percussives, mais également par des préférences personnelles liées aux vécus biographiques²³⁰.

Ensuite, les pratiques musicales du groupe se détachent « des normes Entendantes » et « des pratiques ordinaires » pour définir une « réalité esthétique renormée »²³¹. Cette renormalisation se concrétise, par exemple, à travers certaines pratiques scéniques et notamment dans le rapport technique au son. En effet, en situation de concert, le son de chacun des instruments est capté, amplifié et reproduit selon un traitement électroacoustique classique. Or, d'après Maati, le traitement lié à la

224. *Ibid.*

225. *Ibid.*

226. Pour une biographie étendue de Maati et Mur du Son, voir : RIOUAL, Octavia, « De la musique dans le monde sourd à l'ère du numérique. Étude des nouveaux modes de diffusion et des nouvelles pratiques artistiques en Europe et en Amérique du Nord au XXI^e siècle », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Bruno BOSSIS, Antoine BONNET et Marion BLONDEL, Rennes, Université Rennes 2, 2022, p. 262-264.

227. BRÉTÉCHÉ, *op. cit.*

228. *Ibid.*

229. *Ibid.*

230. La pratique instrumentale des musiciens n'ayant chronologiquement pas débuté à partir de la formation du groupe, mais étant pour certains, tels que Maati à travers le jeu des percussions, relativement antérieure.

231. BRÉTÉCHÉ, *op. cit.*

sonorisation, notamment en ce qui concerne par exemple les réglages d'amplification, n'est pas basé sur les mêmes normes que celles utilisées pour sonoriser des musiciens entendants²³². Ces spécifications techniques s'expliquent en partie par l'audience le plus souvent mixte de leurs concerts, le groupe revendiquant une expérience musicale accessible « à tous » – incluant publics sourds et entendants²³³, ainsi que par des attentes provenant en particulier du public sourd²³⁴.

La vusicalité des productions de Mur du son se révèle à travers le chansigne, mais également par les techniques de visualisation déployées dans leurs œuvres fixées sur support, comme le démontre par exemple le titre *PRISON LSF* (2019)²³⁵. Enfin, le choix des instruments utilisés et les niveaux d'amplification élevés de leur concert sont des éléments permettant d'optimiser une expérience musicale vécue par le corps, à travers les vibrations produites. À ces éléments se rajoute une volonté forte d'expérimentation et de participation au développement de nouvelles technologies audio-tactiles utilisables en concert, le groupe étant en résidence artistique depuis 2019 à L'Aéronef, Scène de Musiques Actuelles lilloise, dans le cadre du projet TTouch ThE Music (TOTEM). Ainsi, l'esthétique des productions du groupe s'ancre autour d'une réflexion sur la notion de son qui concrétise parfaitement les principes de l'expérience musicale sourde décrits précédemment, à savoir une conception à la fois vusicale et corpaurale du sonore.

Deaf party, Deaf rave et scène électro sourde

La préférence des artistes et des publics sourds pour les musiques jouées à des niveaux sonores élevés et présentant des qualités rythmiques particulièrement perceptibles par le corps favorise également une forme d'appétence et d'appropriation envers certains genres et certaines pratiques musicales. C'est dans ce cadre que sont organisés des événements réunissant sourds et entendants dans lesquels la musique est fonctionnalisée pour ses dimensions festive et fédératrice : les « *Deaf Parties* ». Ayant le plus souvent lieu en soirée dans le cadre de la célébration d'événements particuliers ou lors de festivals, les Deaf Parties sont une forme d'appropriation sourde de la pratique du *clubbing* généralement ouverte à tout public et dans lesquelles

232. Voir la communication : « Partage d'expériences, trajectoires de vie » lors du colloque « *Au-delà du son : surdités et expériences musicales* », organisé à la Philharmonie de Paris. Rediffusion en streaming disponible sur : <https://pad.philharmoniedeparis.fr/colloque-son-surdites-experiences-musicales.aspx>, (visité le 15-02-2024).

233. <https://mur-du-son.fr/>, (visité le 12-12-2023).

234. Dans une interview donnée au cours du colloque « *Au-delà du son : surdités et expériences musicales* » organisé à la Philharmonie de Paris les 8 et 9 décembre 2023, Maati expliquait que la nécessité de jouer à des niveaux sonores élevés lors des concerts provenait d'attentes exprimées par le public sourd.

235. <https://www.youtube.com/watch?v=QgI8FNG2ykk>, (visité le 23-05-2021).

peuvent se produire des artistes aux répertoires et aux genres musicaux variés. En France, certains festivals artistiques, tels que Clin d'Œil ou Sign'Ô²³⁶, sont particulièrement connus pour intégrer des Deaf Parties dans leur programmation annuelle (FIG. 3.4).



FIGURE 3.4 – Deaf Party organisée dans le cadre de l’édition 2019 du festival Clin d’Œil de Reims.

En outre, il existe également sur la scène sourde internationale, notamment anglaise, des soirées musicales festives organisées par des sourds et dans lesquelles se mélangent plus spécifiquement musiques électroniques populaires, *Djing*, *Vjing* ou encore chansigne. Comme l’explique Sylvain Brétéché : « dans une orientation culturelle et identitaire, se développe depuis le milieu des années 90 une scène artistique électro propre à la communauté Sourde »²³⁷. Un « mouvement électro Sourd »²³⁸ dont

236. <https://festival-signo.com/deaf-party/>, (visité le 31-10-2023).

237. BRÉTÉCHÉ, *op. cit.*

238. *Ibid.*

mise en œuvre est réalisée, selon Pierre Schmitt, par des « réseaux contemporains de jeunes sourds [...], protagonistes d'une sorte de culture sourde *underground* »²³⁹.

C'est notamment dans cette scène artistique sourde que se dévoilent les *Deaf Raves* : sorte d'appropriation renormée à partir des codes socioculturels sourds du phénomène plus global des « Raves Parties ». Tout comme les *Raves*, les *Deaf Raves* s'inscrivent dans une forme à la fois parente et contemporaine de « contre-culture »²⁴⁰ basée sur la « transgression »²⁴¹ et « l'exaltation du collectif »²⁴². Or, la particularité sociologique des *Deaf Raves*, comme leur nom le suggère, ne limite pas la constitution de ce collectif au simple rassemblement d'individus « technophiles »²⁴³, mais se caractérise également par la présence d'une population s'identifiant comme sourde (FIG. 3.5). D'un point de vue musical, comme l'explique Jessica A. Holmes : « le chansigne et les indices visuels sont un dispositif musical important dans les *Deaf Raves*, des événements organisés par et pour les personnes sourdes, où la musique est jouée à des volumes notoirement élevés »²⁴⁴. Plus précisément en ce qui concerne la musique jouée, la musicologue poursuit : « les pistes musicales sont généralement sélectionnées pour la prééminence de leurs lignes de basse, tandis que l'éclairage est conçu pour mettre en valeur les performances sur scène des chansigneurs [...] »²⁴⁵. Ainsi, à l'instar de l'exemple du groupe Mur du Son abordé précédemment, les *Deaf Raves* cristallisent les fondements spécifiques de l'expérience musicale sourde à partir de l'appropriation de pratiques et de genres musicaux existants.

Toutefois, le mouvement électro sourd ne se limite pas aux *Deaf parties* ou aux *Deaf Raves*, mais peut également se dévoiler à travers d'autres exemples à l'initiative de collectifs d'artistes sourds. Ce cas de figure est notamment celui du collectif Viscore, particulièrement abordé dans les travaux de Pierre Schmitt²⁴⁶, Sylvain Brétéché²⁴⁷ ou encore Octavia Rioual²⁴⁸.

Fondé en 2009, Viscore est composé de trois artistes sourds dont les spécificités esthétiques résident dans les rôles définis et les interactions scéniques entre les différents membres²⁴⁹. En effet, chacun des membres du trio traite une dimension spécifique

239. SCHMITT, « De la musique et des sourds ».

240. MÉLONI, Jean-Paul, « Entre ombre et lumière : la rave », in : *Le Portique. Revue de philosophie et de sciences humaines [En ligne]* 10, 2002.

241. RAHAOUI, Rachid, « La Techno, entre contestation et normalisation », in : *Volume! [En ligne]* 4.2, 2005, p. 89-98.

242. *Ibid.*

243. *Ibid.*

244. Notre traduction. Voir : HOLMES, *op. cit.*

245. Notre traduction. Voir : *ibid.*

246. SCHMITT, *op. cit.*

247. BRÉTÉCHÉ, *op. cit.*

248. RIOUAL, *op. cit.*

249. Pour une biographie plus étendue, voir : *ibid.*, p. 287-290.



FIGURE 3.5 – Exemple de « flyer » utilisé pour communiquer autour de la tenue d’une soirée Deaf Rave. Certains critères définitoires de l’identité sourde sont ici visuellement rappelés, tels que l’utilisation de la LS (configuration manuelle du signe « *I love You* » en *British Sign Language* (BSL)) et la place fondamentale du visuel à travers la présence de l’œil.

de la performance qu’il articule en interaction avec les deux autres membres : visuelle pour le *Visual Jockey* (VJ), sonore pour le *Disc Jockey* (DJ) et visuogestuelle pour le *Sign Jockey* (SJ), qui « mixe » la LS en interaction avec ce qu’il perçoit des autres dimensions du discours²⁵⁰. Cette configuration scénique particulière est motivée par une volonté forte du meneur du collectif, l’artiste Hocine Zergaoui, dit « SJ Rideaf »²⁵¹, de conférer à la performance une dimension multimodale centrale.

La considération « à parts égales » des trois modalités, matérialisées par le jeu des trois membres, caractérise une nouvelle forme d’expression musicale que l’artiste qualifie de « vusique » (parfois écrit en anglais : « *vusic* »). Néologisme « découlant de

250. SCHMITT, *op. cit.*

251. Pour une biographie, voir : RIOUAL, *op. cit.*, p. 277-297.

la contraction de *visual* et *music* »²⁵², la *vusique* est une tentative de réappropriation « militante, transmédia et plurisensorielle »²⁵³ de la musique, comprise comme un art audiocentré, dans le but de l'étendre au-delà de la seule « sphère de l'auralité »²⁵⁴. En dénормant les conceptions dominantes de la musique pour la reforcer selon des normes qui renvoient aux fondements de l'expérience musicale sourde (vusicalité et corpauralité), mais également aux items définitoires de l'identité sourde (usage des LS et dynamique collective), la *vusique* apparaît ainsi comme un autre exemple de normativité musicale sourde (FIG. 3.6).



FIGURE 3.6 – « Flyer » de communication utilisé pour annoncer l'organisation d'une « *Vusic Party* ».

252. BRÉTÉCHÉ, *op. cit.*

253. RIOUAL, *op. cit.*, p. 288.

254. BRÉTÉCHÉ, « L'écoute encorporée ou l'émergence du sensible. De la corpauralité à l'écoute musicale sourde ».

3.4 De l'audio- à l'oculocentrisme : dépasser les conceptions réductionnistes de la musique

Comme nous l'avons vu précédemment, l'inscription culturelle des sourds en France corrobore avec l'élaboration et la définition d'une culture sourde au sein de laquelle la musique occupe une place particulière d'espace d'expression artistique privilégié. Depuis les années soixante-dix et l'apparition des premières institutions artistiques sourdes – marquant la période historique du Réveil sourd, la prise en compte de l'existence d'une réalité musicale chez les personnes sourdes par la société entendant et la visibilité des formes d'expression et des pratiques musicales sourdes n'ont eu de cesse de se développer. Au cours de ces dernières décennies, ces pratiques, notamment en chansigne, ont investi de nombreux espaces et médiums ordinairement conçus pour la diffusion d'œuvres issues de répertoires et d'un patrimoine globalement audiocentrés : des plateformes numériques de streaming vidéo en ligne aux diverses scènes musicales et des festivals jusqu'aux grands lieux de musique, tels que la Philharmonie de Paris ²⁵⁵.

Depuis quelques années, le chansigne tend à être redéfini non plus comme une forme d'expression exclusivement sourde, mais relevant davantage d'un « art signant ». En l'occurrence, il s'agit de proposer une vision étendue plus proche des réalités sociologiques, illustrée au sein des concerts ou des productions fixées sur support par la présence conjointe d'artistes et de publics mixtes, sourds et entendants, ou plutôt, pour reprendre la formulation de Pierre Schmitt : ni sourds, ni entendants, mais signants ²⁵⁶. Selon cette conception portée par une « communauté signante », le chansigne fait figure en apparence de « pont » ²⁵⁷ artistique entre sourds et entendants et symbolise la volonté d'ériger une culture intermédiaire et commune : la culture signante. Les productions signantes constitueraient ainsi une forme inclusive de mixité artistique, fondée sur les LS comme bien culturel commun. Toutefois, cette conception du chansigne comme patrimoine commun à tout locuteur de la LS n'est pas toujours pleinement partagée et se confronte à certaines limites.

Tout d'abord, comme le précisent Pierre et Florent Schmitt, car : « toute contribution à la visibilité de la langue des signes constitue un geste politique immédiat,

255. Au cours des dix dernières années, deux colloques organisés à la Philharmonie de Paris ont abordé l'expérience musicale sourde, selon une approche complémentaire ou en tant que sujet de discussion principal : le premier « *Spectres de l'audible : Sound studies, cultures de l'écoute et arts sonores* », tenu les 8 et 9 juin 2018, et plus récemment « *Au-delà du son : surdités et expériences musicales* », tenu les 8 et 9 décembre 2023.

256. SCHMITT, « Signes d'ouverture. Contributions à une anthropologie des pratiques artistiques en langue des signes », p. 275.

257. BRÉTÉCHÉ, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et "expérience musicale Sourde" ».

indépendamment des motivations et des intentions des artistes »²⁵⁸. À l'image de toute forme d'art en langue des signes, ce principe s'applique aussi au chansigne et transparaît pleinement à travers les mots de la chansigneuse Elodia Mottot : « chansigner ou refuser de la faire, c'est politique »²⁵⁹. En d'autres termes, que l'artiste soit investi ou non dans « une forme plus ou moins revendiquée d'activisme »²⁶⁰, le chansigne s'inscrit « dans des logiques sociales dont il ne peut s'extraire »²⁶¹. Ces logiques sociales, qui investissent ici l'expérience musicale sourde et ses pratiques inhérentes, s'ancrent autour des conceptions réductionnistes de l'être sourd et de certaines représentations issues des différents paradigmes de description abordés précédemment (cf. 2.2.2). En l'occurrence, le recours inhérent à la LS dans le chansigne réactualise parfois certaines revendications forgées autour de l'appartenance de la LS qui, comme le souligne Bernard Mottez, est parfois comprise comme une « langue réservée » à un « entre-soi » sourds²⁶².

Dans cette perspective, toute proposition visant par exemple à se défaire, à détourner ou à exploiter intentionnellement ou non l'usage des LS en chansigne en dehors des normes définies par les sourds est souvent perçue négativement par cette communauté comme une forme d'appropriation culturelle et participe à alimenter un débat clivant encore sensible à l'heure actuelle. Les exemples de pratiques régulièrement dénoncées par les sourds dans ce cadre sont nombreux : de la prestation commerciale du chansigne par des interprètes non professionnels maîtrisant mal la LS (exemple de la « chanson signée » abordé précédemment), aux « comptines signées » réalisées dans le cadre de la pratique du « bébé signe », voire, dans les discours les plus radicaux, à tout chansigne non exécuté par une personne sourde et qui, *de facto*, participerait à invisibiliser cette dernière.

Par ailleurs, nous avons évoqué précédemment le cas du chansigne comme dispositif d'accessibilité, s'inscrivant dans des représentations à la fois biomédicales et audistes des sourds comme public en situation de handicap ou caractérisé par leurs déficiences, ainsi que les dérives souvent induites par cette conception (cf. 3.3.1). Or, dans une autre perspective, l'interculturalité du chansigne comme art signant se heurte parfois également à conception biculturelle de l'expérience musicale, dans laquelle la musique et le chansigne sont perçus comme des vecteurs de « rencontre »²⁶³ entre deux cultures. Le plus souvent mue par une volonté de rendre accessible la musique en concert, cette conception biculturelle permet bien d'engendrer une mixité de

258. SCHMITT, Florent et SCHMITT, Pierre, « Art, politique et langue des signes / *Chink : chantier de création sonore et visuelle*, Strasbourg, 28 novembre 2009 », in : *Inter* 108, 2011, p. 52-55.

259. Cette citation provient d'une publication de la chansigneuse en date du 18 novembre 2023 sur le réseau social Instagram. Voir : <https://www.instagram.com/elodiamottot/>, (visité le 20-12-2023).

260. SCHMITT et SCHMITT, *op. cit.*

261. *Ibid.*

262. MOTTEZ, *op. cit.*, p. 273.

263. SCHMITT, *op. cit.*, p. 248.

l'espace scénique et des publics, mais tend paradoxalement à cantonner les individus dans des rôles spécifiques et à répondre à des enjeux distincts.

En l'occurrence, concernant le traitement réservé au chansigne, l'intention est généralement de rendre le répertoire vocal de la musique accessible aux sourds tout en permettant au public entendant et non-signant de faire l'expérience d'une altérité musicale par l'intermédiaire de l'usage emblématique des LS²⁶⁴. Or, en dehors du cadre de l'interprétation du contenu strictement lexical de la musique, l'accompagnement ou les parties instrumentales sont rarement à la charge des artistes ou musiciens sourds et restent exécutées, le plus souvent, par des musiciens entendants. Ainsi, comme le souligne Pierre Schmitt : « sans discuter ici de la pertinence de ces catégorisations, force est de constater qu'elles mettent en avant, autant qu'elles renforcent, l'idée que la langue des signes est le propre des "sourds", et la musique le propre des "entendants" »²⁶⁵.

Lu à la lumière du paradigme culturel, le chansigne s'illustre en tant qu'acte de création revendicateur de valeurs identitaires et des éléments particularistes (linguistique, culturel ou perceptif) partagés dans et par une communauté d'individus. En ce sens donc, en redéfinissant la musique à travers le prisme d'une conception non plus audiocentrée de l'art de sons, mais oculocentrée, le chansigne, à l'instar des LS dont il est tributaire, exemplifie la « normativité »²⁶⁶ sourde à travers le prisme artistique. Néanmoins, comme nous l'avons souligné dans un précédent article²⁶⁷, de l'audio-centrisme à l'oculocentrisme, les problématiques liées aux discriminations basées sur l'état fonctionnel d'un système sensoriel dans l'accès à la musique ne sont en réalité que déplacées d'une population vers une autre, car comme le souligne Pierre Schmitt : « ne pas voir le chan(t)signeur rompt la relation avec les paroles de leur interprétation »²⁶⁸. Au-delà de son caractère factuel, cette affirmation interroge les conditions d'accès des personnes malvoyantes, aveugles, et en particulier sourdaveugles – du fait de leur position faisant souvent l'objet d'une suspension au sein de la communauté sourde²⁶⁹ – à l'expérience de la musique, *a fortiori* sourde²⁷⁰.

264. *Ibid.*

265. *Ibid.*

266. DAGNEAUX, *op. cit.*

267. BRICENO, Alban, « La musique au-delà des réductionnismes sensoriels : l'expérience musicale des Sourds comme fondement d'un nouveau paradigme », in : *Journal de Recherche en Éducation Musicale (JREM)* 12.2, 2021, p. 36-46.

268. SCHMITT, *op. cit.*, p. 263.

269. Comme l'explique Yann Cantin : « cette incapacité de faire intégrer les sourds-aveugles dans la vie de la communauté sourde est un fait qui s'observe tout au long du XX^e siècle, et encore de nos jours. ». Voir : CATIN, Yann, *La question de l'éducation des Sourds-aveugles*, Marie Heurtin, 2014, URL : <https://noetomalalie.hypotheses.org/310>.

270. À notre connaissance, il n'existe aucune tentative de chansigne en Langue des Signes Tactile, ce qui, si tel était le cas, poserait en l'état de nombreuses problématiques évidentes en terme d'interprétation en concert ou encore de fixation sur support.

En définitive, réduire la réalité musicale sourde au prisme de l'un ou l'autre paradigme conduit à une polarisation qui éloigne l'exploration de voies alternatives orientées vers la volonté de construire *ensemble* des environnements sociaux et artistiques mixtes et inclusifs. À l'exception de quelques exemples, tels que ceux du groupe Mur du Son ou du collectif Viscore, trop rares sont les productions artistiques, sourdes comme entendants, qui présentent un intérêt fondamental et une considération esthétique pour l'expérience corpaurale de la musique (de la création jusqu'à l'écoute), pourtant commune à tous et en dehors des logiques sociales liées au spectre normatif de l'oreille ou des réductionnismes émanant de l'un ou l'autre des paradigmes descriptifs des sourds.

Par conséquent, pour reprendre les mots de Pierre et Florent Schmitt : « la tâche qui nous revient n'est pas de dénoncer ces situations, mais bien d'œuvrer, de proposer des solutions différentes [...] »²⁷¹. Cette thèse de doctorat souhaite ainsi s'inscrire dans le sillage des expérimentations artistiques sourdes sur l'exploitation de la dimension corpaurale de la musique comme dimension esthétique à part entière – telles que nous l'avons abordé à travers les exemples de Mur du Son ou Viscore – en contribuant à l'exploration de ce champ des possibles dans un cadre scientifique. Nous visons ainsi à proposer une trajectoire différente, en explorant l'idée que la corpauralité puisse devenir le fondement d'une nouvelle conception d'un art des sons *tangible*, embryonnaire d'un nouveau paradigme musical « mixte »²⁷² et pouvant inspirer le développement de « biens communs »²⁷³ (matériels ou immatériels) entre sourds et entendants. L'enjeu d'explorer ce nouveau paradigme est donc de contribuer au renforcement d'une expérience musicale partagée et sans obstacle dans laquelle, pour reprendre les mots de Pierre Schmitt, « l'oreille n'a pas forcément de rôle à jouer »²⁷⁴, que ce soit d'un point de vue physiologique ou socioculturel. C'est pourquoi, dans la partie suivante, nous étudierons les mécanismes physiologiques à la base du principe de corpauralité en vue d'étudier les potentialités d'une nouvelle conception de la musique fondamentalement corpaurale.

271. SCHMITT et SCHMITT, *op. cit.*

272. Nous faisons écho à l'approche du paradigme mixte de description des sourds proposée par Mathilde Villechevrolle et précédemment abordée dans cette thèse de doctorat. Voir : VILLECHEVROLLE, *op. cit.*

273. Nous faisons ici référence à la notion de « bien commun » qui, selon la définition d'Étienne Verhaegen : « fait référence aux valeurs et objectifs qu'une communauté poursuit, à ce qu'elle partage, à ce qu'elle a – ou souhaite – mettre en commun ». Voir : VERHAEGEN, Étienne, « Des biens communs au commun », in : *Les politiques sociales* 1.1-2, 2018, p. 19-33.

274. SCHMITT, « De la musique et des sourds », p. 221.

Deuxième partie

***Codage musical* de stimuli vibrotactiles**

CHAPITRE 4

Mécanismes neurophysiologiques et perceptifs de la modalité vibrotactile

Sommaire du présent chapitre

4.1 Neurophysiologie de la sensibilité tactile	170
4.1.1 Somesthésie générale	170
4.1.2 Le toucher	172
4.1.3 Description et caractéristiques fonctionnelles des mécanoré- cepteurs cutanés	174
4.2 Psychophysique de la perception vibrotactile	186
4.2.1 Acuité tactile	187
4.2.2 Seuils de perception tactile	189
4.2.3 Perception vibrotactile	190
4.2.4 Effets psychophysiques et illusions spatiotemporelles tactiles	194
4.2.5 Comparaison des capacités perceptives entre populations sourdes et non sourdes	199

4.1 Neurophysiologie de la sensibilité tactile

4.1.1 Somesthésie générale

Nos sens nous permettent de percevoir et d'appréhender les stimuli émanant de notre environnement direct, issus de notre propre corps ou encore résultant de nos actes moteurs. À l'instar de l'ensemble des êtres vivants, notre faculté de percevoir de manière simultanée des sensations éveillées par des stimuli de multiples natures joue donc un rôle crucial dans nos interactions permanentes avec notre environnement, allant de la survie de notre organisme jusque dans la réalisation de nos expériences de la vie quotidienne. Chez l'Homme, parmi la panoplie de sensations en mesure d'être éprouvée tout au long de notre vie, la somesthésie¹, regroupe des sensations variées issues d'informations sensorielles en provenance du corps qui ne sont ni visuelles, ni auditives, gustatives ou encore olfactives². En physiologie, cette sensibilité³ est dite « générale », car les sensations résultantes, à l'image des modalités sensorielles précédemment citées, ne sont pas desservies par des organes localisés sur des régions spécifiques (yeux, oreilles, nez, etc.), mais concernent l'ensemble du corps.

Il existe différentes classifications permettant de définir l'étendue fonctionnelle de la somesthésie. Le physiologiste anglais Charles Sherrington, célèbre pour être l'un des pères fondateurs des neurosciences et de la neurophysiologie moderne⁴, a notamment proposé une première tentative de classification anatomique dès 1906⁵, fondée sur la localisation des récepteurs sensoriels et le rôle des modalités associées. La « classification de Sherrington » repose ainsi sur trois niveaux distincts que le physiologiste oppose : l'extéroception, la proprioception et l'intéroception⁶. L'extéroception (sensibilité « superficielle » ou « tégumentaire ») « regroupe la perception des stimuli captant les aléas du milieu extérieur »⁷ et repose donc sur les récepteurs cutanés responsables

1. Également appelée sensibilité « somesthésique générale », « somatique sensorielle » (somatosensorielle), ou encore « somato-afférent général ».

2. LAGET, Paul, « Somesthésie », in : *Encyclopædia Universalis [En ligne]*, URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/somesthesie/> (visité le 12/07/2022).

3. La notion de sensibilité comprend « la transduction, l'encodage et la perception des informations portées par les stimuli qui émanent de l'environnement extérieur et du milieu intérieur [...] ». Voir : PURVES, D. *et al.*, *Neuroscience*, 6^e éd., Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2019, p. 191.

4. L'œuvre scientifique de Sherrington, qui s'étendit de la fin du XIX^e siècle jusqu'aux premières décennies du XX^e siècle, a marqué considérablement son époque et son influence s'est pérennisée jusqu'à nos jours au point de parler de « révolution » ou « d'ère sherringtonienne ». Voir : CLARAC, François et TERNAUX, Jean-Pierre, *Encyclopédie historique des neurosciences. Du neurone à l'émergence de la pensée*, Neurosciences & cognition, Bruxelles : De Boeck Université, 2008, p. 98.

5. SHERRINGTON, Charles Scott, *The Integrative Action of the Nervous System*, Cambridge : Cambridge University Press, 1906.

6. CLARAC et TERNAUX, *op. cit.*, p. 108.

7. *Ibid.*, p. 682.

du toucher. La proprioception désigne « les sensations originaires des muscles, des tendons et des articulations »⁸ et résulte donc des actions de l'appareil locomoteur. De ce fait, la sensibilité proprioceptive (ou « profonde ») renseigne sur la position et les mouvements du corps dans l'espace. Enfin, l'intéroception (sensibilité « viscérale ») renseigne sur les sensations internes du corps, fournies par les récepteurs répartis à travers les organes internes, les viscères ou encore les vaisseaux sanguins⁹.

Bien que cette classification soit ancienne et qu'elle ait été révisée depuis le siècle dernier¹⁰, celle-ci apparaît encore de nos jours en l'état au sein de nombreux travaux qui abordent le sujet¹¹. En effet, une telle classification a l'avantage d'illustrer l'étendue des sensations prises en charge par le système somesthésique (somatosensoriel) et de souligner son implication dans des mécanismes sensoriels recouvrant la globalité de notre corps, que ce soit en surface ou en profondeur. Au-delà des sensibilités inconscientes qui garantissent le maintien fonctionnel de notre organisme, le système somesthésique nous fournit donc des informations nous permettant d'avoir conscience de notre propre corps et de sentir nos interactions avec l'environnement dans lequel nous nous trouvons (actions de notre corps sur l'environnement et réciproquement).

De ce fait, ce système « ne constitue pas une entité homogène »¹² et est généralement considéré comme « le plus diversifié des systèmes sensoriels »¹³. Acheminées par un vaste panel de récepteurs sensoriels et de sous-systèmes « fonctionnellement distincts »¹⁴, les sensations prises en charge par ce système sont très variées¹⁵. En ce qui concerne les sensations conscientes, le système somesthésique recouvre ainsi les sensibilités tactiles (tact), thermiques (thermoréception), à la douleur (nociception)

8. *Ibid.*, p. 742.

9. Nous excluons dans ce chapitre les sensibilités intéroceptives et proprioceptives « végétatives » et inconscientes (fonctions internes de régulation physicochimique de l'organisme) pour se focaliser essentiellement sur les sensibilités conscientes. Voir : *ibid.*, p. 705.

10. Sherrington lui-même réorganisa cette classification en deux groupes, distinguant l'origine des stimuli sensoriels en provenance du corps entre les stimuli issus du « champ superficiel » et ceux provenant du « champ profond ». Voir : *ibid.*, p. 108.

11. Notamment dans les travaux de Sylvain Brétéché. Voir : BRÉTÉCHÉ, « L'écoute incorporée ou l'émergence du sensible. De la corpéoréalité à l'écoute musicale sourde ».

12. GENTAZ, Édouard, « Chapitre 1. Caractéristiques générales de l'organisation anatomofonctionnelle de la perception cutanée et haptique », in : HATWELL, Yvette, STRERI, Arlette et GENTAZ, Édouard, *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*, Psychologie et sciences de la pensée, Paris : Presses Universitaires de France (PUF), 2000, p. 17-34.

13. PURVES *et al.*, *op. cit.*, p. 193.

14. *Ibid.*, p. 193.

15. Notons qu'il existe d'autres classifications dans la littérature, s'hybridant parfois les unes avec les autres. Introduite par le neurologue anglais Henry Head, l'une des classifications alternatives courantes se base notamment sur les caractéristiques cliniques des sensations éprouvées et distingue les sensations « épicrotiques » (comprenant entre autres les sensibilités tactiles dites « fines » ou « légères ») et « protopathiques » (sensibilités tactiles dites « grossières » ou « diffuses »).

ou encore aux mouvements (kinesthésie) ou à la position des membres de notre corps dans l'espace (proprioception)¹⁶. Dans ce chapitre, nous nous intéresserons uniquement aux sous-systèmes sensoriels de la somesthésie consciente impliqués dans la sensibilité aux informations tactiles.

4.1.2 Le toucher

Traditionnellement inclu dans la classification courante comme étant l'un des cinq sens chez l'Homme, nous avons vu que le « toucher », aussi appelé le « tact », est en réalité un sous-système de la somesthésie. Bien que l'étendue du système somesthésique se déploie de manière fonctionnelle sur et dans différents niveaux du corps, la peau est généralement considérée comme l'organe principal du toucher¹⁷. D'après Grondin, le toucher concerne « l'ensemble des sensations produites par une déformation mécanique de la peau »¹⁸. De ce fait, ce sens est régulièrement présenté comme étant l'un des premiers systèmes sensoriels actifs chez le fœtus et le nouveau-né, car jugé essentiel dans les interactions avec notre environnement et notre exploration du monde au cours des premiers instants de notre vie¹⁹. Dans un tout autre niveau de lecture, le toucher a, d'Aristote²⁰ à Merleau-Ponty²¹, longtemps suscité et suscite toujours de nombreuses discussions sur le plan philosophique.

Les sensations conscientes que nous expérimentons par le toucher se composent en réalité d'une multitude de stimuli mécaniques différents (texture, pression, étirement, vibration, etc.), détectés par une vaste gamme de récepteurs spécifiques chargés de la transduction sensorielle²². Présentant des morphologies très variées, ces récepteurs, appelés « mécanorécepteurs »²³ (spécialisés dans la détection des déformations mécaniques), sont répartis dans les différentes couches de notre peau

16. Simon Grondin propose par ailleurs une définition plus réduite de la somesthésie, comprenant « les différents sens cutanés et la kinesthésie ». Voir : GRONDIN, Simon, « Chapitre 7. La somesthésie », in : DELORME, André et FLÜCKIGER, Michelangelo, *Perception et réalité. Une introduction à la psychologie des perceptions*, Neurosciences & cognition, Bruxelles : De Boeck Université, 2003, p. 151-172.

17. Le toucher peut donc, selon l'approche sherringtonienne, être compris comme une modalité de la sensibilité extéroceptive.

18. GRONDIN, *op. cit.*

19. STRERI, Arlette, « Chapitre 3. Exploration manuelle et perception tactile chez le nourrisson », in : HATWELL, Yvette, STRERI, Arlette et GENTAZ, Édouard, *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*, Psychologie et sciences de la pensée, Paris : Presses Universitaires de France (PUF), 2000, p. 51-70.

20. ARISTOTE, *De l'âme*, GF - Philosophie, Paris : Flammarion, 2018.

21. MERLEAU-PONTY, Maurice, *Phénoménologie de la perception*, Paris : Gallimard, 1945.

22. La transduction sensorielle est le « processus par lequel l'énergie du stimulus [ici mécanique] est convertie en un signal électrique ». Voir : PURVES *et al.*, *op. cit.*, p. 194.

23. Nous détaillons l'ensemble des mécanorécepteurs impliqués dans la détection des informations cutanées dans la prochaine sous-section.

(épiderme, derme, hypoderme) et composent les extrémités périphériques d'un réseau complexe de fibres nerveuses afférentes. Traversant notre corps jusqu'au système nerveux central (cerveau), ces fibres afférentes – qui se distinguent de par leurs caractéristiques propres que nous détaillerons plus loin (cf. 4.1.3) – forment ainsi des « voies parallèles » qui restent « séparées les unes des autres pendant plusieurs étapes de traitement central ; chacune apporte par son activité une contribution spécifique à l'extraction des informations somesthésiques [...] »²⁴.

Par l'intermédiaire de notre peau, qui forme une interface physique directe et protectrice entre notre corps et l'environnement extérieur, la modalité tactile nous renseigne donc sur les propriétés de différentes déformations mécaniques environnantes lorsque celles-ci sont détectables par nos mécanorécepteurs, aboutissant à l'expérience de sensations diverses. Au-delà de l'incidence de notre environnement sur notre peau, le sens du toucher est également, dans nos interactions courantes de la vie de tous les jours, couplé à nos actions motrices et résulte d'une participation active. En outre, contrairement aux stimuli incidents, cette participation active, orientée ou non vers un but, sollicite alors un couplage sensorimoteur faisant intervenir notre sensibilité consciente de la position (proprioception) et des mouvements (kinesthésie) des membres de notre corps (par exemple : la position de nos mains et de nos doigts dans le cas d'une manipulation d'un objet). La sensibilité aux stimuli mécaniques issus de notre environnement et résultant de notre participation motrice n'active pas les mêmes mécanismes neurophysiologiques et psychophysiques²⁵. C'est pourquoi Gibson introduira une distinction toujours couramment usitée entre toucher « actif », également appelé sensibilité « tactilo-kinesthésique » ou « haptique », et toucher « passif »²⁶, aussi appelé sensibilité « cutanée » ou plus simplement « tactile ».

Avant l'apparition de cette distinction, la très large majorité des contributions de la littérature scientifique se limitaient à l'exploration des mécanismes impliqués dans le toucher passif chez différentes espèces du monde vivant²⁷. De manière générale, nos premières connaissances sur le sujet proviennent abondamment de données expérimentales acquises au cours de la première moitié du XX^e siècle à partir d'études du toucher passif sur des animaux²⁸. Chez l'Homme, bien que des travaux aient été conduits au cours de cette dernière période, il faudra principalement attendre le début

24. PURVES *et al.*, *op. cit.*, p. 196.

25. LEDERMAN, Susan J. et KLATSKY, Roberta L., « Hand movements : A window into haptic object recognition », in : *Cognitive Psychology* 19.3, 1987, p. 342-368.

26. GIBSON, James J., « Observations on active touch », in : *Psychological review* 69.6, 1962, p. 477-491.

27. Un exemple d'étude sur la grenouille *Rana temporaria*. Voir : ADRIAN, E. D. et ZOTTERMAN, Yngve, « The impulses produced by sensory nerve-endings. Part 2. The response of a Single End-Organ », in : *The Journal of Physiology* 61.2, 1926, p. 151-171.

28. Un autre exemple d'étude, prenant ici comme sujets le chat et le lapin. Voir : BROWN, A. G. et IGGO, A., « A quantitative study of cutaneous receptors and afferent fibres in the cat and rabbit », in : *The Journal of Physiology* 193.3, 1967, p. 707-733.

des années soixante-dix et l'introduction de la microneurographie²⁹ pour que notre compréhension des mécanismes neurophysiologiques liés aux touches actif et passif se renforce.

Concernant ces deux types de toucher, la principale différence réside dans le fait que la perception haptique compile les informations provenant à la fois des mécanorécepteurs cutanés, impliqués dans le toucher passif et la perception cutanée des stimuli externes, et des mécanorécepteurs proprioceptifs et kinesthésiques, présents dans l'ensemble du système musculo-squelettique au niveau des muscles, des tendons et des articulations. En d'autres termes, la modalité haptique regroupe à la fois les informations relatives à la déformation mécanique de notre peau en provenance de notre environnement extérieur et les informations internes nous renseignant en permanence (de manière consciente et non consciente) sur la position et sur les mouvements complexes de nos membres et des parties de notre corps dans l'espace. À titre d'exemples, la lecture active du braille (sollicitant le mouvement des doigts et des mains) relève donc de l'haptique, tout comme les gestes d'interaction digitale que nous pouvons faire avec nos smartphones et autres tablettes numériques (toucher actif). À l'inverse, les vibrations utilisées par ces mêmes smartphones pour notifier une information relèvent de la stimulation tactile/cutanée (toucher passif), tout comme le vent que nous pouvons sentir à la surface de notre peau. Notre travail de thèse de doctorat se focalise spécifiquement sur les mécanismes liés à la perception tactile/cutanée des vibrations en tant que stimuli externes, notamment en tant que phénomène couramment ressenti lors d'expériences d'écoute musicale. Dans la prochaine section, nous détaillons donc les caractéristiques fonctionnelles des mécanorécepteurs cutanés impliqués dans la sensibilité vibrotactile.

4.1.3 Description et caractéristiques fonctionnelles des mécanorécepteurs cutanés

Structure topographique de la peau humaine

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la peau est considérée comme l'organe principal du toucher et, plus précisément, de la sensibilité cutanée. En outre,

29. La microneurographie désigne un procédé d'enregistrement électrophysiologique des impulsions de fibres nerveuses afférentes rencontrées chez les êtres vivants à l'aide de microélectrodes insérées à travers la peau. Développée en Suède à partir de la mesure directe des potentiels d'action (signaux bioélectriques) des fibres nerveuses humaines de sujets éveillés, cette technique permet d'étudier simultanément l'activité des neurones moteurs et l'activité afférente responsable du contrôle moteur. Voir : VALLBO, Å. B. et HAGBARTH, K. -E., « Activity from skin mechanoreceptors recorded percutaneously in awake human subjects », in : *Experimental Neurology* 21.3, 1968, p. 270-289.

elle est l'un des organes les plus volumineux de notre organisme³⁰. Chez l'adulte, sa surface totale peut atteindre 2 m² pour un poids de plusieurs kilogrammes³¹ en fonction de la corpulence³². Son épaisseur, quant à elle, n'est pas homogène sur l'ensemble du corps et peut enregistrer des variations importantes, allant de 0,5 mm au niveau des paupières jusqu'à 5 mm dans le haut du dos (soit une épaisseur dix fois plus grande). Par ailleurs, il est courant de constater une distinction opérée dans la littérature entre la peau dite « fine » et « épaisse » (cette dernière étant localisée au niveau de la plante des pieds et de la face palmaire des mains)³³. En comparaison, chacune des deux cochlées renfermant l'épithélium sensoriel essentiel au fonctionnement de notre système auditif mesure 10 mm de large pour une longueur totale déroulée d'environ 30 mm (cf. 1.2.2). Cette différence d'échelle renvoie ainsi pleinement au caractère particulier de la somesthésie par rapport aux autres systèmes sensoriels : une sensibilité provenant de l'intégralité du corps et non d'une région localisée. En ce qui concerne sa structure, notre peau est un assemblage de plusieurs tissus répartis en trois différentes couches principales : l'épiderme, le derme et l'hypoderme, que nous allons détailler brièvement.

Composé de plusieurs couches de cellules et de tissus conjonctifs³⁴, l'épiderme est la couche la plus fine³⁵ et superficielle de la peau. Exposée à l'environnement externe, elle joue donc un rôle protecteur face aux agressions potentielles rencontrées dans ce dernier et pouvant être de nature variée : mécanique, chimique, thermique ou encore électromagnétique (ultraviolet). Séparé et solidaire de l'épiderme par la jonction dermoépidermique³⁶, le derme se présente comme un tissu conjonctif de densité variable (lâche en surface et dense en profondeur), composé notamment de fibres de collagène, de fibres élastiques et, contrairement à l'épiderme, de vaisseaux sanguins. Le derme peut être divisé en deux sous-couches appelées derme papillaire (superficielle) et derme réticulaire (basale). Enfin, l'hypoderme (ou tissu « sous-cutané ») est

30. TACHDJIAN, Gérard *et al.*, « Chapitre 6. Peau et annexes cutanées », in : *Embryologie et histologie humaines*, Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2016, p. 121-142.

31. Les chiffres et les proportions avancés dans la littérature scientifique varient à ce sujet, allant chez l'adulte de 5 % à 16 % de la masse corporelle totale.

32. DUBERTRET, Louis, « Peau », in : *Encyclopædia Universalis [En ligne]*, URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/peau/> (visité le 12/07/2022).

33. TACHDJIAN *et al.*, *op. cit.*

34. On dénombre chez l'adulte cinq couches composant l'épiderme : cornée, claire, granuleuse, épineuse et germinative. Voir : *ibid.*

35. Bien qu'étant la couche la plus fine, l'épaisseur de l'épiderme est variable selon la région du corps observée et l'âge de l'individu. Les chiffres rapportés par la littérature ne semblent pas établir un consensus stable sur ce sujet et présentent parfois une étendue importante (balayant des ordres de grandeur allant d'une dizaine de micromètres à plusieurs millimètres). Par conséquent, nous ne convoquerons pas ici de chiffres ou d'intervalles précis concernant l'épaisseur de chacune des différentes couches de la peau.

36. La jonction dermoépidermique est composée d'une membrane basale et d'une structure d'ancrage protéineuse appelée « hémidesmosome ». Voir : TACHDJIAN *et al.*, *op. cit.*

la couche de la peau la plus profonde et la plus épaisse. Il est composé d'un réseau vasculaire dense, de tissus adipeux et de fibres de collagène. Riche en graisse, son rôle principal est d'assurer la thermorégulation de par ses propriétés isolantes, ainsi que de protéger l'organisme des chocs pouvant engendrer des traumatismes (amortissement élastique).

Au-delà des différentes couches composant notre peau et de ses différentes épaisseurs, deux types de surface visibles à l'œil nu peuvent caractériser cette dernière. En effet, le facteur de pilosité de la peau induit de grandes différences dans l'innervation et les propriétés neurophysiologiques liées à la sensibilité cutanée (et, par extension, haptique). Cette différence impacte la présence, mais également la répartition et la densité de nos mécanorécepteurs. En l'occurrence, la peau est dite pileuse ou velue en présence de poils (majoritaire sur l'ensemble de la surface de notre corps) et lisse ou glabre lorsqu'elle en est dépourvue (la face plantaire de nos pieds, la face palmaire de nos mains et de nos doigts, une partie de notre visage ou encore notre langue). La très large partie de nos connaissances scientifiques sur la sensibilité cutanée concerne l'étude de la peau glabre et se focalise notamment sur les régions manuelles. Toutefois, des découvertes récentes concernent également la peau pileuse, par exemple à travers la mise en évidence de fibres nerveuses périphériques spécifiques, appelées fibres « C-Tactiles » (CT), impliquées dans un type de toucher particulier nommé « toucher émotionnel »³⁷ (cf. 6.3.1).

En résumé, il existe plusieurs types de mécanorécepteurs impliqués dans la sensibilité cutanée que nous détaillons plus bas. Présentant des structures organisées, caractérisées par des morphologies et des comportements neurophysiologiques variés, ces mécanorécepteurs, comme nous allons le voir, sont répartis à travers les différentes couches de notre peau, semblent spécialisés pour remplir des fonctions distinctes, et forment les terminaisons périphériques sensorielles d'un réseau de fibres nerveuses afférentes indépendantes (FIG. 4.1). De plus, leur nombre et leur répartition fluctuent grandement d'une région à l'autre du corps et du type de peau rencontrée, glabre ou pileuse, soulignant ainsi l'aspect hétérogène et diffus du système somatosensoriel³⁸.

37. MCGLONE, Francis *et al.*, « Discriminative touch and emotional touch », in : *Canadian Journal of Experimental Psychology* 61.3, 2007, p. 173-183.

38. Certaines études estiment à 17 000 le nombre moyen de mécanorécepteurs présents dans la peau glabre d'une main. Voir : JOHANSSON, Roland S. et VALLBO, Åke B., « Tactile sensibility in the human hand : relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin », in : *The Journal of Physiology* 286, 1979, p. 283-300.

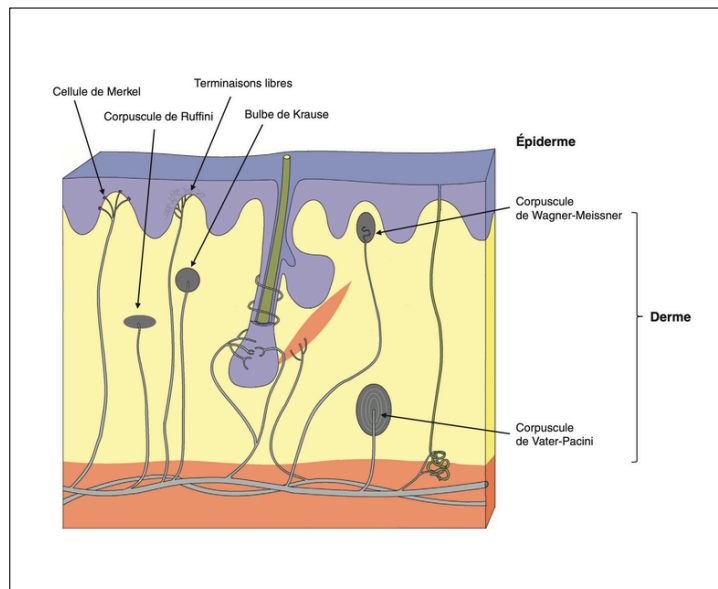


FIGURE 4.1 – Structure de la peau (pileuse) et ses différents mécanorécepteurs^a.

a. TACHDJIAN *et al.*, *op. cit.*

Propriétés fonctionnelles, champ récepteur et typologie des fibres afférentes cutanées

Chacun de nos mécanorécepteurs impliqués dans la sensibilité cutanée est relié à une fibre nerveuse afférente chargée d'encoder et de véhiculer l'information au système nerveux central sous la forme d'un signal bioélectrique appelé « potentiel d'action ». S'il existe plusieurs types de mécanorécepteurs, il existe également des fibres afférentes de différentes natures et aux propriétés fonctionnelles spécifiques. À l'image du circuit d'un appareil électronique relié à des capteurs et d'éventuels modules périphériques, les liaisons entre ces différents organes peuvent être assurées par des circuits secondaires et des câbles pouvant présenter des différences de couleur, de section, de conception et de terminaison, l'ensemble formant ainsi un système fonctionnel. Ainsi, non seulement la nature de l'innervation des mécanorécepteurs n'est pas homogène, mais chaque type de mécanorécepteur est associé à une fibre afférente spécifique dont la réponse neurophysiologique à un stimulus – c'est-à-dire le potentiel d'action déchargé par le récepteur périphérique après la transduction sensorielle de ce stimulus – peut être mesurée, identifiée et répertoriée³⁹.

De ce fait, deux familles de fibres afférentes impliquées dans la sensibilité cutanée peuvent être distinguées en fonction des différentes propriétés de leur réponse. Ces

39. PURVES *et al.*, *op. cit.*, p. 193-212.

différences proviennent des caractéristiques anatomiques et physiques des fibres elles-mêmes (diamètre, vitesse de conduction du signal), mais aussi des propriétés structurelles et morphologiques de leur terminaison, c'est-à-dire du mécanorécepteur associé. C'est pourquoi ces mécanorécepteurs peuvent être à « Adaptation Lente »⁴⁰ ou à « Adaptation Rapide »⁴¹. L'adaptation⁴² est dite lente lorsque le potentiel d'action déchargé par le récepteur est maintenu durablement tant que la stimulation (indention) persiste (renseigne sur la durée et l'amplitude du stimulus dans le temps). À l'inverse, l'adaptation est dite rapide lorsque le potentiel d'action n'est généré que très brièvement au début et à la fin de la stimulation (renseigne sur la variation dynamique du stimulus dans le temps). Comme il existe plusieurs types de mécanorécepteurs, ceux-ci sont parfois désignés par leur catégorie d'appartenance à l'une ou à l'autre de ces deux familles, suivie d'un nombre caractérisant la taille de leur « champ récepteur » (par exemple : FA I, SA II, etc.).

Le champ récepteur (ou champ réceptif) d'un mécanorécepteur correspond à la surface cutanée sensible par ce dernier, c'est-à-dire la surface dans laquelle un stimulus est détectable par ce récepteur et peut provoquer la décharge du potentiel d'action⁴³. La taille, la forme et la densité des champs récepteurs présentent de grandes variations en fonction du type de fibre afférente et de la région du corps observée. En outre, ces différences proviennent notamment de la morphologie des terminaisons nerveuses des fibres afférentes. Si chaque mécanorécepteur dessert une unique fibre sur le plan anatomique, cette dernière peut en revanche faire partie d'une ramification de plusieurs fibres identiques asservies en parallèle par autant de récepteurs du même type. Cette structure nerveuse ramifiée est spécifiquement associée à certains types de mécanorécepteur, là où d'autres desservent en aval une fibre dédiée qui n'accuse aucune ramification.

En conséquence, les champs récepteurs issus de fibres ramifiées sont généralement étroits (quelques millimètres carrés), densément compactés dans certaines régions précises du corps, et dessinent des frontières nettement définies, caractérisant ainsi les afférences dites de « type I ». À l'inverse, les champs récepteurs issus de fibres non ramifiées sont plus étendus (plusieurs dizaines de millimètres carrés à plusieurs centimètres carrés), mais présentent en comparaison une zone spécifiquement réduite de sensibilité nominale et des frontières diffuses, caractérisant ainsi

40. De l'anglais « *Slow Adapting* » (SA) ou « *Slowly Adapting* ». En français, le terme de récepteurs « toniques » est aussi parfois utilisé.

41. De l'anglais « *Fast Adapting* » (FA), parfois également noté « *Rapidly Adapting* » (RA) ou « *Quickly Adapting* » (QA). En français, le terme de récepteurs « phasiques » peut aussi apparaître.

42. Nous décrivons en détail le phénomène d'adaptation en tant qu'effet psychophysique dans la prochaine section (cf. 4.2.4).

43. Plus précisément, il s'agit de « la surface de peau dans laquelle un stimulus tactile provoque un changement dans la fréquence d'émission des potentiels d'action qu'elles émettent. Voir : » PURVES *et al.*, *op. cit.*, p. 194.

les afférences dites de « type II ». Comme nous le verrons dans la prochaine section, ces particularités provoquent non seulement des différences importantes sur le plan psychophysique, mais participent également à renforcer les fonctions distinctes de nos mécanorécepteurs dans la sensibilité cutanée.

Corpuscule de Pacini

Découverts par l'anatomiste, microbiologiste et physiologiste italien Filippo Pacini (1812-1883), les corpuscules de Pacini⁴⁴ – ou Vater-Pacini – sont des mécanorécepteurs cutanés de grande taille situés majoritairement dans le derme réticulaire (couche basale) et l'hypoderme de la peau glabre, bien qu'étant également présents sur certaines régions pileuses, ainsi que dans les muscles et les organes internes. Catégorisés parmi les récepteurs dits « encapsulés », ces corpuscules se présentent sous la forme d'une capsule ellipsoïdale continue de taille variable⁴⁵ et associée à une unique fibre afférente myélinisée de type « FA II » (ou RA II; QA II).

La capsule externe renferme une structure « lamellaire » semblable à celle d'un oignon, faite de multiples couches concentriques de membranes internes⁴⁶, chacune séparée et isolée les unes des autres par une couche intermédiaire de fluide visqueux incompressible. L'espacement de ces couches de fluide se réduit significativement à mesure que ces dernières se rapprochent du centre du corpuscule, formant ainsi un ensemble terminal de couches très denses de composition biologique spécifique (apparentée à des cellules de Schwann⁴⁷). Au-delà de cet ensemble se trouve le cœur du corpuscule composé d'un noyau central contenant la terminaison (axone) démyélinisée (dite « amyélinique » ou « libre ») de la fibre afférente (neurite) responsable de la transduction sensorielle. Le mécanisme fonctionnel des corpuscules de Pacini a été abondamment documenté depuis le siècle dernier et leur rôle est donc aujourd'hui connu avec précision⁴⁸. À l'instar des autres récepteurs encapsulés, la morphologie spécifique de ces corpuscules impacte directement sur la nature caractéristique de l'afférence associée et sur le type de stimulation mécanique le plus à même d'être détecté.

44. Souvent abrégés sous l'acronyme anglais PC (ou PCs au pluriel), pour « *Pacinian Corpuscles* ».

45. La taille étant fonction de la localisation anatomique sur le corps, les chiffres rapportés par la littérature fluctuent, allant de 0,5 à 4 mm de long pour 0,7 à 2 mm de diamètre.

46. Entre 20 et 70 couches selon les chiffres observables.

47. Selon le glossaire du manuel de référence *Neurosciences* : « cellules névrogliques du système nerveux périphérique qui élaborent la myéline [...] ». Voir : PURVES *et al.*, *op. cit.*

48. Pour une revue de nos connaissances sur le sujet, voir : BELL, Jonathan, BOLANOWSKI, Stanley et HOLMES, Mark H., « The structure and function of pacinian corpuscles : a review », in : *Progress in Neurobiology* 42, 1994, p. 79-128.

En effet, bien que la fibre afférente soit responsable de la transduction sensorielle et que cette dernière reste totalement fonctionnelle une fois isolée⁴⁹, les propriétés physiques du potentiel d'action délivré sont pleinement induites en amont par la transmission spécifique de l'énergie mécanique due à la structure complexe et enviro-
nante de cette fibre. Lorsqu'un stimulus mécanique provoque des déformations de notre peau, l'énergie de ce dernier se propage pour atteindre la capsule externe du corpuscule, la déformant à son tour. La structure complexe du corpuscule, associant une alternance de nombreuses couches lamellaires et visqueuses, provoque une redistribution viscoélastique de cette énergie. Comme le fluide interlamellaire est incompressible, les déformations mécaniques lentes ou nulles (les compressions statiques de la peau par exemple) n'engendrent qu'une déformation élastique des lamelles (principalement amortie par les premières couches), tandis que le fluide est redistribué dans l'ensemble de la structure (les espaces entre les lamelles et le cœur se réduisent à mesure que les espaces situés à l'opposé de la zone d'application du stimulus s'agrandissent). Le fluide agissant comme un amortisseur et les lamelles comme un ressort, l'énergie appliquée sur le cœur est donc fortement affaiblie et insuffisante pour provoquer la déformation de la fibre afférente et sa décharge⁵⁰.

À l'inverse, dans le cas d'une déformation mécanique dynamique et rapide (contrainte de cisaillements générée par des vibrations par exemple), la déformation élastique des lamelles génère une force visqueuse dans les couches fluides interlamellaires (le fluide circulant dans chacun des espaces interlamellaires imperméables). De cette manière, l'énergie mécanique, peu amortie, se transmet plus facilement jusqu'au noyau central et déforme la fibre afférente, générant ainsi un « potentiel générateur » ou « potentiel récepteur ». La fibre afférente étant déformée au point d'être rendue perméable par l'ouverture de canaux ioniques, l'ouverture de ces canaux provoque sa dépolarisation et, si cette dernière dépasse un certain seuil (cf. 4.2.2), la fibre décharge alors et émet un potentiel d'action. En outre, les études neurophysiologiques ont démontré que ces corpuscules sont capables de détecter des déformations de 3 nm d'amplitude (seuil

49. La grande taille du corpuscule de Pacini rend possible une dissection de sa structure. De ce fait, de nombreuses études ont exploré les propriétés de ce corpuscule et de sa fibre afférente une fois décapsulé. L'une des principales différences fréquemment soulignées concerne l'adaptation de la fibre afférente une fois décapsulée, qui se rapproche alors d'une adaptation lente. Voir : LOEWENSTEIN, W. R. et MENDELSON, M., « Components of receptor adaptation in a pacinian corpuscle », in : *The Journal of Physiology* 177, 1965, p. 377-397.

50. LOEWENSTEIN, W. R. et SKALAK, R., « Mechanical Transmission in a Pacinian Corpuscle. An Analysis and a Theory », in : *The Journal of Physiology* 182.2, 1^{er} jan. 1966, p. 346-378, URL : <http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.1966.sp007827> (visité le 09/03/2019).

infraliminaire) lorsque le stimulus est appliqué directement sur la capsule⁵¹ et de 10 nm d'amplitude lorsque la stimulation a lieu en surface de la peau⁵².

Ainsi, l'action passive de la structure complexe des corpuscules de Pacini est comparable à un filtre passe-bande⁵³, atténuant les déformations mécaniques statiques et dynamiques de basse fréquence présentes dans la plupart de nos actes moteurs et nocives pour la fibre afférente. En revanche, couplées à l'adaptation rapide de la fibre afférente aux stimulations susceptibles de générer un potentiel d'action, ces caractéristiques fonctionnelles font que ce corpuscule est décrit comme un mécanorécepteur particulièrement sensible et efficace dans la détection des transitoires rapides et des vibrations de haute fréquence⁵⁴, que l'origine de ces stimuli vibratoires relève du toucher passif⁵⁵ ou actif⁵⁶. De plus, en tant qu'afférence de type II, les corpuscules de Pacini possèdent un large champ récepteur sans limites distinctes, pouvant s'étendre sur la globalité de la face palmaire de la main (peau glabre)⁵⁷ et présentant un point de sensibilité maximale autour duquel cette dernière diminue au fur et à mesure de l'éloignement⁵⁸.

Corpuscule de Meissner

Les corpuscules de Meissner⁵⁹ – ou Wagner-Meissner – sont des mécanorécepteurs situés majoritairement dans la zone papillaire (superficielle) du derme, proche de la jonction dermoépidermique. Ces corpuscules sont associés à des fibres afférentes d'adaptation rapide de type I (FA I). À l'instar des corpuscules de Pacini, les

51. BOLANOWSKI JR, S. J. et ZWISLOCKI, J. J., « Intensity and frequency characteristics of pacinian corpuscles. I. Action potentials », in : *Journal of Neurophysiology* 51.4, 1984, p. 793-811.

52. BRISBEN, A. J., HSIAO, S. S. et JOHNSON, K. O., « Detection of Vibration Transmitted Through an Object Grasped in the Hand », in : *Journal of Neurophysiology* 81.4, avr. 1999, p. 1548-1558, URL : <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.1999.81.4.1548> (visité le 09/03/2019).

53. LOEWENSTEIN et SKALAK, *op. cit.*

54. SATO, M., « Response of pacinian corpuscles to sinusoidal vibration », in : *The Journal of Physiology* 159, 1961, p. 391-409.

55. HUNT, C. C., « On the nature of vibration receptors in the hind limb of the cat », in : *The Journal of Physiology* 155.1, 1961, p. 175-186.

56. VEGA-BERMEDEZ, F., JOHNSON, K. O. et HSIAO, S. S., « Human tactile pattern recognition : active versus passive touch, velocity effects, and patterns of confusion », in : *Journal of Neurophysiology* 65.3, 1991, p. 531-546.

57. La proportion de corpuscules de Pacini présents sur la peau glabre de la main représente 13 % de l'estimation totale de 17 000 mécanorécepteurs que nous mentionnons précédemment. Cette proportion est minoritaire par rapport aux autres types de mécanorécepteur. Voir : JOHANSSON et VALLBO, *op. cit.*

58. JOHANSSON, Roland S. et VALLBO, Åke B., « Tactile sensory coding in the glabrous skin of the human hand », in : *Trends in Neurosciences* 6, 1983, p. 27-32.

59. Du nom de l'anatomiste et physiologiste allemand Georg Meissner (1829-1905).

corpuscules de Meissner sont encapsulés, mais leur morphologie est profondément différente.

Bien que la capsule externe soit de forme ellipsoïdale, celle-ci est plus allongée que la capsule du corpuscule de Pacini. Cette capsule forme un tissu conjonctif qui enferme une succession de couches lamellaires de cellules – apparentées aux cellules de Schwann – disposées en piles verticales. Deux à six fibres nerveuses afférentes amyéliniques forment un axone hélicoïdal qui parcourt de manière ascendante et jusqu'à son extrémité les différentes couches cellulaires en se disposant entre et autour de ces dernières⁶⁰. La spécificité anatomique de cette structure réside dans la présence d'un mécanisme d'ancrage de la capsule aux tissus environnements. Plus précisément, la capsule conjonctive est entrelacée par des fibres de collagène (fibres élastiques) disposées également selon une configuration hélicoïdale (prenant ainsi la forme d'une bobine), certaines de ces fibres traversant même la capsule pour atteindre les éléments internes. L'extrémité opposée de ces fibres s'ancre dans les cellules épithéliales (par le biais des tonofibrilles, ou tonofilaments) issues de la couche germinative de l'épiderme. La capsule se trouve ainsi suspendue par ces fibres à la jonction dermoépidermique.

Ainsi, à l'image du corpuscule de Pacini, la structure complexe du corpuscule de Meissner joue un rôle pleinement fonctionnel en filtrant de manière passive certaines déformations mécaniques pour ne permettre qu'à d'autres d'aboutir au potentiel récepteur capable de dépolariser les fibres afférentes internes. Lorsqu'une déformation mécanique est provoquée sur la peau, les fibres de collagènes occasionnent un amortissement élastique de l'énergie qui peut alors engendrer des contraintes de cisaillement sur les différentes couches lamellaires internes. La déformation des couches lamellaires entraîne à leur tour celle des fibres afférentes à proximité, permettant ainsi d'aboutir au potentiel récepteur et, en fonction d'un seuil d'amplitude suffisant, la décharge de ces fibres en potentiel d'action.

Comme pour Pacini, ces récepteurs sont insensibles aux déformations statiques du fait de leur amortissement. Concernant la détection des transitoires dynamiques et vibrations de basse fréquence, d'abord considérés comme spécialisés dans la détection de ces déformations, la littérature a récemment fourni des conclusions contraires⁶¹. Toutefois, il semble que cette sensibilité particulière aux vibrations de basse fréquence

60. PURVES *et al.*, *op. cit.*, p. 199.

61. L'explication fournie par Johnson est que si les corpuscules de Meissner étaient sensibles aux vibrations de basse fréquence, les informations sensorielles permettant de contrôler la force de préhension suffisante pour tenir un objet en main pourraient « masquer » (cf. 4.2.4) les afférentes liées aux microglissements très localisés (type de stimuli justement impliqué dans le contrôle de cette force). Voir : JOHNSON, K, « The Roles and Functions of Cutaneous Mechanoreceptors », in : *Current Opinion in Neurobiology* 11.4, 1^{er} août 2001, p. 455-461, URL : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959438800002348> (visité le 09/03/2019).

soit toujours rapportée aujourd'hui⁶². En revanche, leur localisation massive dans les extrémités des doigts et dans la peau glabre de la main⁶³, associée à l'adaptation rapide de leur fibre afférente et à leur champ récepteur étroit et précisément délimité (type I)⁶⁴, laissent penser que la fonction principale de ce corpuscule se révèle dans l'haptique. En l'occurrence, ces corpuscules sont particulièrement adaptés pour assurer les réponses motrices survenant dans le contrôle de la préhension manuelle, en détectant les déformations liées au glissement d'objets sur la peau et, en particulier, lorsque ce dernier est tenu en main⁶⁵. En d'autres termes, ces récepteurs nous permettraient de sentir la sensation de glissement d'un objet tenu en main et d'adapter, de manière consciente ou non (réflexe), la force de préhension en conséquence.

Récepteur de Merkel

Les récepteurs de Merkel⁶⁶ – ou complexes de Merkel – sont des mécanorécepteurs associés à des afférences d'adaptation lente de type I (SA I). La morphologie globale de ces récepteurs, pouvant être divisée en deux parties distinctes (formant ainsi un ensemble complexe), est relativement éloignée des récepteurs abordés précédemment. En l'occurrence, l'unicité du complexe de Merkel réside dans le fait que les deux parties composant cette structure ne sont pas situées dans la même couche de la peau.

En effet, la partie supérieure du récepteur se compose d'une cellule non encapsulée, appelée cellule de Merkel, localisée dans la couche germinative de l'épiderme (crête épidermique) sur la peau glabre ou, dans la peau pileuse, au niveau du renflement (« *bugle* ») du follicule pileux. Grâce à des protubérances visibles le long de sa membrane, la cellule est implantée structurellement dans les tissus environnants de l'épiderme, en particulier entre les jonctions formées par les kératinocytes. La partie inférieure, quant à elle, se présente sous la forme d'un disque aplati, appelé disque de Merkel, situé à la jonction dermoépidermique dans la membrane basale. À la manière d'un socle, la cellule est apposée sur ce disque, qui compose en réalité la terminaison nerveuse afférente amyélinique du récepteur.

Lorsqu'un stimulus mécanique est indenté sur la peau, la cellule est sensible aux déformations statiques localisées sur et dans son entourage proche (sensibilité due à son ancrage dans les cellules voisines), tandis que le disque est, quant à lui, sensible

62. PURVES *et al.*, *loc. cit.*

63. Les corpuscules de Meissner forment la population de mécanorécepteur la plus importante sur la peau glabre de la main, avec une proportion atteignant 43 %. Voir : JOHANSSON et VALLBO, « Tactile sensibility in the human hand : relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin ».

64. *Idem*, « Tactile sensory coding in the glabrous skin of the human hand ».

65. JOHNSON, *op. cit.*

66. Du nom de l'anatomiste allemand Friedrich Sigmund Merkel (1845-1919).

aux déformations dynamiques de très basse fréquence. Cependant, la mécanotransduction du récepteur de Merkel démontre, là encore, une spécificité remarquable. À l'instar de l'électromotilité dans le mécanisme de l'audition (cf. 1.2.2), les cellules de Merkel possèdent une fonctionnalité active dans ce mécanisme. Les déformations statiques détectées par la cellule stimulent la libération par celle-ci de neuromédiateurs (neuropeptides) vers le disque, modulant ainsi son activité.

Ce mécanisme de communication chimique entre la cellule et le disque, ayant lieu à la jonction entre ces deux derniers, est souvent comparé à une forme d'échange synaptique. En outre, il a longtemps été considéré que l'action active seule de la cellule était à l'origine de la réponse de la fibre afférente, soulignant un mécanisme de cause à effet exclusif. Néanmoins, plusieurs études ont par la suite démontré que le disque pouvait répondre aux stimulations dynamiques même lorsque l'action fonctionnelle de la cellule était neutralisée. Bien que le potentiel d'action soit alors fortement diminué, l'afférence délivrée par la fibre seule présente dans ce cas de figure une adaptation rapide aux stimuli⁶⁷. Ainsi, même si l'action de la cellule n'est pas responsable à elle seule de la transduction sensorielle, elle induit en revanche l'adaptation lente de l'afférence délivrée par le complexe de Merkel, due à la libération continue de neuropeptides qui perdure tant que la cellule reste déformée.

En ce qui concerne le champ récepteur, ce dernier est, chez le complexe de Merkel, petit, très localisé (en particulier aux extrémités des doigts⁶⁸) et présente des frontières définies (type I)⁶⁹. Contrairement à Pacini et à l'instar de Meissner, les zones de sensibilité maximale sont multiples. La ramification dermique des fibres nerveuses à la base des disques de Merkel est donc particulièrement importante, une afférence pouvant, en amont, être desservie par plusieurs dizaines de récepteurs (prenant une forme globale semblable à l'inflorescence d'une plante ombellifère). Cette configuration et les caractéristiques fonctionnelles du complexe de Merkel rendent ce récepteur particulièrement sensible aux caractéristiques de surface de notre environnement. De ce fait, ces récepteurs du « toucher fin » sont impliqués dans la perception de la forme (courbes, angles) et de la texture⁷⁰ en surface des corps et objets, en particulier lorsqu'un mouvement est appliqué (haptique)⁷¹.

67. De ce fait, le disque de Merkel est parfois supposé être un mécanorécepteur à part entière. Voir : OGAWA, H., « The Merkel cell as a possible mechanoreceptor cell », in : *Progress in Neurobiology* 49.4, 1996, p. 317-334.

68. La proportion de récepteurs de Merkel sur la peau glabre de la main est de 25 %. Voir : JOHANSSON et VALLBO, « Tactile sensibility in the human hand : relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin ».

69. *Idem*, « Tactile sensory coding in the glabrous skin of the human hand ».

70. GOODWIN, A. W., BROWNING, A. S. et WHEAT, H. E., « Representation of curved surfaces in responses of mechanoreceptive afferent fibers innervating the monkey's fingerpad », in : *The Journal of Neuroscience* 15, 1995, p. 798-810.

71. JOHNSON, *op. cit.*

Corpuscule de Ruffini

Les corpuscules de Ruffini⁷² sont des mécanorécepteurs associés à des afférences d'adaptation lente de type II (SA II). Ces corpuscules sont situés au niveau réticulaire (basal) du derme et sont présents sur la peau glabre et pileuse. Parmi l'ensemble des mécanorécepteurs cités précédemment, leur fonctionnement reste à ce jour le moins connu de la littérature scientifique (notamment en neurophysiologie). De fait, leur rôle n'est que partiellement déterminé⁷³.

Concernant leur morphologie, les corpuscules de Ruffini sont des récepteurs encapsulés se présentant sous une forme allongée semblable à celle d'un fuseau. L'axe d'orientation de ce fuseau est généralement parallèle à la surface de la peau. À l'image des corpuscules de Meissner, la capsule périneurale est entrelacée, ici longitudinalement, par des fibres de collagène qui viennent s'ancrer dans les tissus avoisinant chacune des extrémités. De plus, ces fibres pénètrent à l'intérieur de la capsule et se lient avec les multiples terminaisons nerveuses amyéliniques ramifiées (dendrites), lesquelles sont entourées par quelques couches de cellules apparentées à des cellules de Schwann. Ces terminaisons se réunissent pour former, hors de la capsule, une unique fibre afférente myélinisée. De ce fait, le champ récepteur des corpuscules de Ruffini est large, présente une délimitation abstraite et un point de sensibilité maximale.

La disposition longitudinale et parallèle à la surface cutanée de ces corpuscules semble les rendre sensibles aux déformations latérales de la peau (forces de traction). En d'autres termes, les afférences fournis par ces récepteurs, d'adaptation lente, joueraient davantage un rôle dans la perception de l'étirement de notre peau (mouvements, direction et force) que dans la détection des déformations statiques ou dynamiques⁷⁴. La présence de ces corpuscules au niveau proprioceptif (muscles, tendons, articulations, ligaments, etc.) renforce l'hypothèse que leur rôle se révélerait ainsi davantage dans l'haptique, notamment en fournissant des informations concernant la position de nos mains et de nos doigts⁷⁵.

Terminaisons libres, pileuses et fibres afférentes C-Tactile

Enfin, bien que les études soient largement minoritaires sur ce sujet, il convient de mentionner qu'il existe une mécanoréception mise en œuvre par des terminaisons

72. Du nom de l'anatomiste italien Angelo Ruffini (1864-1929).

73. PURVES *et al.*, *op. cit.*, p. 200.

74. JOHNSON, *op. cit.*

75. La proportion de corpuscules de Ruffini sur la peau glabre de la main est de 19 %. Voir : JOHANSSON et VALLBO, « Tactile sensibility in the human hand : relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin ».

nerveuses annexes non encapsulées qui ne se structurent pas en corpuscule spécialisé. La peau pileuse présente de multiples fibres nerveuses, réparties notamment autour des follicules pileux. Au niveau basal de ces follicules se trouvent par exemple des terminaisons longitudinales lancéolées, ainsi que des terminaisons circonférentielles⁷⁶.

En outre, les terminaisons longitudinales lancéolées revêtent une attention particulière chez de nombreux chercheurs depuis quelques années. Sensibles à la déflexion du poil induite issue d'une stimulation active ou passive, ces terminaisons amyéliniques, absentes de la peau glabre, sont associées à des fibres afférentes spécifiques (n'intervenant pas dans la nociception ou la pruriception, c'est-à-dire les sensations de démangeaison), appelées « C-Tactile » (CT) ou « C ». Identifiées chez les mammifères⁷⁷, ces dernières sont susceptibles de fournir des informations pouvant induire des réactions émotionnelles et moduler notre sensation de bien-être. Ainsi, bien que le rôle précis de ces fibres ne soit pas encore précisément déterminé, celles-ci sont à la base d'un mécanisme sensoriel hypothétique appelé « toucher émotionnel »⁷⁸, « toucher affectif », « hédonique » ou encore « toucher sensuel »⁷⁹.

En l'occurrence, ce type de toucher est activé par une stimulation dynamique lente à la surface de la peau (caresse). En effet, les résultats expérimentaux semblent démontrer que les fibres CT, présentant un champ réceptif restreint, répondent mieux aux stimuli issus de mouvements lents qu'aux mouvements rapides⁸⁰. Une conclusion similaire est rapportée dans les sensations de bien-être et de plaisir que nous éprouvons face aux contacts cutanés interpersonnels, suggérant ainsi une corrélation entre ces résultats. De fait, cette corrélation renforce la fonction hypothétique de ces fibres dans la perception du toucher sensuel et en tant que récepteurs sensoriels initiateurs d'un mécanisme complexe de modulation de notre état émotionnel. Bien que des preuves significatives supplémentaires restent à apporter pour conclure sur le rôle fonctionnel de ces fibres, l'intérêt croissant de la littérature pour l'exploration de leurs propriétés forme depuis quelques années une perspective prometteuse.

4.2 Psychophysique de la perception vibrotactile

76. PURVES *et al.*, *op. cit.*, p. 201.

77. En dehors du cas spécifique de l'Homme, ces fibres sont nommées chez les autres espèces animales « *C Low Threshold Mechanosensitive Receptors* » (CLTMR).

78. MCGLONE *et al.*, *op. cit.*

79. VALLBO, Åke B., LÖKEN, Line et WESSBERG, Johan, « Chapter 1. Sensual Touch : A Slow Touch System Revealed with Microneurography », in : OLAUSSON, Håkan *et al.*, *Affective Touch and the Neurophysiology of CT Afferents*, New York : Springer Science, 2016, p. 1-30.

80. *Ibid.*

4.2.1 Acuité tactile

La répartition des mécanorécepteurs dans notre peau, les différences d'innervation, de densité ou encore les variations de taille des champs récepteurs sont des facteurs qui impactent sur la manière dont nous percevons les informations tactiles dans notre environnement. Lors d'une stimulation multiple sur une région spécifique ou sur l'ensemble de notre corps, plusieurs milliers de mécanorécepteurs, que ce soit du même ou de types différents, s'activent et déchargent leurs afférences simultanément. Seulement, du point de vue de notre perception, chacune de ces afférences n'est pas restituée « à la lettre », mais forment, à l'issue des traitements neurophysiologique, neurologique et cognitif réalisés dans notre cerveau, un ensemble de « percepts ». Les sensations tactiles conscientes que nous éprouvons sont donc le fruit d'une représentation perceptive relative de notre environnement. De ce fait, la sensibilité tactile n'est pas uniquement induite par les caractéristiques morphologiques ou physiologiques de nos terminaisons nerveuses, mais implique également des modulations résultant d'aspects psychophysiques. La perception spatio-temporelle des stimuli tactiles dépend ainsi de notre capacité à localiser et distinguer ces derniers dans l'espace, ou encore à détecter leurs variations subtiles d'intensité et de fréquence. Particulièrement étudiées dans la littérature, ces capacités forment respectivement l'« acuité tactile » et la « perception tactile ».

L'acuité tactile – aussi appelée « discrimination tactile », « discrimination spatiale » ou encore « résolution spatiale » – est définie comme « le plus petit écart nécessaire pour que soient jugées distinctes deux stimulations spécifiques »⁸¹. En deçà de cette distance (généralement exprimée en millimètre) appelée « seuil de discrimination » (tactile ou spatial), ces deux stimuli ne peuvent être distingués et sont alors perçus comme un unique stimulus appliqué sur la surface de notre peau. L'acuité tactile est donc d'autant plus grande que la valeur de ce seuil est faible⁸². Comme cette capacité dépend de la densité et du nombre de mécanorécepteurs présents dans notre peau, l'acuité tactile varie ainsi grandement en fonction des régions de notre corps, mais évolue également en diminuant avec l'âge⁸³ et en fonction des différences physiques entre les corps⁸⁴.

81. PURVES *et al.*, *op. cit.*, p. 195.

82. GRONDIN, *op. cit.*

83. STEVENS, J. C. et PATTERSON, M. Q., « Dimensions of spatial acuity in the touch sense : changes over the life span », in : *Somatosensory & motor research* 12.1, 1995, p. 29-47.

84. Plusieurs études réalisées sur la main ont démontré que l'acuité tactile augmente à mesure que la taille des doigts diminue. Cette conclusion a permis de réfuter l'existence d'une différence d'acuité basée sur le sexe entre les hommes et les femmes. Voir : PETERS, Ryan M., HACKEMAN, Erik et GOLDREICH, Daniel, « Diminutive Digits Discern Delicate Details : Fingertip Size and the Sex Difference in Tactile Spatial Acuity », in : *The Journal of Neuroscience* 29.50, 2009, p. 15756-15761.

De nombreux travaux ont tenté de déterminer ces variations et, bien que plusieurs méthodes aient été employées au cours du temps pour mesurer ce seuil⁸⁵, les résultats obtenus fournissent aujourd'hui des représentations cartographiques de l'acuité tactile moyenne mesurée, notamment en fonction des différents points du corps (FIG. 4.2). Les régions du corps présentant une forte densité de mécanorécepteurs démontrent ainsi une grande acuité tactile, contrairement aux régions où cette densité est faible. De ce fait, nos mains et nos doigts, les différentes parties composant notre visage, ou encore nos orteils fournissent une discrimination très fine (quelques millimètres), tandis que nos bras, nos épaules, notre dos, notre abdomen ou encore nos jambes (cuisses et mollets) présentent des seuils importants (de l'ordre de 30 à plus de 40 mm).

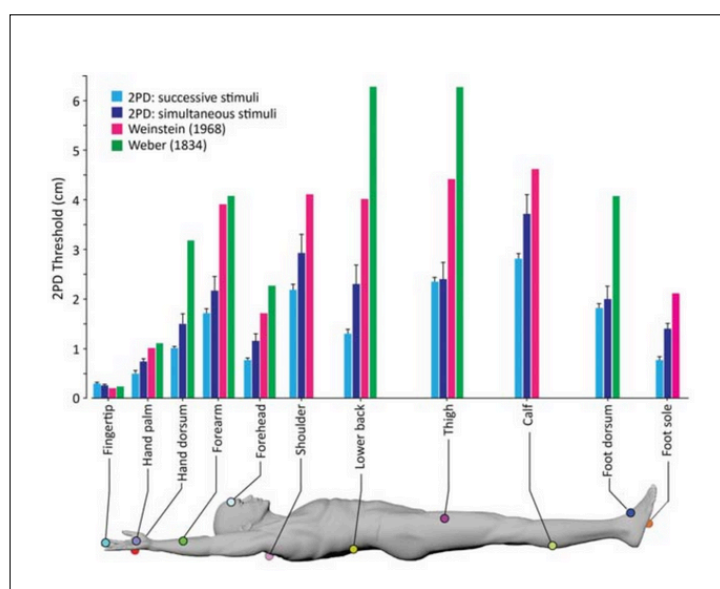


FIGURE 4.2 – Comparaison de l'acuité tactile mesurée en différents points du corps selon différentes méthodes de mesure^a.

a. MANCINI, Flavia *et al.*, « Whole-body mapping of spatial acuity for pain and touch », in : *Annals of Neurology* 75.6, 2014, p. 917-924.

85. Les méthodes les plus courantes sont celles du « seuil à deux points » (ou méthode dite « Weber ») et du « seuil de localisation par point » (aussi appelée méthode par « erreur de localisation »). Voir : LEDERMAN, S. J. et KLATZKY, R. L., « Haptic Perception : A Tutorial », in : *Attention, Perception & Psychophysics* 71.7, 1^{er} oct. 2009, p. 1439-1459, URL : <http://www.springerlink.com/index/10.3758/APP.71.7.1439> (visité le 09/03/2019).

4.2.2 Seuils de perception tactile

Avant que notre capacité perceptive à distinguer spatialement les stimuli tactiles soit sollicitée, ces stimuli doivent au préalable activer la décharge afférente de nos mécanorécepteurs. Précédemment, nous avons vu que ces derniers pouvaient remplir, du fait de leur morphologie, leur localisation ou encore leur innervation spécifiques, des rôles fonctionnels distincts et sont associés à des afférences caractérisées par des réponses adaptatives différentes. L'action conjuguée de ces mécanorécepteurs dans la réponse aux stimuli tactiles de notre environnement définit ainsi la sensibilité cutanée. Du point de vue de nos mécanismes perceptifs, qui succède à la compilation de l'ensemble des informations afférentes, la littérature distingue notre capacité à percevoir un stimulus tactile donné, c'est-à-dire à détecter ou non sa présence, de notre capacité à distinguer des modifications de l'intensité de ce stimulus dans le temps.

La première de ces capacités définit le « seuil absolu de détection », aussi appelé « seuil liminaire de perception » ou encore « seuil de réponse » tactile, qui correspond globalement à « la plus petite quantité d'énergie physique capable de provoquer une réaction, un comportement spécifique de la part de l'organisme »⁸⁶. Ce seuil nous renseigne donc sur la capacité à détecter un stimulus donné. La deuxième est déterminée par le « seuil différentiel » – également appelé « seuil de différenciation » ou « seuil relatif » – qui correspond à « l'augmentation de l'intensité physique juste nécessaire pour provoquer une différence de réaction »⁸⁷. Ce seuil nous renseigne donc non pas sur la capacité à détecter, mais à discriminer un stimulus donné. L'intensité résulte, quant à elle, de la perception subjective d'un individu de l'amplitude qui, en psychophysique, peut être exprimée en micromètre lorsqu'il s'agit de l'amplitude de déformation physique de la peau ou en décibel lorsqu'il s'agit de l'amplitude d'un signal électrique délivré (notamment lorsque le stimulus est une vibration).

Cependant, au regard des propriétés de nos mécanorécepteurs, le seuil absolu de détection ne dépend pas uniquement de l'amplitude du stimulus, mais également, lorsque cette stimulation présente un caractère dynamique (périodique), de sa fréquence. Du point de vue anatomique et physiologique, chaque type de mécanorécepteur est sensible à une gamme de fréquence particulière et présente de ce fait un seuil de réponse spécifique et une fréquence optimale propre pour laquelle la sensibilité est maximale. Fréquence et amplitude sont donc deux paramètres en corrélation directe du point de vue de notre perception tactile des stimuli dynamiques et notamment, comme nous allons le voir, dans la perception cutanée des vibrations ou « perception vibrotactile ».

86. BOUCART, Muriel, « Psychophysique », in : *Encyclopædia Universalis [En ligne]*, URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/psychophysique/> (visité le 12/09/2022).

87. *Ibid.*

4.2.3 Perception vibrotactile

Qu'elles soient générées par l'activité humaine ou engendrées par des phénomènes naturels, les vibrations mécaniques font partie des stimuli que nous éprouvons au quotidien dans notre environnement. Que nous soyons au volant de notre voiture pour exécuter un trajet, effectuons des travaux manuels domestiques ou lorsque nous écoutons un concert de musique impliquant des niveaux sonores importants, nous percevons et ressentons des vibrations à travers notre peau dans de nombreuses situations courantes. Dans certains cas, ces vibrations sont utilisées pour nous communiquer des informations, à partir desquelles nous déduisons alors des conclusions (par exemple : la vibration d'un smartphone pour signaler une notification quelconque). Dans d'autres, comme au travail ou à travers des activités nécessitant des actions précises et délicates, elles peuvent être considérées comme une source de nuisances pouvant impacter notre bien-être, voire représenter un risque pour notre santé. La perception vibrotactile résulte ainsi de la sensibilité de notre peau à ces vibrations mécaniques, émises directement sur celle-ci ou perçues à distance de leur source d'origine, à travers le milieu dans lequel nous évoluons⁸⁸.

De par leur facilité de reproduction en situation expérimentale et leurs paramètres de contrôle offrant un vaste champ de variables, les vibrations représentent un type de stimulus largement utilisé dans les travaux en psychophysique. Ces derniers, couplés aux études en neurophysiologie délimitant les différents seuils de réponse de nos mécanorécepteurs aux vibrations, en particulier localisés sur la main, offrent aujourd'hui un socle de connaissances sur la perception vibrotactile particulièrement développé. De nombreux paramètres de contrôle ont été testés depuis les études pionnières sur le sujet pour tenter de déterminer les rôles et le fonctionnement de nos mécanorécepteurs cutanés, ainsi que les effets des stimuli vibratoires sur la perception vibrotactile. Parmi les paramètres courants, nous retrouvons des paramètres propres à la production des stimuli vibratoires, tels que l'amplitude, la fréquence, la durée, la forme d'onde⁸⁹, la surface de contact ou encore la configuration spatiale.

De nombreux tests de paramètres individuels et leurs combinaisons ont été explorés dans la littérature pour tenter de déterminer le seuil absolu de détection des stimuli vibratoires⁹⁰. Par exemple, l'une des approches les plus courantes consiste à étudier les effets des variations de la fréquence des vibrations sur l'amplitude de

88. Étendue à l'ensemble du corps et à ses différents niveaux, la sensibilité globale aux vibrations, ou « sensibilité vibratoire », porte alors le nom de « pallesthésie ».

89. BENSMAYÀ, Sliman J. et HOLLINS, Mark, « Complex tactile waveform discrimination », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 108.3, 2000, p. 1236-1245.

90. Nombre de ces études pionnières a par exemple été mené par les chercheurs de l'*Institute for Sensory Research* de l'Université de Syracuse à partir de la seconde moitié du xx^e siècle.

ce seuil, mesurée notamment sur l'éminence thénar de la main⁹¹. La plupart des résultats obtenus démontrent que les différentes mesures du seuil absolu de détection forment, sur une plage de fréquence allant de 0,4 à 500 Hz, une courbe parabolique en « U », soulignant ainsi l'existence d'une fréquence optimale autour de 250 Hz pour laquelle le seuil est alors minimal⁹². Des résultats similaires ont été corroborés par des travaux impliquant la variation d'autres paramètres et sur des plages de fréquences plus grandes⁹³. Les mesures obtenues à partir de surfaces de contact différentes⁹⁴ ou encore à partir d'autres parties du corps⁹⁵ présentent le même profil parabolique de courbe, avec une fréquence de sensibilité maximale similaire.

Ces travaux et leurs résultats serviront de base à leurs auteurs pour proposer un modèle psychophysique toujours en vigueur de nos jours dans les études sur la perception vibrotactile. Ce modèle, appelé « théorie des quatre canaux » par Bolanowski et son équipe⁹⁶, associe à chacun des mécanorécepteurs un canal psychophysique distinct. Ces quatre canaux sont ainsi nommés P (pour canal de Pacini) et NP I, II et III (pour canal Non-Pacinien). Chacun de ces canaux est établi à partir de la gamme de réponses en fréquence propre à chaque mécanorécepteur et de la réponse de la fibre afférente qui leur est associée⁹⁷. Les correspondances entre ces caractéristiques et les différents mécanorécepteurs sont encore couramment présentées sous forme de tableaux dans la littérature⁹⁸. Lorsque nous percevons une stimulation vibrotactile émise dans notre environnement, celle-ci peut activer plusieurs canaux simultanément, soulignant une nouvelle fois que la perception vibrotactile résulte d'une compilation d'informations sensorielles.

Il n'existe pas de consensus autour des fréquences exactes composant chacune de ces plages de sensibilité. Les données rapportées renvoient aux protocoles et aux

91. l'éminence thénar correspond à la partie arrondie de la paume de la main située à la base du pouce.

92. BOLANOWSKI JR et ZWISLOCKI, *op. cit.*

93. Dans l'étude précédente, la surface de contact est constante et fixée à 2,9 cm², pour une température de la peau de 30 °C et une durée de 700 ms. Voir : *ibid.*

94. VERRILLO, Ronald T., « Vibration Sensation in Humans », in : *Music Perception : An Interdisciplinary Journal* 9.3, avr. 1992, p. 281-302, URL : <http://mp.ucpress.edu/cgi/doi/10.2307/40285553> (visité le 09/03/2019).

95. Dans cette étude, l'exception concerne les mesures effectuées sur le sternum. Voir : JOHANSSON, R. S., LUNDSTROM, U. et LUNDSTROM, R., « Responses of Mechanoreceptive Afferent Units in the Glabrous Skin of the Human Hand to Sinusoidal Skin Displacements », in : *Brain Research* 144, 1982, p. 17-25.

96. BOLANOWSKI, S. J., GESCHIEDER, G. A. et VERRILLO, R. T., « Hairy skin : psychophysical channels and their physiological substrates », in : *Somatosensory & Motor Research* 11, 1994, p. 279-290.

97. Bien que celle-ci apparaisse encore dans certaines études actuelles, il semble que la nomenclature utilisée pour nommer ces canaux (P, NP I, NP II et NP III) soit aujourd'hui progressivement abandonnée au profit de celle utilisée pour classer les différentes réponses des fibres afférentes (FA I, II ; SA I, II).

98. Par exemple, dans : MCGLONE, Francis et REILLY, David, « The cutaneous sensory system », in : *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 34, 2010, p. 148-159.

mesures effectuées par les différents travaux. La plupart des plages présentées à l'heure actuelle dans la littérature sont issues de compilations de données provenant de différentes études. Par exemple, McGlone et Reilly⁹⁹ ont proposé une synthèse des données recueillies au sein des travaux mentionnés précédemment¹⁰⁰, que nous augmenterons dans cette thèse de doctorat avec les données de Gescheider et de son équipe¹⁰¹.

Ainsi :

- le canal P, correspondant aux corpuscules de Pacini et associé aux afférences de type FA II, présente un seuil de réponse aux stimuli vibratoires allant de 40 à 800 Hz¹⁰², avec une sensibilité optimale établie entre 250 et 300 Hz à -20 dB ;
- le canal NP I, correspondant aux corpuscules de Meissner et associé aux afférences de type FA I, présente un seuil de réponse allant de 3 à 100 Hz, avec une sensibilité optimale mesurée à 10 dB entre 30 et 50 Hz ;
- le canal NP II, correspondant aux corpuscules de Ruffini et associé aux afférences de type SA II, présente un seuil de réponse allant de 15 à 400 Hz, avec une sensibilité optimale mesurée à 10 dB à 300 Hz ;
- le canal NP III, correspondant aux récepteurs de Merkel et associé aux afférences de type SA I, présente un seuil de réponse allant de $\pm 0,3$ à 100 Hz, avec une sensibilité optimale mesurée à 28 dB à 3 Hz.

Ces données nous renseignent donc sur plusieurs aspects fondamentaux de la perception vibrotactile. Premièrement, sur l'étendue du spectre fonctionnel dans cette modalité sensorielle, allant de fréquences presque nulles (+ 0,3 Hz) jusqu'à une fréquence d'environ 1000 Hz. Bien que ce spectre soit beaucoup plus restreint que celui du champ auditif chez l'Homme, la sensibilité vibrotactile induit en revanche la perception de stimuli de très basses fréquences pouvant se rapporter aux « infrasons »¹⁰³. Si l'ensemble de ces mécanorécepteurs est fonctionnellement impliqué dans la perception vibrotactile, la très grande sensibilité des corpuscules de Pacini (afférences de type FA II), ainsi que leur large gamme de fréquences, soulignent clairement le rôle privilégié de ces récepteurs dans la détection des vibrations de haute fréquence (stimulation dynamique). Ce rôle est également mis en lumière par la fréquence optimale de 250 Hz obtenue par la mesure du seuil absolu de détection vue précédemment,

99. *Ibid.*

100. Rappelons que ces données ont été établies à partir de mesures effectuées sur la main.

101. GESCHEIDER, George A., BOLANOWSKI, Stanley J. et VERRILLO, Ronald T., « Some characteristics of tactile channels », in : *Behavioural Brain Research* 148, 2004, p. 35-40.

102. Une fréquence maximale de 1000 Hz est parfois rapportée dans certaines études.

103. Selon Jacques Chatillon, le seuil délimitant les sons des infrasons se situe à 20 Hz. il est important de souligner que cette notion d'infrason possède des caractères nettement audio- et anthropocentré, historiquement déterminé en fonction du champ auditif (seuil infraliminaire de perception auditive) et des propriétés de notre oreille. Voir : CHATILLON, Jacques, « Perception des infrasons », in : *Acoustique et Techniques* 67, 2011, p. 4-10.

fréquence correspondant pleinement à la sensibilité optimale de ce corpuscule. Les vibrations de basse fréquence sont, quant à elles, principalement détectées par les corpuscules de Meissner (afférences de type FA I)¹⁰⁴. Enfin, notons également qu'il existe une plage de fréquences commune entre les gammes couvertes par Pacini et Meissner, la limite entre ces deux canaux ayant été calculée à 70 Hz¹⁰⁵.

À la lumière de ces résultats et de la mesure du seuil absolu de détection, la fréquence est une variable qui ne peut être considérée indépendamment de l'amplitude au regard de la perception vibrotactile. Fréquence et amplitude forment donc un couple de variables en interaction constante et qui ne peut être dissocié. Par exemple, comme nous l'avons vu, la mesure du seuil absolu de détection nous renseigne sur l'amplitude minimale nécessaire pour obtenir une stimulation, grandeur qui varie pleinement en fonction de la fréquence du signal. À l'inverse, à fréquence constante, l'augmentation de l'amplitude engendre une augmentation de la fréquence perçue¹⁰⁶. L'étude de cette relation a notamment permis de former, sur la base de mesures de seuils effectuées à différents niveaux d'amplitude et pour différentes fréquences, des courbes d'équivalence appelées « contours de magnitude de sensations égales »¹⁰⁷. Ces courbes démontrent ainsi à quel point l'amplitude d'un stimulus de fréquence donnée doit être modifiée pour correspondre à l'intensité ressentie¹⁰⁸ d'un stimulus de fréquence différente. Par exemple, pour qu'un stimulus de 100 Hz soit perçu avec la même intensité qu'un stimulus de 250 Hz au seuil absolu de détection (« *threshold* »), il est nécessaire d'ajouter environ 15 dB d'amplitude au signal.

Bien entendu, comme nous l'avons mentionné plus haut, il existe d'autres paramètres en mesure d'influencer la perception vibrotactile. Certains de ces paramètres dépendent directement de la condition ou des caractéristiques individuelles du sujet, tels que l'âge (diminution de la sensibilité dans le temps)¹⁰⁹, la température de notre

104. Contrairement à l'hypothèse du masquage avancée par Johnson que nous avons abordée précédemment (cf. 4.1.3), les corpuscules de Meissner sont toujours considérés de nos jours comme étant spécialisés dans la détection des vibrations de basse fréquence.

105. DUTU, Liviu-Cristian, « Analyse de signaux vibrotactiles et modèles flous de la perception. Application aux interfaces tactiles pour l'automobile et l'aéronautique », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Philippe BOLON et co-encadrée par Gilles MAURIS, Université Grenoble Alpes, 2015, p. 27.

106. MORLEY, John W. et ROWE, Mark J., « Perceived pitch of vibrotactile stimuli : effects of vibration amplitude, and implications for vibration frequency coding », in : *The Journal of Physiology* 431.1, 1990, p. 403-416.

107. VERRILLO, *op. cit.*

108. Rappelons une nouvelle fois que l'intensité est une propriété subjective établie en fonction des capacités perceptives d'un sujet face à une stimulation. En outre, la relation d'équivalence entre l'amplitude (magnitude physique) et l'intensité (magnitude perçue) est définie par une équation mathématique appelée « loi de puissance de Stevens ». Voir : STEVENS, Stanley S., « Tactile vibration : Change of exponent with frequency », in : *Perception & Psychophysics* 3.3, 1968, p. 223-228.

109. VERRILLO, *op. cit.*

peau et son type (pileuse ou glabre)¹¹⁰, son impédance, ou encore sa conductivité (liée à la transpiration ou à l'humidité). D'autres sont relatifs à des effets psychophysiques que nous nous apprêtons dès à présent à détailler.

4.2.4 Effets psychophysiques et illusions spatiotemporelles tactiles

Adaptation

L'adaptation – parfois nommée accoutumance ou tolérance selon les domaines et leurs applications – est un phénomène décrivant une modification dans le temps de la sensibilité à un stimulus ou à un ensemble de stimuli de nature similaire. De manière générale, cet effet survient lors d'une exposition prolongée à un stimulus sensoriel ou à plusieurs stimuli présentés successivement. Selon la nature de la modalité sensorielle ou de la stimulation, cette modification temporaire de sensibilité se traduit soit par une diminution du seuil absolu de détection (augmentation de la sensibilité)¹¹¹, soit par une augmentation de ce seuil (diminution de la sensibilité).

En psychophysique de la perception vibrotactile, celle-ci intervient à deux niveaux. Premièrement, comme nous l'avons déjà abordée, l'adaptation est à la base du type d'afférence délivré par nos mécanorécepteurs (rapide ou lente). Deuxièmement, l'exposition prolongée aux vibrations provoque une altération aigüe de la sensibilité de nos mécanorécepteurs se traduisant par une augmentation du seuil absolu de détection et, par conséquent, par une diminution de l'intensité perçue¹¹². En revanche, des travaux suggèrent que l'augmentation de ce seuil se corrèle à une diminution du seuil différentiel, soulignant ainsi une amélioration temporaire des capacités de discrimination de la fréquence et de l'amplitude¹¹³.

Enfin, l'adaptation étant un phénomène temporaire relatif à la durée de la stimulation (qui constitue l'un des paramètres mentionnés précédemment). L'arrêt de cette dernière engendre alors une phase dite de « récupération », qui dépend de la zone du corps qui a été stimulée et du niveau d'intensité de la stimulation¹¹⁴.

110. BOLANOWSKI, GESCHIEDER et VERRILLO, *op. cit.*

111. Par exemple, lorsque nous sommes exposés à l'obscurité après avoir évolué dans un environnement lumineux, nos yeux « s'adaptent » progressivement par le biais de différents mécanismes.

112. LUNDSTRÖM, R. et JOHANSSON, R. S., « Acute impairment of the sensitivity of skin mechanoreceptive units caused by vibration exposure of the hand », in : *Ergonomics* 29, 1986, p. 687-698.

113. GOBLE, A. K. et HOLLINS, M., « Vibrotactile adaptation enhances frequency discrimination », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 96.2, 1994, p. 771-780.

114. VERRILLO, *op. cit.*

Masquage et renforcement

Lorsque plusieurs stimuli sont présentés simultanément ou successivement dans le temps et dans l'espace au sein d'une modalité donnée, l'effet de masquage décrit alors la capacité de l'un de ces stimuli à affaiblir ou à annihiler la perception des autres¹¹⁵. Le masquage est dit « temporel » lorsque plusieurs stimuli sont présentés successivement dans un intervalle de temps¹¹⁶ court et dans un espace, ici la surface de peau stimulée, constant. À l'inverse, le masquage est dit « spatial »¹¹⁷ quand la stimulation est simultanée (ou partiellement simultanée)¹¹⁸, mais que les stimuli ne sont pas appliqués sur une même localisation. Cet effet est donc d'autant plus important si les stimuli sont présentés simultanément ou dans un intervalle de temps restreint, mais également si ceux-ci présentent des caractéristiques proches, par exemple en fréquence¹¹⁹.

Il arrive également que l'exposition simultanée ou successive de plusieurs stimuli n'engendre non pas une atténuation, mais, à l'inverse, une augmentation de l'intensité perçue de l'un des stimuli. Bien qu'ils partagent des conditions d'apparition identiques, cet effet, appelé « renforcement », s'oppose donc diamétralement au masquage. Selon la littérature, le renforcement se manifeste autant dans les basses qu'à travers les hautes fréquences vibrotactiles, et semble être optimal lorsque les fréquences des stimuli présentés sont proches¹²⁰.

Sommation

La sommation définit, en général, l'augmentation de l'intensité globale perçue lors d'une stimulation lorsque les stimuli qui composent cette dernière sont présentés simultanément ou successivement¹²¹. Comme pour l'effet de masquage, il existe une

115. VERRILLO, Ronald T. et GESCHIEDER, George A., « Enhancement and Summation in the Perception of Two Successive Vibrotactile Stimuli », in : *Perception & Psychophysics* 18.2, mars 1975, p. 128-136, URL : <http://www.springerlink.com/index/10.3758/BF03204100> (visité le 09/03/2019).

116. La durée de l'intervalle temporel comprise entre la présentation successive de plusieurs stimuli distincts est appelée en anglais « *Inter-Stimulus Intervalle* (ISI) ».

117. Le terme de masquage « latéral » est également usité dans la littérature. Par ailleurs, ce type de masquage constituait auparavant un effet distinct appelé « suppression ». Voir : HERNANDEZ YANEZ, Carmen Rosa, « Effet de masquage fréquentiel dans les vibrations du corps pour un sujet assis », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Étienne PARISET, Lyon, Institut National des Sciences Appliquées (INSA), 2012.

118. On parle de masquage « proactif », ou « pré-masquage », dans la situation où le stimulus masquant est présenté avant le ou les stimuli masqués. *A contrario*, lorsque le stimulus masquant est présenté *a posteriori*, on parle alors de masquage « rétroactif » ou « post-masquage ». Voir : *ibid.*

119. VERRILLO et GESCHIEDER, *op. cit.*

120. *Ibid.*

121. *Ibid.*

sommation dite « spatiale » et une sommation dite « temporelle ». La sommation spatiale est caractérisée par l'augmentation de l'intensité perçue à mesure que les stimuli sont présentés dans des localisations différentes de l'espace. En psychophysique de la perception vibrotactile, ce type de sommation se concrétise par une augmentation de la surface de contact (paramètre cité plus haut) de la stimulation. En d'autres termes, pour une amplitude des vibrations constante, plus la surface de peau stimulée est importante, plus la stimulation semble intense.

La sommation temporelle décrit, quant à elle, l'augmentation de l'intensité perçue à mesure que les stimuli se présentent successivement dans le temps. Dans le cas d'une stimulation vibrotactile de fréquence constante, les résultats rapportés dans la littérature démontrent non seulement que plus l'intervalle de temps entre les stimuli est court, plus le seuil absolu de détection est faible, mais aussi que la diminution du seuil pouvait être engendrée par l'augmentation du nombre d'itérations de ces stimuli dans le temps¹²². En d'autres termes, plus l'écart temporel entre chaque stimulus est court et plus la durée globale de la stimulation augmente, plus l'intensité globale de la stimulation perçue sera élevée. De plus, Verrillo et Gescheider comparent les effets de la sommation en psychophysique de la perception tactile à celui des bandes critiques sur la sonie en psychoacoustique : plus l'écart de fréquences entre les stimuli augmente, plus les effets de la sommation sont importants¹²³.

Enfin, il est important de noter que l'effet de sommation n'existe pas dans tous les canaux psychophysiques. À l'heure actuelle, la théorie la plus partagée dans la littérature soutient que cette propriété est inhérente au canal P, c'est-à-dire capable uniquement d'être mise en œuvre par les corpuscules de Pacini¹²⁴.

Saltation

La saltation – aussi appelée « saltation sensorielle » ou « saltation cutanée » – est une illusion tactile spatiotemporelle caractérisée par la perception d'un déplacement cutané d'un stimulus, ou d'un groupe de stimuli identique, vers un autre strictement séparé dans le temps et l'espace. Découvert dans les années soixante-dix par Geldard et Sherrick, la saltation est aussi connue sous le nom d'illusion « du lapin », du « saut cutané », ou encore du « saut cutané du lapin »¹²⁵.

122. GESCHEIDER, G. A. *et al.*, « Vibrotactile temporal summation : probability summation or neural integration? », in : *Somatosensory & Motor Research* 16, 1999, p. 229-242.

123. VERRILLO et GESCHEIDER, *op. cit.*

124. GESCHEIDER *et al.*, *op. cit.*

125. GELDARD, Frank A. et SHERRICK, Carl E., « The Cutaneous "Rabbit" : A Perceptual Illusion », in : *Science* 178.4057, 1972, p. 178-179.

Les effets de la saltation peuvent être ressentis lorsque les stimuli d'intensité égale sont présentés avec un décalage temporel compris entre 20 et 250 ms¹²⁶, avec un intervalle optimal obtenu vers 50 ms¹²⁷, et sur différentes localisations de la peau¹²⁸. Dans ces conditions optimales, la saltation génère chez le sujet la sensation que le stimulus initial se déplace vers le stimulus final par l'intermédiaire de stimuli intermédiaires « fantômes » (perçus en dehors de leur localisation réelle) qui confèrent l'illusion d'un mouvement d'ensemble cohérent.

Effet Phi

Parmi les illusions spatiotemporelles existantes dans la perception sensorielle, la perception de mouvements apparents (ou mouvements illusoires) regroupe un ensemble d'illusions notable. Les effets de certaines des illusions composant cet ensemble peuvent, par ailleurs, être rencontrés dans plusieurs modalités. À l'instar de la saltation dont il est relativement proche, l'« effet Phi » implique également la sensation de mouvements apparents et représente ainsi une autre catégorie d'illusions spatiotemporelles. Notamment connu dans la modalité visuelle pour son application fondamentale dans le domaine de l'animation audiovisuelle, l'effet Phi correspond à la perception d'un mouvement apparent continu lorsqu'un ensemble de stimuli pourtant individuellement inertes sont présentés successivement dans le temps. Dans le domaine psychophysique et de la perception vibrotactile, il peut être généré lorsque plusieurs stimuli vibratoires séparés spatialement sur la peau sont activés et désactivés successivement les uns après les autres dans le temps, conférant au sujet l'illusion que seul un unique stimulus se déplace en continu dans l'espace¹²⁹.

Le facteur temporel représente une variable dont l'influence est ici une nouvelle fois décisive. À l'image de la saltation, l'effet Phi n'est optimal que dans une plage spécifique d'intervalle temporel entre chaque stimulus¹³⁰. En dehors de cette plage, les stimuli seront soit perçus comme simultanés (durée d'intervalle trop faible), soit

126. Selon les données recueillies dans les études préliminaires. Voir : GELDARD, Frank A. et SHERRICK, Carl E., « The cutaneous saltatory area and its presumed neural basis », in : *Perception & Psychophysics* 33.4, 1983, p. 299-304.

127. GELDARD, Frank A., « The mutability of time and space on the skin », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 77.1, 1985, p. 233-237.

128. Dans leurs travaux, Geldard et Sherrick se sont principalement concentrés sur l'observation des effets de la saltation sur la main, l'avant-bras et l'index. Les auteurs soulignent toutefois que cette illusion est également limitée dans l'espace, les différentes localisations devant être proches pour que les effets puissent être ressentis. Voir : GELDARD et SHERRICK, *op. cit.*

129. GONZALES, Gilbert R., « Symbol recognition produced by points of tactile stimulation : the illusion of linear continuity », in : *Mayo Clinic Proceedings* 71, 1996, p. 1039-1046.

130. La durée d'intervalle est notamment à la base de la cadence d'image dans le domaine de l'animation visuelle (nombre d'images par seconde).

perçus individuellement (durée d'intervalle trop longue)¹³¹. De plus, comme le démontre les travaux menés par Sherrick et Rogers, l'effet Phi dépend également de la durée globale de chacun des stimuli, formant ainsi un couple de variables avec la durée d'intervalle entre chaque stimulus¹³². En outre, plus la durée globale de chaque stimulus est grande, plus la durée d'intervalle doit l'être également pour que la sensation de mouvement continu soit nominale.

Autres effets connus : Tau et Kappa

Enfin, plusieurs autres types d'illusion tactile ont été décrits dans la littérature à partir de l'étude des interactions entre les paramètres spatial et temporel. En psychophysique, deux effets connus illustrant ces interactions sont globalement rapportés : l'effet « Tau » et l'effet « Kappa ». Découvert en 1930 par le psychophysicien Harry Helson dans le domaine de la perception tactile, l'effet Tau décrit une illusion survenant lorsque plusieurs stimuli, aux localisations spatiales distinctes, sont présentés successivement sur la peau¹³³. La durée de l'intervalle temporel entre chaque stimulus influe alors sur la sensation de distance entre chaque localisation perçue par le sujet, de sorte que cette distance soit estimée comme différente au regard de la réalité. En l'occurrence, les travaux menés par Helson et King ont démontré que plus l'intervalle temporel entre les stimuli est restreint, plus leur distance spatiale est perçue comme courte et leur localisation rapprochée¹³⁴.

L'effet inverse peut également être observé, lorsque la localisation spatiale des stimuli influe sur la durée de la stimulation perçue. Dans cette situation, ce phénomène illusoire correspond alors à l'effet Kappa. Décrit préliminairement par les chercheurs japonais Abe¹³⁵ et Abbe¹³⁶, puis plus tardivement mis en évidence dans la modalité tactile par Suto¹³⁷, l'effet Kappa est caractérisé par l'altération de la durée perçue, c'est-à-dire de l'intervalle temporel estimé entre chaque stimulus, en fonction de la variation de la localisation spatiale des stimuli. En outre, les travaux de Suto

131. SHERRICK, Carl E. et ROGERS, Ronald, « Apparent haptic movement », in : *Perception & Psychophysics* 1, 1966, p. 175-180.

132. *Ibid.*

133. HELSON, Harry, « The Tau effect – an Example of Psychological Relativity », in : *Science* 71.1847, 1930, p. 536-537.

134. HELSON, H. et KING, S. M., « The tau effect : an example of psychological relativity », in : *The Journal of Experimental Psychology* 14.3, 1931, p. 202-217.

135. ABE, S., « Experimental study on the correlation between time and space », in : *Tohoku Psychologica Folia* 3, 1935, p. 53-68.

136. ABBE, M., « The spatial effect upon the perception of time », in : *The Japanese Journal of Psychology* 3, 1936, p. 1-52.

137. SUTO, Yoji, « The Effect of space on time estimation (S-Effect) in tactual space (1) », in : *The Japanese Journal of Psychology* 22.3, 1952, p. 189-201.

ont démontré que cette variation doit être perçue pour que cet effet soit ressenti, indépendamment de la variation de la localisation réelle (physique) ¹³⁸.

4.2.5 Comparaison des capacités perceptives entre populations sourdes et non sourdes

Dans le premier chapitre de cette thèse de doctorat, nous avons dressé un cadre théorique sur les surdités en passant en revue, dans une perspective biomédicale, les connaissances générales rapportées par la littérature (données quantitatives, volets : organique, anatomique, étiologique, etc.) tout en décrivant ses nombreux aspects et conséquences possibles chez les personnes (fonctionnelles, sociales, communicationnelles, etc.). Bien que ce champ de recherche soit plus confidentiel au regard des aspects mentionnés, il convient à ce stade de présenter un état des connaissances principales sur l'impact des surdités sur le plan psychophysique et sur la perception vibrotactile.

Il est communément admis que lorsqu'une fonction sensorielle est altérée chez un individu, cette altération peut progressivement être compensée par le renforcement perceptif dans un autre sens. Ce phénomène fait depuis plusieurs dizaines d'années l'objet de nombreux travaux et est aujourd'hui largement connu et expliqué dans la littérature sous le nom de « neuroplasticité », « plasticité neuronale », « plasticité cérébrale », ou encore « plasticité compensatoire ». De fait, il existe une quantité considérable de travaux fournissant des preuves que la privation sensorielle peut être associée à une réorganisation systémique de notre cerveau, en provoquant des changements neuroplastiques tout au long de notre vie ¹³⁹. En outre, les aires corticales et sous-corticales de notre cerveau non stimulées du fait de l'altération d'un sens peuvent être recrutées afin de renforcer le traitement des informations et la perception dans une autre modalité sensorielle. Par exemple, la cécité peut, chez certains individus, être compensée par l'amélioration de la perception spatiale et de la reconnaissance d'indices dans l'environnement sonore ¹⁴⁰, ou encore un accroissement des capacités haptiques lié à l'apprentissage et à la lecture en Braille ¹⁴¹. Chez les personnes sourdes, nous avons précédemment évoqué l'importance de la modalité visuelle dans la construction du paradigme de la différence et en tant que critère définitoire d'une identité collective chez les Sourds (cf. 2.2.2). Au-delà des aspects

138. *Ibid.*

139. MERABET, Lotfi B. et PASCUAL-LEONE, Alvaro, « Neural reorganization following sensory loss : the opportunity of change », in : *Nature Reviews Neuroscience* 11.1, 2010, p. 44-52.

140. NIEMEYER, W. et STARLINGER, I., « Do the blind hear better? Investigations on auditory processing in congenital or early acquired blindness. II. Central functions », in : *Audiology* 20.6, 1981, p. 510-515.

141. HAMILTON, R. H. et PASCUAL-LEONE, A., « Cortical plasticity associated with Braille learning », in : *Trends in Cognitive Sciences* 2.5, 1998, p. 168-174.

social et culturel, certaines études comparatives soutiennent que, du point de vue fonctionnel et perceptif, les individus sourds congénitaux testés démontrent des aptitudes à détecter plus rapidement et précisément les mouvements périphériques¹⁴² et des séquences rythmiques visuels¹⁴³ que les individus entendants.

En ce qui concerne la perception vibrotactile chez des individus sourds, Levänen et Hamdorf ont par exemple comparé la capacité de deux groupes de six participants entendants et six participants sourds congénitaux à réaliser deux tâches de discrimination de signaux vibrotactiles¹⁴⁴. Dans la première tâche, deux stimuli vibrotactiles d'amplitude et de durée constantes sont appliqués simultanément sur chaque main (paume et doigts) des participants à travers une surface de contact identique (tube en plastique vibrant de 38 mm de diamètre). Un stimulus de référence est présenté à une fréquence fixe de 200 Hz, tandis que la fréquence du stimulus test, présenté avec une seconde de décalage¹⁴⁵, varie entre 160 et 250 Hz. Après chaque paire de stimuli présentée, la tâche demandée aux participants est d'indiquer selon eux si la fréquence chute ou augmente d'un stimulus à l'autre. Les résultats moyens calculés à partir des essais multiples entre chacun des groupes suggèrent que les individus sourds congénitaux démontrent une meilleure précision dans la discrimination des fréquences, bien que cette différence ne soit pas significative selon les auteurs et que l'étude présente une limite certaine quant au panel réduit de participants.

Dans la seconde tâche de « détection de changement fréquentiel », il est demandé aux participants de réagir seulement après avoir perçu l'apparition aléatoire d'un stimulus de 180 Hz dans une séquence de stimulation fixe à 250 Hz. Les résultats ont démontré que les sourds testés présentaient une capacité de discrimination fréquentielle significativement supérieure à celle du groupe entendant. Sur la base de ces résultats, les auteurs ont ainsi suggéré que les individus sourds congénitaux pouvaient présenter une sensibilité tactile et des capacités perceptives améliorées par rapport aux individus entendants. En outre, en s'appuyant sur une étude antérieure, il est également supposé que cette amélioration pourrait être induite par la neuroplasticité¹⁴⁶.

142. NEVILLE, H. J. et LAWSON, D., « Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task : an event-related potential and behavioral study. II. Congenitally deaf adults », in : *Brain Research* 405.2, 1987, p. 268-283.

143. IVERSEN, J. R. *et al.*, « Synchronization to auditory and visual rhythms in hearings and deaf individuals », in : *Cognition* 134, 2015, p. 232-244.

144. LEVÄNEN, Sari et HAMDORF, Dorothea, « Feeling Vibrations : Enhanced Tactile Sensitivity in Congenitally Deaf Humans », in : *Neuroscience Letters* 301.1, mars 2001, p. 75-77, URL : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030439400101597X> (visité le 09/03/2019).

145. Lorsque plusieurs stimuli sont présentés en parallèle ou successivement, la durée du décalage temporel entre la présentation de l'un de ces stimuli et d'un autre qui le succède est généralement appelée en anglais « *Stimulus Onset Asynchrony* (SOA) ».

146. LEVÄNEN, S., JOUSMÄKI, V. et HARI, R., « Vibration-induced auditory-cortex activation in congenitally deaf humans », in : *Current Biology* 8.15, 1998, p. 869-872.

Toutefois, ces conclusions ne peuvent constituer une caractéristique objective en l'état. D'une part, comme le soulignent les auteurs, car le panel de participants ne peut être considéré comme représentatif (étude à petite échelle impliquant un nombre réduit de participants et une catégorie audiométrique spécifique comme critère de sélection pour les personnes sourdes). D'autre part, car l'évaluation des capacités perceptives de discrimination fréquentielle ne peut suffire à résumer à elle seule l'étendue des caractéristiques impliquées dans la sensibilité vibrotactile. En l'occurrence, une étude plus récente et menée à plus grande échelle a présenté des résultats diamétralement opposés à ceux rapportés par Levänen et Hamdorf, suggérant que les déficiences auditives congénitales pouvaient au contraire engendrer une augmentation du seuil absolu de détection et induire une diminution de la sensibilité vibrotactile¹⁴⁷. De fait, il n'existe pas de consensus viable sur la sensibilité spécifique des sourds aux stimuli vibrotactiles à l'heure actuelle et, au regard de ces résultats contradictoires, des travaux supplémentaires doivent donc être entrepris à l'avenir.

En revanche, d'autres études ont tenté d'explorer les mécanismes liés à la neuroplasticité dans la perception de stimuli tactiles et vibrotactiles chez des sourds. Par exemple, en observant l'activité cérébrale grâce à l'IRMf, Karns et son équipe ont observé que la réponse neuronale du gyrus de Heschl¹⁴⁸ à des stimuli multimodaux visuels-tactiles était plus forte chez les individus sourds testés que chez les individus entendants¹⁴⁹. Les chercheurs suggèrent donc que la neuroplasticité serait bien à l'origine du recrutement de cette aire cérébrale normalement stimulée par des afférences auditives. Par ailleurs, des résultats similaires ont été rapportés à partir de l'application de stimuli vibrotactiles à des fréquences fixes ou délivrés à partir de signaux électroglottographiques¹⁵⁰.

Au-delà de la discrimination fréquentielle, d'autres aspects ont également été explorés dans ce champ de recherche. Par exemple, en appliquant des stimuli vibrotactiles sur l'index de participants sourds congénitaux et entendants, Bolognigni et son équipe ont comparé les capacités de discrimination temporelle et spatiale

147. MOSHOURAB, Rabih *et al.*, « Congenital Deafness Is Associated with Specific Somatosensory Deficits in Adolescents », in : *Scientific Reports* 7.1, déc. 2017, URL : <http://www.nature.com/articles/s41598-017-04074-0> (visité le 09/03/2019).

148. Le gyrus de Heschl (GH), ou gyrus temporal transverse, définit une aire spécifique du cerveau regroupant le cortex auditif primaire (CAP) et le cortex auditif secondaire (également appelé aire associative auditive).

149. KARNs, C. M., DOW, M. W. et NEVILLE, H. J., « Altered cross-modal processing in the primary auditory cortex of congenitally deaf adults : A visual-somatosensory fMRI study with a double-flash illusion », in : *The Journal of Neuroscience* 32.28, 2012, p. 9626-9638.

150. AUER, Edward T. *et al.*, « Vibrotactile Activation of the Auditory Cortices in Deaf versus Hearing Adults : » in : *NeuroReport* 18.7, mai 2007, p. 645-648, URL : <https://insights.ovid.com/crossref?an=00001756-200705070-00005> (visité le 09/03/2019).

entre ces deux groupes¹⁵¹. L'objectif des chercheurs était d'étudier le substrat neuronal (interactions et rôles des régions cérébrales impliquées dans le traitement de l'information) à la base de ces capacités perceptives afin de révéler des différences potentielles entre les deux groupes. La discrimination temporelle a été évaluée par les chercheurs à travers différentes séquences rythmiques de stimuli vibrotactiles, et la discrimination spatiale en faisant varier la zone d'application sur l'index. La spécificité de cette étude repose sur une double collecte de données, réalisée à partir des déclarations subjectives des participants après stimulation, elles-mêmes couplées à des mesures physiologiques effectuées par Stimulation Magnétique Transcrânienne (SMT) succédant à la présentation des stimuli.

Les résultats rapportés démontrent que la discrimination temporelle chez les participants sourds est altérée, révélant une sensibilité plus basse par rapport aux participants entendants, mais que les capacités de discrimination spatiale ne diffèrent pas entre les deux groupes. La corrélation avec les mesures par SMT démontre que le traitement temporel et spatial de l'information tactile dans notre cerveau n'est pas réalisé par les mêmes populations de neurones. De plus, la diminution des capacités de traitement temporel observée chez les individus sourds congénitaux peut être expliquée, selon les auteurs, par l'absence précoce d'expériences auditives. L'acquisition de cette expérience chez les individus ayant eu un système auditif non altéré durant leur plus jeune âge contribuerait donc à un développement efficace de ces capacités à la base des différences observées dans les résultats. De ce fait, cette étude met en lumière que le traitement temporel de l'information auditive et de l'information tactile utilisent des circuits neuronaux communs, soulignant de fait la nature multimodale des interactions dans notre cerveau, mais également que la neuroplasticité n'entraîne pas nécessairement une compensation accrue des capacités perceptives dans toutes les modalités.

Enfin, à l'image des conclusions rapportées dans cette étude, la perception vibrotactile chez les sourds est donc de nos jours particulièrement explorée à travers ses interactions multimodales. La discrimination temporelle des stimuli vibrotactile a par exemple été étudiée par Tranchant et son équipe dans une situation expérimentale impliquant la danse, couplant stimuli vibrotactiles, stimuli auditifs et participation motrice active des individus testés¹⁵². Pour ce faire, les chercheurs ont évalué et comparé les capacités des participants sourds et entendants à synchroniser leurs mouvements à des stimuli multimodaux en situation de danse. La stimulation consiste

151. BOLOGNINI, Nadia *et al.*, « Hearing Shapes Our Perception of Time : Temporal Discrimination of Tactile Stimuli in Deaf People », in : *Journal of Cognitive Neuroscience* 24.2, fév. 2012, p. 276-286, URL : http://www.mitpressjournals.org/doi/10.1162/jocn_a_00135 (visité le 09/03/2019).

152. TRANCHANT, Pauline *et al.*, « Feeling the Beat : Bouncing Synchronization to Vibrotactile Music in Hearing and Early Deaf People », in : *Frontiers in Neuroscience* 11, 12 sept. 2017, URL : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2017.00507/full> (visité le 09/03/2019).

en la diffusion d'une musique électronique dans trois différentes conditions : dans la modalité auditive pour le groupe entendant, dans la modalité vibrotactile (*via* un plancher vibrant) avec un stimulus de masquage (*via* le port d'un casque audio) et dans la modalité vibrotactile avec bouchons d'oreille. Il était demandé aux participants de bouger leurs genoux en rythme sur chaque temps, en suivant le tempo de la musique. Les mouvements des participants ont été enregistrés selon la technique de capture du mouvement (« *motion capture* ») mise en œuvre par un réseau de dix caméras spécialisées.

Les résultats n'ont démontré aucune différence particulière entre le groupe sourd et le groupe entendant, soulignant que les individus sourds testés ont été tout à fait capables de se synchroniser rythmiquement à la musique, avec des performances similaires à celles des individus entendants. Les auteurs soutiennent ainsi que non seulement la synchronisation tactile-motrice ne dépend pas de l'expérience auditive, mais que la modalité visuelle pourrait participer au renforcement de cette capacité. En effet, l'existence d'une amélioration des capacités visuelles chez les sourds précédemment évoquée pourrait améliorer leur synchronisation tactile-motrice au-delà des performances constatées, grâce notamment aux indices visuels offerts par les autres danseurs et musiciens en situation de danse en groupe.

L'exploration des travaux comparatifs entre des populations sourdes et entendants dans le domaine de la perception vibrotactile souligne ainsi à quel point celle-ci ne peut être considérée de manière isolée dans nos expériences quotidiennes, telles que, par exemple, nos expériences musicales. Les différences et les similarités relevées dans la plupart des travaux comparant sourds et entendants mettent en évidence le fait que nos capacités perceptives sont profondément modulées par les interactions (ou par l'absence de ces dernières) avec d'autres informations sensorielles dans notre cerveau. Cela montre donc que ces informations font l'objet d'un traitement neuronal fondamentalement multimodale.

Ainsi, comme nous l'avons vu, la comparaison des capacités perceptives des stimuli vibrotactiles entre les individus sourds et les individus entendants restent un domaine peu exploré. Les travaux comparatifs sont rares et il n'existe pas de consensus sur la sensibilité spécifique d'une population par rapport à une autre. En outre, les personnes sourdes testées dans ces différentes études ne forment pas une population homogène et les résultats ne peuvent donc pas être considérés comme généralisables. De ce fait, si aucune différence significative n'émerge dans la sensibilité vibrotactile entre les personnes sourdes et les personnes entendants, la modalité vibrotactile se présente comme une modalité pertinente pour une expérience plus également partagée de la musique. C'est pourquoi, dans le prochain chapitre, nous allons dresser un état des connaissances sur l'utilisation, la transmission et la caractérisation des vibrations à travers des contextes d'application variés, incluant la musique.

CHAPITRE 5

Codage de signaux vibrotactiles : état des connaissances et applications en musique

Sommaire du présent chapitre

5.1 Codage de l'information vibrotactile : cadre général	206
5.1.1 Paramètres généraux de codage des signaux vibrotactiles .	206
5.1.2 Principe du codage associatif : l'exemple des <i>Tactons</i>	210
5.1.3 Substitution sensorielle : champ de recherche, applications et évolutions	212
5.2 Codages et applications des signaux vibrotactiles en musique	218
5.2.1 Définitions et typologie des signaux vibrotactiles utilisés en musique	220
5.2.2 Usages des signaux de notification vibrotactiles	221
5.2.3 Usages de la substitution sensorielle (signaux de traduction)	222
5.2.4 Usages des signaux vibrotactiles comme matériau compositionnel (signaux de langage)	228

Pour ses nombreuses qualités anatomiques, physiologiques ou encore perceptives précédemment évoquées, la modalité vibrotactile représente une modalité intéressante d'un point de vue fonctionnel pour transmettre une gamme variée d'informations. Son exploitation en tant que canal de communication informationnel est

courante dans un spectre large de domaines différents et, depuis plusieurs années, fait l'objet d'un champ de recherche important, ainsi que de nombreuses formes d'application concrète. De fait, bon nombre d'exemples démontrant l'intégration des technologies vibrotactiles dans nos interactions avec notre environnement et nos activités de la vie courante ou professionnelle peuvent être soulignés.

Par conséquent, la transmission d'informations dans cette modalité est un processus qui revêt une grande diversité d'approches. Cette diversité peut être induite par les différences de nature ou de type d'information à transmettre, de variables prises en compte pour réaliser cette transmission, de matériel utilisé, ou encore de domaine d'application et de contexte dans lequel cette transmission peut prendre forme. Ainsi, il existe de nombreuses manières de « coder » une information dans la modalité vibrotactile, c'est-à-dire, selon l'acception sémiotique courante du terme, de représenter cette information (ou de faire émerger sa signification) au moyen d'un « système de signes » régi par des règles préétablies.

Dans ce chapitre, nous passerons en revue les principaux paramètres de codage de l'information vibrotactile utilisés et leurs différents domaines d'application, avant de nous orienter spécifiquement vers les tentatives existantes de codage de stimuli vibrotactiles en musique.

5.1 Codage de l'information vibrotactile : cadre général

5.1.1 Paramètres généraux de codage des signaux vibrotactiles

Comme nous avons pu le constater dans le chapitre précédent, la transmission d'informations vibrotactiles dans le cadre expérimental des études en psychophysique implique la prise en compte d'une multitude de paramètres et de variables. Dans ce domaine, le principe général du codage consiste à produire des signaux – parfois appelés « patterns » ou « patrons » – vibrotactiles à partir de l'association de plusieurs paramètres. En fonction du domaine d'application et du type d'information à transmettre, le codage peut inclure une mise en correspondance (« mapping ») de ces paramètres avec d'éventuelles variables. La plupart des paramètres de contrôle utilisés dans le codage de ces signaux peuvent être répartis, en fonction de la nature de la grandeur physique qu'ils définissent, selon deux catégories principales : les paramètres agissant sur les caractéristiques physiques du signal, ainsi que les paramètres spatio-temporels de la stimulation.

Paramètres physiques

Les paramètres de contrôle liés aux caractéristiques physiques du signal les plus couramment utilisés dans la littérature sont la fréquence, l'amplitude, la forme d'onde, ou encore la tension électrique du signal. Ces paramètres dépendent grandement de la technologie utilisée pour transmettre l'information, telle que, par exemple, le type d'actionneur ¹. Toutefois, du fait de leur influence cruciale sur l'activation de nos mécanorécepteurs et sur la perception vibrotactile (modulation de l'intensité perçue), la fréquence et l'amplitude restent le couple de paramètres le plus fréquemment usité.

En ce qui concerne la forme d'onde du signal, ce paramètre n'est pas systématiquement pris en compte dans la majorité des travaux en psychophysique, mais fait, en revanche, l'objet d'études spécifiquement orientées vers les effets de sa variation sur la perception ou sur d'autres grandeurs. Le cas échéant, ce sont les formes d'onde simples qui sont utilisées, telles que les formes d'onde sinusoïdale, carrée, triangulaire ou, plus rarement, en dents de scie. À défaut de faire varier ce paramètre, la sinusoïde reste la forme d'onde la plus utilisée dans la transmission de signaux vibrotactiles.

Paramètres temporels et spatiaux

Les paramètres temporels régissent l'organisation séquentielle des signaux vibrotactiles dans le temps. À la base de nombreux effets et illusions psychophysiques, telles que l'adaptation ou la sommation, ces paramètres, à l'instar des paramètres spatiaux avec lesquels ils peuvent entrer en relation directe, ont une influence décisive sur la perception vibrotactile. On retrouve dans les paramètres temporels courants la durée de stimulation, qui correspond à l'espace de temps entre le début et la fin de la présentation d'un stimulus, ainsi que, lorsque la stimulation comprend plusieurs stimuli, la durée de l'intervalle temporel. En l'occurrence, conformément aux connaissances précédemment abordées, la littérature considère deux types d'intervalle : l'intervalle inter-stimulus (ISI) et l'asynchronie d'installation des stimuli (SOA).

Par ailleurs, certains travaux ont intégré une approche inspirée de la musique en adaptant le rythme comme paramètre de stimulation, notamment lorsque cette dernière présente des récurrences périodiques dans les intervalles temporels ou des stimuli de différentes durées. Le paramètre de rythme consiste alors à organiser en motifs plusieurs stimuli en fonction de leurs caractéristiques temporelles propres (durées, intervalles). Dans cette étude, les auteurs ont, par exemple, classé différents motifs rythmiques en quatre catégories (« *schemes* »), établies en fonction du nombre

1. Nous passons en revue différents types d'actionneur vibrotactile dans la partie suivante de cette thèse de doctorat (cf. 8.1.3).

moyen de stimuli composant le motif, noté « μ » (mu), et de l'écart-type, noté « σ » (sigma)².

L'exploitation des paramètres spatiaux dans la modalité vibrotactile, bien que limitée par l'acuité tactile, présente des qualités particulièrement intéressantes. Dans la transmission de signaux vibrotactiles, la localisation spatiale – ou « locus » – constitue l'un des principaux paramètres spatiaux. Régi par la surface totale de notre peau, organe le plus volumineux de notre corps, ce paramètre offre ainsi une multitude de sites de stimulation possibles. De ce fait, il se trouve au cœur du codage de plusieurs types d'informations et représente un aspect décisif dans la conception et le design de nombreux dispositifs vibrotactiles. Par exemple, les principes de codage basés sur la variation de la localisation spatiale, qui requiert notamment l'utilisation de plusieurs actionneurs, présentent de nombreux avantages pour transmettre des informations liées à la position relative d'objets dans l'espace ou encore des informations directionnelles (navigation, orientation)³.

Enfin, la surface – ou aire – de contact peut également représenter un paramètre à situer dans cette catégorie. Ce dernier décrit la surface de peau sur laquelle est appliquée la stimulation. Comme nous l'avons déjà mentionné, sa variation peut avoir une influence sur la perception vibrotactile, notamment dans le cadre de la sommation spatiale.

Signaux spatiotemporels et stimulation séquentielle

De manière générale, il est possible de dégager deux grandes approches parmi les travaux explorant la transmission d'informations par codage de signaux vibrotactiles. La première, sur laquelle s'appuie la majorité des études dans le domaine, consiste à étudier les effets des paramètres précédemment cités par le biais d'une stimulation délivrée par un unique actionneur. La seconde approche, quant à elle, repose sur l'utilisation de plusieurs actionneurs répartis sur différentes localisations du corps, ouvrant ainsi la voie à l'exploration des interactions spatio-temporelles.

Bien qu'elles ne constituent pas un paramètre en tant que tel, la combinaison des paramètres spatiaux et temporels comme principe de codage des signaux vibrotactiles suscite depuis plusieurs années de plus en plus d'intérêt dans la littérature. Si ces paramètres peuvent être utilisés selon leur dimension respective, leur association est particulièrement pertinente au regard des possibilités offertes par la modalité vibrotactile. L'utilisation combinée de réseaux ou de matrices d'actionneurs répartis sur

2. BARRALON, P. *et al.*, « Design of rhythm-based vibrotactile stimuli around the waist : evaluation of two encoding parameters », in : *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A : Systems and Humans* 39.5, 2009, p. 1062-1073.

3. VAN ERP, Jan B. F., VAN VEEN, Hendrik A. H. C. et JANSEN, Chris, « Waypoint navigation with a vibrotactile waist belt », in : *ACM Transactions on Applied Perception* 2.2, 2005, p. 106-117.

différentes localisations du corps et de la variation de paramètres temporels (durées, intervalles) permet ainsi de générer des stimulations séquentielles⁴ capables d'exploiter les illusions psychophysiques spatiotemporelles (cf. 4.2.4). Ce principe de codage est donc particulièrement efficace pour produire des sensations de mouvements illusoirs liées, par exemple, à la salsation ou à l'effet phi⁵. En outre, l'association des dimensions temporelle et spatiale dans un tel mode de stimulation permet d'apporter un ensemble de sous-paramètres cinématiques au codage. Le mouvement généré en stimulation séquentielle peut ainsi être caractérisé en amont par son orientation (sens; direction)⁶, sa vitesse⁷, ou encore son accélération (variations de durées de stimulation et d'intervalles).

De ce fait, les signaux spatiotemporels, aussi appelés « patrons spatiotemporels », sont généralement utilisés pour coder des informations géométriques ou les caractéristiques iconiques d'un objet. Par exemple, Loomis a démontré que la reconnaissance de la forme des lettres de l'alphabet, transmises en signaux vibrotactiles par l'intermédiaire d'une matrice de 20 × 20 transducteurs appliquée sur le dos des participants, était systématiquement plus précise en stimulation séquentielle qu'en stimulation statique⁸. Dans un tout autre domaine, les travaux de Meng et de son équipe ont comparé l'efficacité des signaux vibrotactiles délivrés en stimulation séquentielle et statique pour transmettre des signaux d'alerte liés à une situation de freinage d'urgence (collision frontale) lors de la conduite d'un véhicule⁹. Les résultats rapportés démontrent que, suivant la localisation des actionneurs et la trajectoire de la stimulation, la stimulation séquentielle réduit plus significativement le temps de réaction des participants par rapport à la stimulation statique.

Ainsi, bien que ce principe de codage soit plus complexe à mettre en œuvre qu'un codage unidimensionnel basé seulement sur des paramètres temporels ou spatiaux, le codage spatiotemporel et la stimulation séquentielle présentent donc des spécificités intéressantes pour transmettre des informations dans la modalité vibrotactile.

4. La stimulation dite « séquentielle » – parfois appelée stimulation « dynamique » – est un mode de stimulation résultant de l'activation successive de plusieurs actionneurs dans le temps pour générer une sensation illusoire de mouvement continu. En ce sens, elle s'oppose donc à la stimulation dite « simultanée » – ou « statique » – qui, bien qu'elle soit capable de transmettre des informations similaires, n'exploite que des variations de paramètres spatiaux.

5. GONZALES, *op. cit.*

6. MENG, F. *et al.*, « Dynamic vibrotactile warning signals for frontal collision avoidance : towards the torso versus towards the head », in : *Ergonomics* 58.3, 2015, p. 411-425.

7. AMEMIYA, T., HIROTA, K. et IKEI, Y., « Tactile apparent motion on the torso modulates perceived forward self-motion velocity », in : *IEEE Transactions on Haptics* 9.4, 2016, p. 474-482.

8. LOOMIS, Jack M., « Tactile letter recognition under different modes of stimulus presentation », in : *Perception & Psychophysics* 16.2, 1974, p. 401-408.

9. MENG *et al.*, *op. cit.*

5.1.2 Principe du codage associatif : l'exemple des *Tactons*

À travers les différents paramètres évoqués et les exemples d'applications explorés dans la littérature, nous avons vu qu'il est possible de coder une grande variété d'informations en signaux vibrotactiles. Toutefois, la plupart des travaux dans ce domaine se sont penchés sur le codage d'informations « simples », telles que des informations directionnelles ou encore des signaux d'alerte, c'est-à-dire reposant, le plus souvent et de manière générale, sur une seule grandeur ou une seule propriété physique concrète (une distance, une forme géométrique simple, une texture, etc.). Ainsi, plusieurs études ont exploré la possibilité de coder à travers des signaux vibrotactiles des informations plus complexes et abstraites, telles que, par exemple, des informations communicationnelles transmises habituellement par le langage écrit ou oral ¹⁰.

Dès les années soixante, Geldard mentionnait la possibilité de coder, *via* l'utilisation de plusieurs paramètres, des « blocs » d'information pouvant être structurés pour représenter des informations complexes et élaborer un langage formel ¹¹. Cette forme caractéristique de codages « associatifs » de l'information a notamment été utilisée pour concevoir le langage « *vibratese* », dans lequel chaque bloque associe une lettre de l'alphabet anglais à un signal vibrotactile correspondant. À l'image du code Morse, la concaténation de ces blocs permet ainsi de former des mots et des phrases qu'il est possible de décoder et de comprendre. L'auteur rapporte ainsi que, en condition expérimentale, un sujet ayant appris préalablement cet alphabet vibrotactile et ayant exécuté un entraînement supplémentaire d'une trentaine d'heures pouvait démontrer un taux de précision de 90 % dans la reconnaissance de phrases composées de mots en cinq lettres et présentées à un débit de trente-huit mots par minute ¹². Plus récemment, plusieurs auteurs se sont inscrits dans le sillage de cette approche en cherchant à constituer un langage tactile fonctionnel pour la communication interpersonnelle. Leurs travaux ont, par exemple, abouti à la création « d'icônes haptiques » ¹³ ou de

10. Notons que l'usage de signaux vibrotactiles de tout type est relativement répandu dans la nature, par exemple, chez de nombreuses espèces d'insectes ou encore d'araignées. Bien que ce ne soit pas le propos de cette thèse de doctorat, la conduite d'une approche biomimétique pour la confection de principes de codage destinés à des applications diverses pourrait être intéressante. Voir : COCROFT, Reginald B. et RODRÍGUEZ, Rafael L., « The Behavioral ecology of insect vibrational communication », in : *BioScience* 55.4, 2005, p. 323-334.

11. GELDARD, Frank A., « Some neglected possibilities of communication », in : *Science* 131.3413, 1960, p. 1583-1588.

12. *Ibid.*

13. MACLEAN, Karon et ENRIQUEZ, Mario, « Perceptual design of haptic icons », in : *Proceedings of the EuroHaptics 2003*, Dublin, 2003, p. 351-363.

« phonèmes haptiques »¹⁴ pouvant être combinés en série (concaténation) ou en parallèle (superposition) pour former ainsi des « mots haptiques »¹⁵.

Cependant, le codage associatif le plus répandu dans la littérature pour représenter des informations complexes a été mis en œuvre par Brewster et Brown à travers le concept de « *Tactons* »¹⁶. Les *Tactons*, mot-valise formé à partir de la fusion des termes anglais « *tactile* » et « *icons* », se définissent selon les auteurs comme des messages tactiles structurés et abstraits pouvant être utilisés pour communiquer des informations non visuelles¹⁷. Le principe des *Tactons* est donc sensiblement similaire à celui des blocs de code utilisés dans le développement des langages tactiles mentionnés précédemment, à savoir coder l'information en différentes unités significatives (système de signes) qui peuvent être combinées en vertu de certaines règles pour former des messages capables d'être décodés et compris. En revanche, leur champ d'applications ne se limite pas seulement à la transmission d'informations linguistiques, mais s'étend plus largement à travers celui des interactions homme-machine – *Human-Computer Interaction* (HCI), des systèmes électroniques embarqués, ou encore, comme nous le verrons plus loin, de la musique (cf. 5.2.4).

À l'instar du paramètre de rythme décrit précédemment, les patrons peuvent être formés à partir de variations et de combinaisons de paramètres choisis parmi l'ensemble listé en amont. Par exemple, la combinaison des paramètres de rythme, d'amplitude et de fréquence a permis à Ternes et MacLean de former un ensemble de 84 *Tactons* pouvant être discriminé¹⁸. Ainsi, ce concept offre un vaste champ des possibles, car il peut exister en théorie autant de *Tactons* différents qu'il existe de paramètres, de valeurs et de combinaisons de paramètres et de valeurs. Cependant, le potentiel des *Tactons* est toutefois limité par certains aspects, l'efficacité d'un tel principe de codage étant dépendante des capacités individuelles de discrimination et d'apprentissage des récepteurs. En l'occurrence, à l'instar du *vibratese*, l'efficacité des signaux codés en *Tactons* est évaluée sur le taux de reconnaissance des messages formés chez le récepteur. De ce fait, de nombreux travaux ont été menés depuis l'introduction de ce concept pour tenter de déterminer quels sont les paramètres à

14. ENRIQUEZ, Mario, MACLEAN, Karon E. et CHITA, Christian, « Haptic phonemes : basic building blocks of haptic communication », in : *Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces*, Banff : Association for Computing Machinery, 2006, p. 302-309.

15. *Ibid.*

16. BREWSTER, Stephen et BROWN, Lorna M., « Tactons : Structured tactile messages for non-visual information display », in : *Proceedings of the 5th conference on Australasian user interface*, t. 28, Dunedin : Australian Computer Society, 2004, p. 15-23.

17. *Ibid.*

18. TERNES, David et MACLEAN, Karon E., « Designing large sets of haptic icons with rhythm », in : *Proceedings of the EuroHaptics 2008*, Madrid : Ferre, Manuel, 2008, p. 199-208.

sélectionner, leurs valeurs, leurs combinaisons, ou encore le nombre de *Tactons* à associer afin d'obtenir les meilleures performances¹⁹.

5.1.3 Substitution sensorielle : champ de recherche, applications et évolutions

Définition et cadre d'apparition

La transmission d'informations dans la modalité vibrotactile est utilisée de nos jours à travers un vaste champ d'applications. Précédemment, nous avons évoqué la possibilité de coder dans cette modalité des informations simples, telles que des informations directionnelles ou des signaux d'alerte. Ce type de signaux vibrotactiles permet notamment de mettre en œuvre des systèmes d'aide à la navigation, d'améliorer la sécurité des personnes lors de la conduite d'un véhicule, de notifier certaines informations, ou encore d'améliorer l'expérience utilisateur induite par l'emploi de nos technologies au quotidien (smartphone, jeux vidéo, etc.). De plus, les exemples de codage associatifs abordés démontrent que les signaux vibrotactiles peuvent également transmettre des informations plus complexes et abstraites, telles que des informations linguistiques ou, comme nous le verrons plus loin, musicales (cf. 5.2).

Lorsqu'un individu présente une altération anatomofonctionnelle d'un système sensoriel pouvant induire une situation de handicap, la modalité vibrotactile peut également être exploitée pour transmettre des informations initialement adressées à d'autres modalités. Ce type d'application constitue un champ de recherche spécifique particulièrement développé dans la littérature depuis plusieurs dizaines d'années. L'objet de ce champ est d'étudier le potentiel de la transmission intermodale d'informations chez les individus présentant des altérations sensorielles, à travers notamment la mise en œuvre d'un éventail de techniques dites de « substitution sensorielle »²⁰.

Le principe général de la substitution sensorielle est de fournir à un individu des informations sur son environnement par le biais d'une modalité sensorielle (visuelle, auditive, somesthésique) différente de la modalité normalement sollicitée pour recevoir cette information²¹. Bien que plus rarement employée en ce sens, la substitution sensorielle peut également désigner les mécanismes de renforcement perceptif mis

19. Un tableau récapitulatif de différents paramètres et combinaisons testés dans plusieurs études est disponible dans : DUTU, *op. cit.*, p. 14.

20. Pour une revue d'ensemble des techniques de substitution sensorielle, voir : VISELL, Yon, « Tactile sensory substitution : Models for enaction in HCI », in : *Interacting with Computers* 21, 2009, p. 38-53.

21. KACZMAREK, Kurt A. *et al.*, « Electrotactile and vibrotactile displays for sensory substitution systems », in : *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 38.1, 1991, p. 1-16.

en œuvre dans la neuroplasticité (cf. 4.2.5). Toutefois, ce principe reste globalement compris aujourd'hui sous l'angle de ses applications concrétisées dans le cadre des HCI.

Les premiers systèmes de substitution sensorielle – « *Sensory Substitution Systems* (SSS) » – reposaient principalement sur la transmission d'informations visuelles dans la modalité tactile (substitution visuotactile). L'émergence de ces systèmes a notamment été initiée par les travaux de Bach-y-Rita et de son équipe menés à partir de la fin des années soixante autour de la mise en œuvre du *Tactile-to-Vision Substitution System* (TVSS)²². Le TVSS désigne de manière générale une famille de dispositifs dont le principe commun est de convertir des images visuelles, acquises par l'intermédiaire de caméras vidéo, en informations vibrotactiles générées dans le dos de l'utilisateur par une matrice d'actionneurs disposée sur un siège²³. Le codage des signaux visuo-tactiles est basé sur le partage de l'image captée en plusieurs régions, chacune étant associée (analogiquement dans les premières versions) à un actionneur ou un groupe d'actionneurs constituant la matrice. L'activation ou l'extinction des actionneurs sont principalement assujetties par la luminosité de l'image, rendant le dispositif particulièrement sensible aux contrastes. Suivant l'utilisation visée, les signaux vibrotactiles délivrés peuvent alterner entre stimulation statique et séquentielle²⁴.

Ainsi, par l'intermédiaire du TVSS, l'objectif des chercheurs était de pouvoir développer une technologie capable d'offrir aux personnes présentant une altération du système visuel une perception des informations du même ordre de leur environnement. De nombreuses versions ont vu le jour depuis la création du premier dispositif, faisant varier le nombre d'actionneurs constituant la matrice de 64 à un millier d'éléments, ou modifiant parfois l'architecture globale (orientation de la ou des caméras, localisation des actionneurs, version portable, etc.). De ce fait, il est possible de retrouver l'utilisation de ce dispositif ou d'une version inspirée de ce dernier dans un grand nombre de travaux de la littérature, témoignant ainsi de son rayonnement important depuis son invention²⁵. En outre, bien que la grande majorité des versions du TVSS soit restée cantonnée à l'enceinte des laboratoires, du fait des contraintes techniques et de tailles qu'imposaient la plupart de ces versions, cette invention a donc permis dans son ensemble de considérablement développer le champ de la sub-

22. BACH-Y-RITA, Paul *et al.*, « Vision substitution by tactile image projection », in : *Nature* 221, 1969, p. 963-964.

23. VISELL, *op. cit.*

24. BACH-Y-RITA, Paul et W. KERCEL, Stephen, « Sensory Substitution and the Human-Machine Interface », in : *Trends in Cognitive Sciences* 7.12, déc. 2003, p. 541-546, URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661303002900> (visité le 09/03/2019).

25. Par exemple, l'étude de Loomis, citée précédemment dans cette thèse de doctorat, repose sur l'utilisation d'une version du TVSS. Voir : LOOMIS, *op. cit.*

stitution sensorielle dans la recherche et de ses applications potentielles, notamment dans le cadre de l'accessibilité ou des technologies compensatoires²⁶.

Substitutions audio-tactile et audiovisuelle à l'usage des individus sourds

Historiquement, une première forme de substitution audiovisuelle destinée aux personnes sourdes peut être relevée à travers l'invention en 1874 du « phonautographe à oreille » par Alexander Graham Bell et l'otologiste Clarence Blake. Cette machine, dérivée du phonautographe de Édouard Léon Scott de Martinville, faisait appel à un mécanisme de visualisation du son constitué d'un stylet traceur relié à la chaîne tympano-ossiculaire de l'oreille moyenne et à son pavillon externe prélevés sur un cadavre humain. L'énergie transmise au stylet sous forme de vibrations suscitées par l'action parlée de la voix humaine sur le mécanisme permettait alors de tracer graphiquement le signal auditif sur une plaque de verre sous-jacente enduite de noir de fumée. Bell, fortement influencé par la montée de l'idéologie oraliste en Europe, destinait l'utilisation de cette machine dans le cadre de l'apprentissage de la parole aux jeunes « sourds-muets » américains. Au bout du compte, cette invention servira par la suite de base pour le développement de la reproduction sonore et du téléphone moderne²⁷, et constitue aujourd'hui un exemple de « prétexte d'assistance »²⁸.

Au regard de la substitution visuotactile vue précédemment, le traitement de la substitution sensorielle à usage des sourds dans la littérature représente un corpus quantitativement moins important et introduit plus tardivement. En effet, la plupart des travaux sur le sujet n'apparaissent qu'à partir de la fin des années soixante-dix²⁹. Un point commun entre ces travaux et l'intention accordée par Graham Bell à son invention peut néanmoins être souligné, l'objectif visé par la plupart de ces dispositifs étant de transmettre des informations communicationnelles à partir de la parole. Quelques exemples de dispositifs précurseurs dans ce domaine sont parfois cités

26. Par ailleurs, une version du dispositif, baptisée « *VideoTact* », a même été commercialisée par l'entreprise Unitech Research Inc. Voir : VISELL, *op. cit.*

27. STERNE, Jonathan, *The Audible Past. Cultural Origins of Sound Reproduction*, Durham : Duke University Press, 2003.

28. MILLS, Mara, « Deaf Jam : From Inscription to Reproduction to Information », in : *Social Text* 28.1, 2010, p. 35-58.

29. WALL, Steven A. et BREWSTER, Stephen, « Sensory substitution using tactile pin arrays : Human factors, technology and applications », in : *Signal Processing* 86, 2006, p. 3674-3695.

dans la littérature, tels que le « *Tacticon* »³⁰, le « *Tactile Acoustic Monitor (TAC)* »³¹, ou encore le « processeur vocal portatif »³².

Au-delà des informations communicationnelles, l'évaluation des substitutions audio-tactile et audiovisuelle chez des utilisateurs sourds a principalement été explorée à partir des années deux-mille. La substitution audiovisuelle se concrétise principalement par des systèmes de visualisation de sons variés, pouvant notamment être rencontrés dans la vie quotidienne. Dans l'étude de Ho-Ching et de son équipe, les auteurs ont par exemple évalué les capacités des participants sourds à identifier des signaux sonores non verbaux (sonnerie de téléphone, frappements sur une porte), émis aléatoirement dans leur environnement périphérique à l'ambiance sonore perturbée, en regardant un écran affichant un spectrogramme enregistré en temps réel³³.

En s'appuyant sur cette étude, Matthews et son équipe ont proposé un système de visualisation conçu en collaboration avec les participants³⁴. Le principe de ce système repose sur un ensemble d'icônes visuelles symbolisant l'origine des différentes sources sonores. L'icône correspondant à l'information sonore détectée dans l'environnement est présentée à l'utilisateur sur un écran d'ordinateur. Suivant la version du dispositif utilisé, les icônes sont présentées avec ou sans spectrogramme. Enfin, en ce qui concerne la localisation de l'information sonore, verbale ou non verbale, dans l'espace, il convient de mentionner que cette tâche a récemment été explorée par Jain et son équipe³⁵.

Approche critique de la substitution sensorielle

Si le terme de substitution sensorielle reste toujours employé de nos jours dans les études, il existe depuis plusieurs années une approche critique soulignant son caractère impropre. Premièrement, selon cette approche, l'emploi du terme « substitution »

30. *Ibid.*

31. SUMMERS, Ian R., « Transfert d'informations à travers la peau : limites et possibilités », in : *Les Cahiers de l'Audition* 13, 2000, p. 34-37.

32. Notre traduction de l'anglais « *wearable speech processor* ». Voir : BLARNEY, P. J. et CLARK, G. M., « A wearable multiple-electrode electrotactile speech processor for the profoundly deaf », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 77.4, 1985, p. 1619-1620.

33. HO-CHING, Wai-Ling E, MANKOFF, Jennifer et LANDAY, James A., « Can you see what I hear? the design and evaluation of a peripheral sound display for the deaf », in : *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, t. 5, 1, Lauderdale : Association for Computing Machinery, 2003, p. 161-168.

34. MATTHEWS, Tara, FONG, Janette et MANKOFF, Jennifer, « Visualizing non-speech sounds for the deaf », in : *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, Baltimore : Association for Computing Machinery, 2005, p. 52-59.

35. JAIN, D. *et al.*, « Head-mounted display visualizations to support sound awareness for the deaf and hard of hearing », in : *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, Seoul : Association for Computing Machinery, 2015, p. 241-250.

fonde « l'ambiguïté, voire l'illusion, relative à la vocation de ces techniques »³⁶. Les procédés mis en œuvre pour transmettre l'information sensorielle ne sont en effet pas holistiques, mais se traduisent généralement par une abstraction de la réalité³⁷. Cette abstraction résulte de fait du codage de ces informations en une sélection réduite de différents paramètres, sélection qui ne prend pas en compte la plupart du temps l'ensemble des dimensions relatives à cette information. Il existe donc un décalage entre « l'environnement réel » et « l'environnement simulé »³⁸ au regard duquel l'utilisation du terme de substitution ne peut convenir, puisque l'expérience que permettent ces dispositifs est « toute différente »³⁹ de l'expérience qu'ils prétendent retransmettre.

Par exemple, en reposant uniquement sur la luminosité de l'image comme variable indépendante, l'expérience offerte par l'utilisation du TVSS ne peut se substituer pleinement à la perception visuelle, qui implique une multitude d'autres dimensions. En outre, si ce dispositif est capable de décrire des caractéristiques visuelles de l'image, telles que des formes, les informations transmises sont en revanche dépourvues de signification, notamment émotionnelle⁴⁰, et ne véhiculent donc pas les « qualia »⁴¹ de l'expérience perceptive⁴². En somme, le TVSS « ne réalise pas une *substitution* sensorielle, mais une *addition* [...] »⁴³, au sens où, comme le reste des dispositifs du même ordre, ce qu'ils proposent relève d'« une nouvelle modalité sensorielle originale plus qu'ils ne substituent une modalité préexistante »⁴⁴. C'est pourquoi l'emploi du

36. LENAY, Charles *et al.*, « Chapitre 15. La substitution sensorielle : limites et perceptives », in : HATWELL, Yvette, STRERI, Arlette et GENTAZ, Édouard, *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*, Psychologie et sciences de la pensée, Paris : Presses Universitaires de France (PUF), 2000, p. 287-306.

37. *Ibid.*

38. AUVRAY, Malika *et al.*, « Suppléance perceptive, immersion et informations proprioceptives », in : *Arobse* 1, 2005, p. 94-113.

39. LENAY *et al.*, *op. cit.*

40. Dans l'étude menée par Fourney et Fels sur la substitution audiovisuelle (visualisation) de la musique appliquée à des participants sourds (cf. 5.2.3), les auteurs ont notamment rapporté que les participants avaient jugé la visualisation proposée « ennuyeuse », car trop informative. À partir de ce constat, les chercheurs ont ainsi suggéré que la qualité de l'expérience de visualisation de la musique ne dépendait pas, chez les participants, de la précision des informations représentées, mais de sa capacité à être divertissante et à induire des émotions. Voir : FOURNEY, David W. et FELS, Deborah I., « Creating access to music through visualization », in : *Proceedings of the 2009 IEEE Toronto International Conference on Science and Technology for Humanity (TIC-STH)*, Toronto : IEEE, 2009, p. 939-944.

41. Introduit par Bach-y-Rita à la fin du siècle précédent, le terme « qualia », bien que ce dernier résiste à toute tentative de définition unique, décrit, en général, les « qualités, les valeurs des choses perçues ». Voir : LENAY *et al.*, *op. cit.*

42. AUVRAY, Malika et MYIN, Erik, « Perception with compensatory devices : From sensory substitution to sensorimotor extension », in : *Cognitive Science* 33.6, 2009, p. 1036-1058.

43. LENAY *et al.*, *op. cit.*

44. MANDIL, Cynthia, « Informations vibrotactiles pour l'aide à la navigation et la gestion des contacts avec l'environnement », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Nicolas BENGUIGUI et co-encadrée par Laure LEJEUNE, Caen, Université de Caen Normandie, 2017, p. 44.

terme « suppléance » semble plus approprié que « substitution » du point de vue des auteurs de l'approche critique.

Ensuite, si la substitution sensorielle ne peut dès lors être réellement considérée comme une substitution, l'usage du terme « sensorielle » est lui aussi discuté. Cette critique, formulée par le groupe de chercheurs mené par Lenay⁴⁵ et développée en profondeur dans les travaux d'Auvray⁴⁶, repose sur les différentes conceptions établies en sciences cognitives concernant le traitement de l'information. Pour les auteurs, le terme « sensorielle » renvoie à une vision cognitiviste du traitement de l'information largement dominante à l'époque des premiers travaux de Bach-y-Rita et de son équipe. Inspiré des avancées en matière d'informatique, de cybernétique et d'intelligence artificielle réalisées à partir des années quarante, le cognitivisme – encore appelé cognitivisme « computationnel » ou « computo-symbolique » – postule que le fonctionnement du cerveau humain est un système de calcul de l'information métaphoriquement similaire à celui d'un ordinateur⁴⁷. En l'occurrence, cette conception attribue aux systèmes sensoriels le soin de capter les informations de l'environnement en entrée et de les transmettre en un ensemble de symboles (code) vers le système cognitif. Ce système est ensuite chargé de produire des représentations à partir de ces afférences, afin de générer un raisonnement capable d'aboutir, en sortie, à des actions adaptées. Selon cette approche, le flux d'information serait donc unidirectionnel et se destinerait au système nerveux central dans un processus d'acquisition strictement passif.

Or, non seulement l'ensemble des expériences menées avec le TVSS implique une phase d'apprentissage préalable, mais certaines études réalisées avec d'autres dispositifs démontrent également que la performance des participants dans l'identification de formes ou d'objets est systématiquement meilleure lorsque l'expérience implique une participation motrice des sujets⁴⁸. De ce fait, ces résultats révèlent que « cognition et perception ne peuvent plus être conçues comme le traitement d'une

45. LENAY *et al.*, *op. cit.*

46. AUVRAY *et al.*, *op. cit.*

47. Ce modèle, qui remplacera peu à peu le « comportementalisme » (« *behaviorism* »), se développera largement au cours du reste du XX^e siècle à travers ses théoriciens phares, tels que Jerry Fodor, Noam Chomsky ou encore Ulric Nesser. Voir : VERSACE, R., BROUILLET, D. et VALLET, G., *Cognition incarnée : une cognition située et projetée*, Bruxelles : Mardaga, 2018.

48. Une expérience menée par Lenay et son équipe consistait, par exemple, à demander à des participants aux yeux bandés de localiser et d'estimer la distance d'une source lumineuse à l'aide d'une cellule photoélectrique placée dans une main et reliée à un actionneur vibrotactile situé dans l'autre main. Le taux de réussite des participants était significativement meilleur lorsque ces derniers étaient libres de se mouvoir et d'explorer l'espace avec leurs mains et leurs bras. Voir : LENAY, C., CANU, S. et VILLON, P., « Technology and perception : the contribution of sensory substitution systems », in : *Proceedings of the 2nd International Conference on Cognitive Technology*, Aizu-Wakamatsu City : IEEE Computer Society, 1997, p. 44-53.

information simplement reçue de l'extérieur »⁴⁹ et « qu'il n'y a pas de perception sans action »⁵⁰. Cette conception cyclique du traitement de l'information, éloignée du processus linéaire décrit par les représentations cognitivistes, correspond ainsi davantage au paradigme des systèmes dynamiques plus récemment introduit en sciences cognitives. En outre, dans ce paradigme, action et perception forment un couplage sensorimoteur indissociable, à partir duquel « s'enracine »⁵¹ tout processus cognitif mis en jeu dans les interactions d'un individu avec son environnement⁵².

Ainsi, la substitution sensorielle n'implique pas seulement l'usage des sens pour aboutir à la perception, mais également la mise en œuvre d'actes moteurs. Qualifier la substitution de « sensorielle » relève donc une nouvelle fois d'une forme de réductionnisme qui néglige sa réalité « sensorimotrice » ou « perceptive »⁵³. En définitive, selon l'approche critique, la substitution sensorielle n'est donc ni substitution, ni sensorielle. Sur la base des arguments soulignés précédemment, les auteurs proposent ainsi le terme de « suppléance perceptive » pour qualifier plus justement cette technique.

5.2 Codages et applications des signaux vibrotactiles en musique

Omniprésentes dans notre environnement, les vibrations nous fournissent une quantité considérable de percepts et accompagnent de nombreuses expériences, activités et situations de la vie quotidienne. Que nous soyons musiciens ou auditeurs, physiquement présents en salle de concert, en festival ou à la maison, l'énergie mécanique déployée par la production de la musique se concrétise sous forme de vibrations, propagées à travers l'air ou encore solidiennement jusqu'à notre corps. Bien que l'audition reste aujourd'hui la modalité privilégiée dans la réalisation de nos pratiques musicales, les stimuli vibrotactiles sont inhérents à l'expérience de la musique. Son et vibration sont donc deux phénomènes naturellement corrélés, au point de faire de leur distinction un objet de discussions dans certains domaines⁵⁴. De plus, au-delà d'être une composante fondamentale de l'expérience musicale sourde

49. LENAY *et al.*, *op. cit.*

50. *Ibid.*

51. Ce terme est notamment celui utilisé par Lawrence Barsalou pour décrire, dans sa conception de la cognition « enracinée » – ou cognition « ancrée » (« *grounded cognition* ») – l'influence du corps sur les processus cognitifs. Cette conception servira notamment de base pour définir le modèle de la « cognition incarnée » aujourd'hui très largement répandu. Voir : BARSALOU, Lawrence W., « Perceptual symbol systems », in : *Behavioral and Brain Sciences* 22, 1999, p. 577-660.

52. WILSON, Margaret, « Six views of embodied cognition », in : *Psychonomic Bulletin & Review* 9.4, 2002, p. 625-636.

53. LENAY *et al.*, *op. cit.*

54. Nous approfondissons justement cette discussion dans un article. Voir : BRICENO, *op. cit.*

et de la corpéoréalité (cf. 3.2.2), plusieurs études démontrent, par exemple, que les vibrations influencent significativement notre perception de la musique⁵⁵.

Par conséquent, la musique représente une activité particulièrement intéressante pour l'étude des mécanismes neurophysiologiques, psychophysiques et perceptifs mis en jeu à travers les modalités haptique et tactile. Une quantité importante de travaux faisant appel à des stimuli musicaux ou impliquant l'étude de la perception de la musique par l'intermédiaire du corps ont ainsi été menés depuis le siècle dernier et dans une grande variété de domaines, tels que la psychophysique, la biomécanique, la psycholinguistique, l'éducation musicale ou encore les sciences cognitives et l'intelligence artificielle.

Toutefois, comme nous l'avons souligné précédemment, l'utilisation des signaux vibrotactiles pour transmettre des informations a été un champ de recherche principalement canalisé par l'émergence des travaux dans le domaine des HCI. En démontrant un intérêt préalable pour la musique, les recherches en HCI ont eu une influence considérable dans le développement des technologies musicales numériques, telles que les « *Digital Musical Instruments (DMI)* » ou l'informatique musicale, rassemblant au cours des dernières décennies une communauté croissante de chercheurs à l'international⁵⁶. Ce cadre servira ainsi de creuset pour le développement de travaux portant sur l'utilisation de signaux vibrotactiles en musique, contribuant récemment à créer un domaine de recherche spécifique baptisé *Musical Haptics*⁵⁷. Ce domaine, introduit en 2016 par Papetti et Altinsoy⁵⁸, regroupe actuellement un nombre croissant d'études et forme un corpus relativement bien documenté⁵⁹.

55. La plupart de ces travaux ont notamment été menés par Merchel et Altinsoy. Voir : MERCHEL, Sebastian et ALTINSOY, Ercan M., « Auditory-tactile music perception », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 133.5, 2013, p. 3256.

56. Organisée chaque année, l'*International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (NIME) est, par exemple, l'une des plus importantes conférences internationales dans lesquelles se rassemble cette communauté. À l'origine, la NIME a vu le jour en tant que workshop intégré à la *Conference on Human Factors in Computing Systems* (CHI), conférence internationale majeure dans le domaine des HCI.

57. PAPETTI, Stefano et CHARALAMPOS, Saitis, *Musical Haptics*, Springer Series on Touch and Haptic Systems, Cham : Springer, 2018.

58. La première apparition du terme figurant, en l'occurrence, dans l'intitulé du workshop « *Musical haptics : use and relevance of haptic feedback in musical practice* », organisé dans le cadre de l'édition 2016 de la conférence Eurohaptics. Voir : <https://eurohaptics2016.eurohaptics.org/programme/workshops/>, (visité le 13-10-2022).

59. Plusieurs revues ont notamment été réalisées ces dernières années. Dans cette section, nous nous appuyons en particulier sur la revue récemment publiée par Remache-Vinueza et son équipe, à laquelle se réfère la plupart des travaux actuels et qui illustre notamment la croissance de ce domaine par le recensement du nombre de publications réalisées depuis 1992. Voir : REMACHE-VINUEZA, Byron *et al.*, « Audio-tactile rendering : A review on technology and methods to convey musical information through the sense of touch », in : *Sensors* 21.19, 2021, p. 6575.

Dans cette section, nous aborderons les principaux travaux dans ce domaine, en nous focalisant sur l'utilisation des signaux vibrotactiles en musique, sur les principes de codage de ces signaux, ainsi que sur leurs applications, notamment dans le cadre de la relation musique-sourd.

5.2.1 Définitions et typologie des signaux vibrotactiles utilisés en musique

L'un des champs de recherche majeurs dans le domaine des *Musical Haptics* consiste à étudier, concevoir et évaluer des systèmes de retour d'informations haptiques (« *haptic feedback* ») ou de stimulation pouvant être exploités en musique *via* leur intégration dans les DMI ou à travers des interfaces interactives⁶⁰. De manière générale, les deux principales applications visées par des dispositifs concernent soit l'amélioration du jeu instrumental ou vocal, que ce soit à travers l'utilisation des DMI eux-mêmes⁶¹ ou d'interfaces d'aide au jeu d'instruments acoustiques⁶², soit le renforcement de l'expérience d'écoute de la musique par la stimulation de la modalité haptique⁶³. Cette dernière application désigne notamment une classe de dispositifs appelée « *Haptic Music Players* (HMP) », qui regroupe des systèmes présentés sous forme d'installations, pouvant être portés directement sur le corps (« *wearable devices* »)⁶⁴, ou « hybrides »⁶⁵. Lorsque les signaux reposent sur l'utilisation de vibrations délivrées sur la peau (cas d'utilisation usuel), ceux-ci sont alors appelés « retours vibrotactiles » (« *vibrotactile feedback* ») ou « stimulation vibrotactile » suivant le type de signaux exploités⁶⁶.

À l'image des applications générales de la transmission d'informations vibrotactiles abordées dans la section précédente, il existe ainsi différents types et différentes

60. Parfois désignées sous l'appellation « *Haptic Musical Interfaces* (HMI) ».

61. BIRNBAUM, David M. et WANDERLEY, Marcelo M., « A systematic approach to musical vibrotactile feedback », in : *Proceedings of the 2007 International Computer Music Conference*, Copenhagen : International Computer Music Association, 2007, p. 397-404.

62. GIORDANO, Marcello et WANDERLEY, Marcelo M., « A learning interface for novice guitar players using vibrotactile stimulation », in : *Proceedings of the 2011 International Conference on Sound and Music Computing*, Padova : Padova University Press, 2011, p. 368-374.

63. REMACHE-VINUEZA *et al.*, *op. cit.*

64. TURCHET, Luca, WEST, Travis et WANDERLEY, Marcelo M., « Touching the audience : musical haptic wearables for augmented and participatory live music performances », in : *Personal and Ubiquitous Computing* 25.4, 2021, p. 749-769.

65. REMACHE-VINUEZA *et al.*, *op. cit.*

66. Les dispositifs délivrant ces signaux sont généralement désignés comme des « interfaces vibrotactiles » (« *vibrotactile interfaces* »). Cependant, dans un effort d'homogénéité, la terminologie utilisée pour qualifier ces dispositifs peut également reprendre celle employée pour désigner les dispositifs haptiques, formant ainsi les « *Vibrotactile Music Interfaces* (VMI) » ou encore les « *Vibrotactile Music Players* (VMP) ».

natures de signaux vibrotactiles exploitables en musique⁶⁷. Tout d'abord, deux natures de signaux peuvent être identifiées : les signaux de retours vibrotactiles et les signaux de stimulation vibrotactiles. Les signaux de retours vibrotactiles sont délivrés par le DMI ou par l'interface vibrotactile en réponse aux actions de l'utilisateur (dimension haptique), tandis que les signaux de stimulation vibrotactiles représentent un canal pour transmettre des informations à l'utilisateur indépendamment des interactions entre ce dernier et le dispositif⁶⁸.

Ensuite, au-delà de l'application à laquelle ils se destinent, ces signaux peuvent remplir différentes fonctions, ces dernières définissant leur type. La classification typologique établie par Giordano, Sullivan et Wanderley, sur laquelle nous nous appuyons dans cette thèse de doctorat, distingue trois types de signaux : les signaux de notification, les signaux de traduction et les signaux de langage⁶⁹.

5.2.2 Usages des signaux de notification vibrotactiles

Les signaux de notification vibrotactiles correspondent à des signaux d'alerte délivrés par le DMI ou l'interface à l'utilisateur pour l'informer d'événements se produisant dans son environnement ou du résultat de ses interactions avec le système⁷⁰. Ce type de signaux est, par exemple, largement répandu à travers des VMI destinées à être utilisées dans le cadre de l'éducation musicale. Bien que pouvant prendre en compte un ensemble de paramètres plus ou moins complexe, les principes de codage de ces signaux sont généralement simples à mettre en œuvre et peuvent reposer, par exemple, sur un simple stimulus vibrotactile. De ce fait, un grand nombre de systèmes ont été proposés pour renforcer les habiletés motrices des musiciens, améliorer l'apprentissage du rythme ou le suivi rythmique lors d'une performance, ou encore corriger la posture des membres lors de l'apprentissage d'un instrument ou du chant.

Par exemple, Grosshauser et Hermann ont proposé une VMI intégrée à un archet de violon pour délivrer au musicien, *via* deux actionneurs, des signaux de retour l'informant en temps réel de la position de sa main et de ses mouvements dans l'espace⁷¹. Le principe de codage s'appuie sur des données acquises en temps réel par un gyroscope (orientation de la main sur deux axes) et un accéléromètre (accélération

67. GIORDANO, Marcello, SULLIVAN, John et WANDERLEY, Marcelo M., « Chapter 10. Design of vibrotactile feedback and stimulation for music performance », in : PAPETTI, Stefano et CHARALAMPOS, Saitis, *Musical Haptics*, Springer Series on Touch and Haptic Systems, Cham : Springer, 2018, p. 193-214.

68. *Ibid.*

69. *Ibid.*

70. *Ibid.*

71. GROSSHAUSER, Tobias et HERMANN, Thomas, « Augmented haptics – An interactive feedback system for musicians », in : *Proceedings of the 2009 Haptic and Audio Interaction Design (HAID)*, Dresden : Springer, 2009, p. 100-108.

de la main sur trois axes). Dans le scénario d'utilisation recommandé par les auteurs, les signaux de retour émis peuvent permettre de guider le musicien apprenant en lui fournissant des instructions pour corriger sa posture ou la trajectoire effectuée par l'archet dans l'espace en fonction d'une orientation idéale. Une quantité de systèmes similaires existe dans la littérature.

En guise d'exemple supplémentaire, nous pouvons citer le système de Bouwer et de son équipe qui proposent, quant à eux, un dispositif appelé « *Haptic Bracelets* », délivrant des signaux de retour vibrotactiles *via* des bracelets attachés aux poignets et aux chevilles des participants⁷². Ce système est conçu pour faciliter l'apprentissage de la batterie en guidant les utilisateurs dans la compréhension et le jeu de motifs rythmiques complexes tout en leur permettant d'effectuer simultanément d'autres tâches (lecture d'informations visuelles).

Dans le cadre de la relation musique-sourd, à l'exception de rares systèmes détectant et informant l'utilisateur sur la diffusion de musique dans son environnement⁷³, les signaux de notification vibrotactiles ne sont globalement pas utilisés. Comme nous allons le voir, les systèmes destinés à être utilisés par des individus sourds reposent majoritairement sur l'exploitation de signaux de traduction, notamment basés sur des techniques de substitution sensorielle.

5.2.3 Usages de la substitution sensorielle (signaux de traduction)

Une autre part importante des travaux effectués dans le domaine des *Musical Haptics* repose sur l'exploitation de signaux de traduction, en particulier mis en œuvre à travers des techniques de substitution sensorielle⁷⁴. Conformément à ce que nous avons avancé précédemment (cf. 5.1.3), les techniques de substitution sensorielles sont largement utilisées afin de compenser le ou les altérations d'un système sensoriel chez un individu. De ce fait, ces techniques trouvent à travers la musique un terrain fertile d'applications potentielles.

Un grand nombre de travaux dans ce domaine ont, par exemple, exploité ces techniques et différents principes de codage pour renforcer l'expérience musicale chez

72. BOUWER, Anders, HOLLAND, Simon et DALGLEISH, Mat, « The Haptics Bracelets : learning multi-limb rhythm skills from haptic stimuli while reading », in : HOLLAND, Simon *et al.*, *Music and Human-Computer Interaction*, Springer Series on Cultural Computing (SSCC), London : Springer, 2013, p. 101-122.

73. KETABDAR, Hamed et POLZEHL, Tim, « Tactile and visual alerts for deaf people by mobile phones », in : *Proceedings of the 11th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Pittsburgh : Association for Computing Machinery, 2009, p. 253-254.

74. Giordano, Sullivan et Wanderley identifient deux applications réalisées à partir de signaux de traduction en musique. Les applications de « stimulation tactile » ne présentant pas d'intérêt dans cette thèse de doctorat, nous écarterons ces dernières pour nous focaliser essentiellement sur les techniques de substitution sensorielle. Voir : GIORDANO, SULLIVAN et WANDERLEY, *op. cit.*

des individus sourds ou pour rendre l'écoute du patrimoine musical plus accessible à ces publics⁷⁵. Plusieurs revues établissant un recensement des différents systèmes destinés à cet usage ont, par ailleurs, été publiées ces dernières années, notamment par l'équipe de chercheurs issue de l'*Augmented Human Lab* (AHL) de l'Université de Technologie et de Design de Singapour (SUTD)⁷⁶. Dans ce cadre, deux types de substitution sensorielle sont principalement exploités : la substitution audiovisuelle, plus communément appelée « visualisation », et la substitution audio-tactile (SAT)⁷⁷.

À l'exception du sous-titrage utilisé dans les musiques contenant des paroles chantées, les interfaces visuelles développées dans le cadre de la substitution audiovisuelle reposent majoritairement sur l'utilisation d'écrans et de logiciels de traitement de données MIDI ou audio en temps réel⁷⁸. Les paramètres définis dans les principes de codage peuvent être relativement variés, allant de la visualisation de la note jouée, de sa hauteur, de sa dynamique, de son maintien dans le temps, jusqu'au spectre du signal audio, au tempo, au rythme, ou encore au nombre et à la position des instruments dans l'espace⁷⁹. Au regard des considérations traitées dans cette thèse de doctorat, nous n'approfondirons pas davantage la visualisation, au profit de la SAT.

L'exploitation de la modalité vibrotactile pour transmettre des informations musicales et enrichir l'expérience d'écoute de la musique des individus sourds représente une approche explorée par quelques rares équipes de chercheurs à travers la planète. Les techniques de SAT qui en résultent ont donné lieu à la création de nombreux VMP et VMI, ainsi qu'à quelques principes de codage régulièrement mentionnés dans la littérature correspondante. Par ailleurs, bien que de nombreux paramètres peuvent être convoqués dans la mise en œuvre de ces principes, la génération de signaux vibrotactiles à partir du traitement du signal audio en entrée est considérée comme

75. Nous discutons justement de cet enjeu plus loin dans cette thèse doctorat, afin de démontrer en quoi l'usage de la substitution sensorielle peut être problématique face à l'accessibilité des publics sourds à la musique (cf. 7.1.1).

76. Pour la revue la plus récente, voir : PETRY, Benjamin, HUBER, Jochen et NANAYAKKARA, Suranga, « Scaffolding the music listening and music making experience for the deaf », in : HUBER, Jochen *et al.*, *Assistive Augmentation*, Springer Series on Cognitive Science and Technology, Singapore : Springer, 2018, p. 23-48.

77. Notons que ces deux types de substitution sensorielle peuvent être exploités au sein d'un même système, c'est-à-dire par un système produisant, à partir d'un signal musical auditif, des signaux à la fois visuels et vibrotactiles. Ces interactions transmodales complexes sont particulièrement étudiées dans les travaux de l'équipe de l'AHL précédemment cités pour leurs applications dans le cadre de l'expérience musicale de participants sourds. Voir : PETRY, Benjamin, ILLANDARA, Thavishi et NANAYAKKARA, Suranga, « MuSS-Bits : Sensor-display blocks for deaf people to explore musical sounds », in : *Proceedings of the 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction*, Launceston : Association for Computing Machinery, 2016, p. 72-80.

78. PETRY, HUBER et NANAYAKKARA, *op. cit.*

79. FOURNEY et FELS, *op. cit.*

l'approche la plus simple⁸⁰. Selon les technologies d'actionneur utilisées, certains paramètres, tels que la fréquence ou l'amplitude, peuvent ainsi être restitués en l'état, c'est-à-dire de la même manière que si ce signal était reproduit *via* un haut-parleur.

Le *Model Human Cochlea* (MHC)

Dans le cadre des études mettant en œuvre des techniques de SAT appliquées à la musique et aux individus sourds, les travaux pionniers menés par Maria Karam et son équipe de l'Université de Ryerson figurent parmi les plus régulièrement cités. En s'inspirant des caractéristiques anatomofonctionnelles de la cochlée humaine, incluant également la tonotopie (cf. 1.2.2), les chercheurs ont inventé un modèle de SAT baptisé « *Model Human Cochlea* (MHC) »⁸¹. L'objectif de ce modèle est de renforcer l'expérience d'écoute de la musique des personnes sourdes en palliant le défaut de restitution des qualia et, par conséquent⁸², des émotions véhiculées dans l'expérience musicale induit par les systèmes vibrotactiles préexistants⁸³.

Le système utilisé repose, d'une part, sur l'utilisation d'une « chaise haptique »⁸⁴ – appelée « *Emoti-Chair* »⁸⁵ – composée de huit canaux d'actionneurs (transducteurs vibrotactiles à bobine mobile)⁸⁶, disposés à travers le dossier afin d'être mis en contact avec le dos de l'utilisateur. D'autre part, pour exploiter les possibilités offertes par la

80. PETRY, HUBER et NANAYAKKARA, *op. cit.*

81. KARAM, Maria *et al.*, « Towards a Model Human Cochlea : sensory substitution for crossmodal audio-tactile displays », in : *Proceedings of the Graphics Interface 2008 Conference*, Windsor : Canadian Information Processing Society, 2008, p. 267-274.

82. Le terme qualia peut, dans une définition plus restreinte que celle donnée précédemment dans cette thèse de doctorat (cf. 5.1.3), être utilisé pour désigner, au sens de Bach-y-Rita, le contenu émotionnel d'une expérience sensorielle. Voir : BACH-Y-RITA, Paul, « Chapitre III. Substitution sensorielle et qualia », in : PROUST, Joëlle, *Perception et intermodalité. Approches actuelles de la question de Molyneux*, Psychologie et sciences de la pensée, Paris : Presses Universitaires de France (PUF), 1997, p. 81-100.

83. Une problématique notamment soulignée dans le cas du TVSS que nous avons abordé précédemment (cf. 5.1.3).

84. Parmi les systèmes de VMP existants sous forme d'installation dans la littérature, la « chaise haptique » représente, en l'occurrence, l'architecture la plus usitée en SAT. Voir : REMACHE-VINUEZA *et al.*, *op. cit.*

85. Les chercheurs attribueront ce nom *a posteriori* des études préliminaires sur le MHC pour désigner l'ensemble des versions de chaise haptique utilisées. Voir : BAIJAL, Anant *et al.*, « Composing vibrotactile music : A multi-sensory experience with the emoti-chair », in : *Proceedings of the 2012 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)*, Vancouver : IEEE, 2012, p. 509-515.

86. Comportant huit à seize actionneurs, associés à huit canaux distincts (mono) ou à quatre canaux doublés (stéréo) suivant la version du dispositif utilisée. La version la plus récente à seize actionneurs présente ainsi deux actionneurs par canal. Notons qu'une version préliminaire du dispositif se présentait sous la forme d'un VMP portable. Voir : KARAM, Maria, RUSSO, Frank A. et FELS, Deborah I., « Designing the Model Human Cochlea : an ambient crossmodal audio-tactile display », in : *IEEE Transactions on Haptics* 2.3, 2009, p. 160-169.

diffusion multicanale des signaux vibrotactiles et produire ainsi des « *vibetracks* »⁸⁷, le MHC propose trois différents principes de codage (mapping) : le « *Frequency Model* » (FM), le « *Track Model* » (TM), ainsi que, dans le cadre des expériences menées par les auteurs, le « *Control Model* » (CM)⁸⁸.

Le principe du FM est fondé sur la répartition des fréquences du signal audio en différentes bandes, associées chacune à un transducteur spécifique ou à une paire de transducteurs suivant la version du code utilisée⁸⁹. La spatialisation de ces bandes de fréquences suit l'axe vertical formé par la distribution des transducteurs sur le dispositif, de sorte que les basses fréquences soient ressenties par l'utilisateur dans le bas de son dos et les hautes fréquences dans le haut. Le spectre global de fréquences couvert par ce modèle, étalonné en fonction des huit octaves formant l'ambitus du piano, s'étend ainsi de 27,5 à 4186 Hz⁹⁰. Bien que le FM soit un principe de codage qui présente de nombreux avantages (configuration extensible, compatibilité avec tout signal audio), la répartition en bande de fréquences peut induire certaines limites lorsque le spectre d'un instrument ou d'une piste audio ne s'établit pas dans une bande spécifique, mais, par exemple, à la jonction entre deux bandes.

Pour pallier cette limite, les chercheurs ont donc proposé le TM comme second principe de codage. Ce principe reprend la répartition spatiale des fréquences utilisée dans le FM, mais associe à chaque transducteur un instrument ou une unique piste en fonction de la gamme de fréquences moyenne exploitée⁹¹. Par exemple, les instruments jouant dans des gammes de fréquences basses seront associés à des transducteurs situés en bas du dos de l'utilisateur, tandis que les instruments jouant dans des fréquences plus élevées seront reproduits dans le haut du dos. En exploitant une spatialisation des pistes ou des instruments similaire à celle des enregistrements musicaux ou à la musique jouée en concert, le TM présente donc l'avantage de restituer une représentation plus fiable de l'image sonore originelle⁹². En revanche, ce principe est limité par l'effectif instrumental ou vocal de l'enregistrement audio. En effet, si cet effectif est trop réduit (dans le cas d'une pièce instrumentale pour soliste

87. Ce terme est utilisé par les chercheurs pour désigner, de manière générale dans leurs travaux, les signaux vibrotactiles générés par le MHC. Voir : *ibid.*

88. *Ibid.*

89. Dans les premières études sur le MHC, la répartition des bandes de fréquences dans le FM attribuait une bande spécifique à chaque transducteur individuel, exploitant de ce fait l'axe longitudinal (gauche-droite) en plus de l'axe vertical. Voir : KARAM *et al.*, *op. cit.*

90. Notons que la paire de transducteurs située le plus en haut est chargée de transmettre une bande de fréquences bien plus grande (de 661 à 4186 Hz) que celles attribuées aux autres transducteurs. Par ailleurs, cette bande comprend à la fois des fréquences liminaires (de 800 à 1000 Hz) et supraliminaires (supérieures à 1000 Hz). Bien que la perception vibrotactile soit limitée au-delà de 1000 Hz et que les fréquences supraliminaires ne soient pas détectées, les auteurs ont ainsi fait le choix de préserver les caractéristiques spectrales du signal audio d'origine. Voir : KARAM, RUSSO et FELS, *op. cit.*

91. KARAM *et al.*, *op. cit.*

92. KARAM, RUSSO et FELS, *op. cit.*

par exemple), le nombre de transducteurs activés le sera également. Enfin, l'accès aux pistes de l'enregistrement d'origine n'est pas toujours garanti et nécessite de disposer en amont de chacune des pistes composant le mixage et le mastering final⁹³.

Enfin, les auteurs ont proposé un troisième principe de codage, le CM, dans lequel le signal audio est reproduit à travers l'intégralité des transducteurs, c'est-à-dire sans exploiter la configuration multicanale⁹⁴. Contrairement au FM et au TM, ce principe n'est pas réellement intégré au MHC, mais correspond davantage à une condition de contrôle expérimentale pourvue dans l'objectif d'évaluer et de tester les principes précédemment cités.

Plusieurs études ont ainsi été réalisées avec le MHC au fil des années, dans lesquelles les chercheurs ont pu tester ce modèle auprès de différents participants⁹⁵ et dans différentes situations : pour l'écoute de la musique, la composition musicale, ou encore dans le visionnage de films⁹⁶. Par ailleurs, le caractère pionnier de ces études a, comme nous allons le voir, contribué à former un cadre dans lequel se sont inscrits de nombreux travaux dans ce domaine. Comme nous le mentionnions précédemment (cf. 5.2.3), un grand nombre de systèmes ont ainsi été mis en œuvre par la suite. Nous pouvons citer le « *Haptic Chair* »⁹⁷, le « *VibroBelt* »⁹⁸, le « *MuSS-Bits* »⁹⁹, le « *Tactile Musical Devices* »¹⁰⁰, ou encore le système « *Auris* » que nous proposons d'aborder en guise d'exemple supplémentaire.

Le système *Auris*

Dans le sillage des travaux sur le MHC, le renforcement de l'expérience d'écoute de la musique chez les sourds à travers des VMI exploitant la SAT a également incité d'autres chercheurs à développer leur propre système. Ce cas de figure est, par exemple, celui du système « *Auris* », développé par Alves Araujo et son équipe du *Digital Video Applications Lab* de l'Université Fédérale de Paraíba au Brésil¹⁰¹. L'archi-

93. KARAM *et al.*, *op. cit.*

94. *Ibid.*

95. Dans le cadre des études menées à destination des individus sourds, nous évoquerons une partie des résultats rapportés plus loin dans cette thèse de doctorat (cf. 6.3.2).

96. BAIJAL *et al.*, *op. cit.*

97. NANAYAKKARA, Suranga *et al.*, « An enhanced musical experience for the deaf : Design and evaluation of a music display and a haptic chair », in : *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston : Association for Computing Machinery, 2009, p. 337-346.

98. PETRY, HUBER et NANAYAKKARA, *op. cit.*

99. PETRY, ILLANDARA et NANAYAKKARA, *op. cit.*

100. JACK, Robert, MCPHERSON, Andrew et STOCKMAN, Tony, « Designing tactile musical devices with and for deaf users : a case study », in : *Proceedings of the International Conference on the Multimodal Experience of Music 2015*, Sheffield : The Digital Humanities Institute, 2015.

101. ALVES ARAÚJO, F. *et al.*, « Auris System : Providing vibrotactile feedback for hearing impaired population », in : *BioMed Research International* 2017, 2017.

tecture fonctionnelle globale du système *Auris* est celle d'un VMP hybride, c'est-à-dire consistant à la fois en une installation et un dispositif portatif, qui peut être décomposée en quatre éléments couplés : deux éléments matériels (hardware) et deux éléments électroniques intégrés contenant le traitement logiciel (software).

Les deux périphériques matériels (« *Drivers* ») se présentent sous la forme d'une chaise haptique, nommée « *Auris Chair* », et d'une paire de bracelets vibrants, nommée « *Auris Bracelet* »¹⁰². L'*Auris Chair* intègre quatre haut-parleurs situés dans le dossier et un subwoofer (haut-parleur destiné à la reproduction des basses fréquences) positionné dans l'assise. Les bracelets, quant à eux, sont constitués de six actionneurs vibrotactiles – de type Moteurs à masse Rotative Excentrique (ERM) – disposés linéairement sur des plaques en plastique individuelles. L'ensemble matériel est asservi à un contrôleur, appelé « *Auris Controller* », et un processeur audionumérique, appelé « *Auris Core* ».

Le contrôleur est chargé de l'acquisition en entrée et de l'envoi du fichier audio (enregistrement musical) et d'un fichier de configuration correspondant au processeur. Le traitement appliqué par le processeur aux fichiers consiste, d'une part, à extraire les informations mélodiques de l'enregistrement audio et à les convertir, *via* un algorithme, en fichier MIDI. D'autre part, le fichier audio est également filtré pour amplifier artificiellement les basses fréquences correspondant au spectre de la perception vibrotactile. Le fichier MIDI (« *Auris Stream* ») et le fichier audio filtré (« *Auris Audio* ») générés sont ensuite renvoyés au contrôleur pour être respectivement reproduits par les bracelets et la chaise.

Bien que techniquement plus complexe que le MHC, ce système a l'avantage de combiner deux dispositifs matériels afin de produire dans la modalité vibrotactile une double représentation du signal audio d'origine. L'utilisation des bracelets permet d'apporter une complémentarité fonctionnelle au signal reproduit par la chaise, en isolant notamment les informations mélodiques de l'enregistrement pour une meilleure discrimination temporelle et identification des éléments composant la mélodie. Toutefois, contrairement au MHC, le système *Auris* semble plus limité dans l'exploitation des paramètres spatiotemporels, celle-ci étant réduite à l'utilisation des bracelets et à la surface de peau que ces derniers stimulent.

102. ALVES ARAÚJO, Felipe et EDUARDO BATISTA, Carlos, « Auris : System for facilitating the musical perception for the hearing impaired », in : *Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (Webmedia'16)*, Teresina : Association for Computing Machinery, 2016, p. 135-142.

5.2.4 Usages des signaux vibrotactiles comme matériau compositionnel (signaux de langage)

Enfin, le troisième type de signaux vibrotactiles utilisés en musique correspond aux signaux de langage. À l'instar des premières tentatives rapportées par Geldard pour représenter des informations complexes et élaborer un langage formel à partir de signaux vibrotactiles (cf. 5.1.2), les signaux de langage sont utilisés en musique pour créer des compositions musicales originales et destinées à la modalité vibrotactile ¹⁰³. Contrairement à la substitution sensorielle, le codage et la génération de ces signaux ne sont pas asservis à un signal préexistant et relèvent donc à cet égard davantage de la création d'informations que de la transmission.

En d'autres termes, à l'image des sons audibles, les stimuli vibrotactiles servent ici de matériau pour la composition musicale et les principes de codage de ces signaux répondent donc à une forme d'organisation spatiotemporelle spécifique de ce matériau. Ainsi, la composition des signaux de langage vibrotactiles en musique est aujourd'hui désignée par le terme de « VMC » ¹⁰⁴. Par rapport aux signaux de traduction, la VMC reste une pratique marginale dans les travaux scientifiques, notamment dans le cadre du renforcement de l'expérience musicale des sourds. Cependant, l'exploration de la VMC forme un champ de recherche récent qui, bien que peu exploré encore, présente des perspectives et des enjeux particulièrement intéressants.

Premiers jalons : le projet *Cutaneous Grooves*

Les premiers travaux explorant les possibilités offertes par la VMC et ouvrant la voie à ce champ de recherche ont été menés par Eric Gunther et son équipe au début de ce siècle ¹⁰⁵. En tant que potentiel nouveau paradigme musical, voire nouvelle forme d'art à part entière ¹⁰⁶, l'objectif premier des chercheurs était de déterminer dans quelle mesure la composition musicale dans la modalité vibrotactile pouvait offrir une expérience expressive similaire à l'expérience d'écoute auditive. En s'appuyant sur les données et les connaissances en psychophysique de la perception vibrotactile que nous avons passées en revue précédemment, les auteurs ont ainsi déterminé une série de paramètres les plus pertinents pour la composition des signaux de langage : la fréquence, la durée, l'intensité, la forme d'onde ou le contenu spectral, ainsi que l'espace.

103. GIORDANO, SULLIVAN et WANDERLEY, *op. cit.*

104. REMACHE-VINUEZA *et al.*, *op. cit.*

105. GUNTHER, Eric, DAVENPORT, Glorianna et O'MODHRAIN, Sile, « Cutaneous grooves : composing for the sense of touch », in : *Proceedings of the 2002 Conference on New Instruments for Musical Expression (NIME)*, Dublin : National University of Singapore, 2002, p. 37-43.

106. GUNTHER, Eric et O'MODHRAIN, Sile, « Cutaneous groove : composing for the sense of touch », in : *Journal of New Music Research* 32.4, 2003, p. 369-381.

En l'occurrence, Gunther et O'Modhain ont notamment souligné que l'importance conférée à certains de ces paramètres dans la composition de musiques pour la modalité auditive pouvait être relativement différente dans la VMC¹⁰⁷. Par exemple, du fait des limites induites par la sensibilité vibrotactile, la fréquence ne semble pas s'imposer comme un paramètre de premier ordre. *A contrario*, l'exploitation de l'espace – paramètre longtemps ignoré au regard de la globalité de l'histoire de la musique occidentale – offre de nombreuses possibilités et peut se dévoiler comme une dimension primordiale en VMC. De ce fait, les auteurs suggèrent que le codage associatif, exploitant notamment les paramètres spatiotemporels et les illusions de mouvements apparents, représentait un principe de codage des signaux de langage en VMC particulièrement prometteur¹⁰⁸.

Le potentiel révélé par ces réflexions préliminaires a conduit les auteurs à établir et concrétiser une première tentative de former un principe de composition des stimuli vibrotactiles. Ce projet, baptisé « *Cutaneous Grooves* », a ainsi donné lieu à une série de concerts au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) pour introduire la VMC auprès de la communauté scientifique¹⁰⁹. Pour cela, les chercheurs ont développé leur propre système, en créant notamment un VMP portable. Ce dispositif se présente sous la forme d'une combinaison haptique comprenant treize transducteurs (de différents types) répartis sur l'ensemble du corps et de la tête (*via* un casque audio). Différents patrons vibrotactiles ont ainsi été composés pour l'occasion *via* un séquenceur audionumérique et reproduits par l'intermédiaire de ce système, en exploitant notamment les paramètres spatiotemporels et les illusions de mouvement apparent.

Le Vibrochord : un exemple de DMI pour la composition vibrotactile

Les réflexions conduites par Gunther et O'Modhain ont notamment mis en lumière les différences importantes dans la considération de certains paramètres entre la composition musicale dans la modalité auditive et dans la modalité vibrotactile. Au-delà des paramètres, les avantages et les inconvénients que présente la modalité vibrotactile par rapport à la modalité auditive impliquent également que « le système musical occidental traditionnel ne convient pas à la musique vibrotactile »¹¹⁰. De ce fait, pour que la musique vibrotactile s'inscrive dans un paradigme musical à part entière : « il faudra non seulement concevoir et construire un nouvel instrument, mais

107. *Ibid.*

108. *Ibid.*

109. *Ibid.*

110. Notre traduction. Voir : BRANJE, Carmen, « The Vibrochord : Investigating a vibrotactile musical instrument », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Deborah I. FELS et Mark CHIGNELL, Université de Toronto (CA), 2014, p. 46.

aussi un nouveau système musical »¹¹¹. Ainsi, dans le sillage du projet *Cutaneous Grooves* et des études menées avec le dispositif *Emoti-Chair* mentionnées précédemment (cf. 5.2.3), Carmen Branje a conçu, durant ses travaux de thèse de doctorat, un DMI dans le but de jouer des compositions vibrotactiles baptisé « *Vibrochord* »¹¹².

Le *Vibrochord* se présente sous la forme d'un contrôleur MIDI à clavier. Ce dernier est composé de quarante touches réparties en cinq segments distincts de huit touches, l'ensemble formant en arc de cercle autour de l'utilisateur qui est assis au centre¹¹³. Ce contrôleur est conçu pour générer des signaux MIDI pouvant être reproduits, *via* un principe de codage spécifique (mapping) et une interface MIDI-audio, par l'*Emoti-Chair* avec laquelle il forme un système couplé. Cette dernière permet de fournir un feedback vibrotactile au musicien tout en délivrant la stimulation correspondante aux récepteurs, chacun disposant de son VMP individuel¹¹⁴.

Le principe de codage utilisé consiste à associer chaque segment de touches avec un ensemble de transducteurs de l'*Emoti-Chair* (disposant de huit canaux) et à attribuer à chacune des touches composant un segment une fréquence particulière¹¹⁵. Par exemple, dans une configuration standard, le segment situé le plus à gauche de l'utilisateur sera associé aux transducteurs les plus bas de l'*Emoti-Chair*, tandis que les segments adjacents sont associés à des transducteurs disposés de plus en plus haut à mesure que le segment utilisé est situé de plus en plus à droite. Par ailleurs, l'intensité de chaque stimulus produit par les différentes touches du clavier est assujettie à la vélocité. En d'autres termes, plus la force appliquée par l'utilisateur sur une touche est élevée, plus l'intensité de la stimulation sera forte. De ce fait, le couplage entre le *Vibrochord* et l'*Emoti-Chair* permet d'exploiter une large gamme de paramètres utiles pour la VMC.

Utilisation des *Tactons* dans le développement d'un codage musical associatif

Bien que le principe de codage associatif dans ce domaine avait déjà pu être suggéré et testé auparavant par Gunther et O'Modhrain, aucun cadre pour évaluer concrètement l'efficacité des *tactons* n'avait été défini dans leurs travaux. Ainsi, cette approche a été récemment mise en œuvre par Giordano, Sullivan et Wanderley pour

111. Notre traduction. Voir : *ibid.*, p. 46.

112. *Ibid.*

113. BRANJE, Carmen et FELS, Deborah I., « Playing vibrotactile music : a comparison between the Vibrochord and a piano keyboard », in : *International Journal of Human-Computer Studies* 72.4, 2014, p. 431-439.

114. Comme l'explique Carmen Branje, selon notre traduction : « cela signifie qu'un système vibrotactile viable doit être capable de transmettre des vibrations non seulement au joueur, mais aussi au public simultanément ». Voir : BRANJE, *op. cit.*, p. 47.

115. Il convient de noter que ce principe peut, en situation expérimentale, aboutir à plusieurs configurations suivant les besoins des chercheurs. Voir : BRANJE et FELS, *op. cit.*

tenter d'introduire, de concevoir et d'évaluer méthodologiquement l'utilisation des *tactons* (cf. 5.1.2) pour la VMC ¹¹⁶. Les chercheurs ont ainsi déterminé deux types de *tactons* pouvant être exploités pour la composition vibrotactile : les *tactons* « symboliques » et les *tactons* « musicaux » ¹¹⁷.

Les *tactons* « symboliques » sont définis comme étant des patrons vibrotactiles abstraits qui représentent des éléments musicaux spécifiques (motifs mélodiques, accords, etc.). Cette mise en relation est arbitrairement définie et nécessite un apprentissage préalable de l'interprète. Ces *tactons* peuvent être caractérisés par trois dimensions :

- une dimension spatiale, dans laquelle les *tactons* sont associés à des motifs géométriques correspondant à la configuration et la disposition spécifiques du VMP chargé de les reproduire ¹¹⁸ ;
- une dimension temporelle « globale », correspondant à l'organisation générale de ces motifs spatiaux en motifs temporels (séquence) ;
- une dimension temporelle « individuelle », qui renvoie aux propriétés de l'enveloppe des signaux vibrotactiles définies pour chaque canal.

Les *tactons* « musicaux » sont, quant à eux, des signaux vibrotactiles chargés de représenter et de conserver la signification d'informations musicales prédéfinies. Dans leur étude, les chercheurs ont, par exemple, représenté quatre caractéristiques musicales temporelles par ce type de *tactons* : le *crescendo*, le *decrescendo*, le *staccato* et le *legato* ¹¹⁹. Ainsi, contrairement aux *tactons* symboliques, la signification plus transparente des *tactons* musicaux induit, d'après les résultats obtenus par les tests expérimentaux menés par les chercheurs dans le cadre de leur procédure d'évaluation, un apprentissage plus intuitif et moins complexe pour l'interprète.

Autres exemples dans la création artistique

Au-delà de la littérature, il existe en art quelques exemples d'œuvres ayant exploité des signaux vibrotactiles pour proposer des expériences sensorielles multimodales. Deux exemples seront abordés ici : l'installation *Stimuline* (2009) de la plasticienne franco-allemande Lynn Pook et de l'artiste sonore Julien Clauss, ainsi que le projet *WITHIN* (2013) de l'artiste plasticien franco-libanais Tarek Atoui.

116. GIORDANO, SULLIVAN et WANDERLEY, *op. cit.*

117. Notre traduction. Voir : *ibid.*

118. En l'occurrence, les auteurs ont utilisé un dispositif de ceinture vibrotactile basé sur un modèle courant de la littérature et disposant de six actionneurs ERM. Voir : *ibid.*

119. *Ibid.*

Créée en 2009 sur la base d'une œuvre antérieure ¹²⁰, *Stimuline* (2009) est une installation audio-tactile issue de la collaboration de Lynn Pool et de Julien Clauss. La scénographie investit ici directement l'espace scénique pour dévoiler une structure en réseau composée de plusieurs îlots circulaires. Ces derniers sont matérialisés par les participants qui, couchés sur le sol et vêtus d'une combinaison portative tactile, sont reliés à une interface matérielle centrale *via* des câbles. Comme le décrit Julien Clauss : « trente personnes sont équipées de petits haut-parleurs vibrants disposés des pieds à la tête. Muni de bouchons d'oreilles, ils sentent les vibrations se déplacer à la surface de leurs corps en même temps qu'ils les entendent par conduction osseuse » ¹²¹. L'œuvre se concrétise ainsi sous la forme d'un concert performance de 40 minutes liée à l'utilisation de l'installation elle-même. Par ailleurs, notons que *Stimuline* a fait l'objet en 2013 d'une résidence artistique à l'Institut d'Études Avancées d'Aix-Marseille Université (IMÉRA) et d'un projet de recherche financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) ¹²².

Enfin, à travers le projet *WITHIN* (2013), Tarek Atoui s'intéresse à « la manière dont la surdité peut changer notre compréhension de la performance sonore, son espace de diffusion et ses instruments » ¹²³. Initié en 2012 et toujours en cours de développement, *WITHIN* se présente sous la forme d'une collection d'instruments de musique qui « étendent la notion de l'écoute par-delà celle de l'oralité » ¹²⁴. Ces instruments proposent des interactions et des modes de jeu profondément multimodaux afin d'explorer des approches alternatives de la perception du son, à travers ses dimensions tactiles, visuelles ou encore auditives. Cet *instrumentarium* est le fruit d'une réflexion collective et de la collaboration d'un ensemble d'individus, unissant luthiers, designers, fabricants de haut-parleurs, programmeurs informatiques, compositeurs ou encore des étudiants et des artistes sourds ¹²⁵. Au-delà des multiples expositions au sein des galeries muséales, dont notamment une exposition à la galerie Chantal

120. En l'occurrence, l'installation « *Pause* » créée par ces mêmes artistes en 2005. Voir : <https://www.documentsdartistes.org/artistes/clauss/repro13.html>, (visité le 14-05-2023).

121. Citation disponible sur le site de l'artiste, voir : <https://www.documentsdartistes.org/artistes/clauss/repro7.html>, (visité le 14-05-2023).

122. <http://rfiea.fr/fellows/projet-audio-tactile-equipe>, (visité le 14-05-2023).

123. ATOUI, Tarek, *WITHIN*, Les Cahiers ASSN, Paris : Publication Galerie Chantal Crousel, 2017.

124. *Ibid.*

125. En l'occurrence, Tarek Atoui s'inspire particulièrement du travail de l'architecte Hansel Bauman, auteur du projet de campus universitaire *DeafSpace* (2006) dédié aux sourds de l'Université de Gallaudet. Selon l'artiste : « écouter Hansel Bauman parler était particulièrement inspirant. [...] Après avoir lu le manifeste du DeafSpace, je me suis mis à imaginer les volumes et les espaces de cette architecture, ainsi que ses matériaux et son bois, comme d'énormes caisses de résonance d'instruments qui n'existent pas. [...] C'est à ce moment que j'ai eu l'idée d'appliquer les principes du DeafSpace à la création d'instruments ». Voir : *ibid.*, p. 6-7.

Crousel à Paris en 2017, *WITHIN* a donné lieu à plusieurs ateliers et performances réunissant des personnes sourdes et des personnes entendant¹²⁶.

Ainsi, nous avons passé en revue dans ce chapitre les principaux paramètres de codage de l'information vibrotactile utilisés dans la littérature et leurs différents domaines d'application, avant de nous focaliser spécifiquement dans le contexte de la musique. Trois approches sont globalement dégagées par la classification typologique définie par Giordano, Sullivan et Wanderley : les signaux de notification, les signaux de traduction, et les signaux de langage. Les signaux de traduction, fondés en particulier sur le développement des techniques de substitution sensorielle, semblent occuper une place importante dans de nombreux travaux visant à renforcer l'expérience de la musique chez les sourds. Dans une autre perspective, il existe quelques rares tentatives d'exploiter les signaux de langage pour composer de la musique vibrotactile. En revanche, ces travaux scientifiques n'impliquent la participation d'aucune population sourde. Dans le but d'explorer davantage d'éléments pouvant faire de la musique vibrotactile le socle d'une expérience musicale partagée entre individus sourds et individus non sourds, nous tenterons de comprendre dans le prochain chapitre comment des émotions peuvent être transmises par des vibrations, notamment dans un cadre musical.

126. Le concert performance d'ouverture a notamment eu lieu le 2 septembre 2016 en Norvège, à la Bergen Assembly. Lors de ce concert, l'*instrumentarium* a été utilisé pour former un orchestre dirigé par le peintre sourd Robert Demeter en vue de jouer l'œuvre *Sensational sounds* de la compositrice Pauline Oliveros, à qui Tarek Atoui dédie, par ailleurs, le projet. Voir : *ibid.*, p. 28.

CHAPITRE 6

Musique, émotions et stimulation vibrotactile

Sommaire du présent chapitre

6.1 Terminologie, approches et modèles psychologiques	237
6.1.1 Définitions et précisions terminologiques	237
6.1.2 Approches catégorielle et dimensionnelle	239
6.2 Méthodes usuelles de mesure des émotions	246
6.2.1 La méthode autodéclarative	246
6.2.2 La méthode psychophysiologique	249
6.3 Émotions musicales et stimulation vibrotactile	255
6.3.1 Cadre général	255
6.3.2 Signaux vibrotactiles et émotions musicales	260

Les raisons pour lesquelles nous écoutons, créons ou pratiquons d'une quelconque manière la musique peuvent être particulièrement nombreuses, variées et relativement hétérogènes en fonction de notre histoire, de nos expériences de vie, de notre culture, du contexte ou de la situation, ou encore de notre environnement social¹. En outre, l'ubiquité de la musique peut être constatée en tout instant de notre époque contemporaine, mais également à travers une vaste période de l'histoire de l'humanité.

1. MOUSSARD, Aline, ROCHETTE, Françoise et BIGAND, Emmanuel, « La musique comme outil de stimulation cognitive », in : *L'Année Psychologique* 112.3, 2012, p. 499-542.

La musique apparaît dans toutes les cultures humaines connues² et, à l'instar de l'écriture ou encore de l'agriculture, accompagne notre existence depuis plusieurs dizaines de milliers d'années³. Ainsi, les origines possibles de la musique ou de ses différentes fonctions ont fait l'objet d'un nombre considérable de théories et de spéculations à travers les âges, forgeant, d'un point de vue scientifique, un champ de recherche interdisciplinaire d'une grande complexité⁴.

L'une des dimensions centrales de ce champ de recherche réside dans la fonction émotionnelle de la musique, c'est-à-dire dans sa faculté à nous émouvoir, ainsi que dans les réponses affectives des individus qui en font l'expérience. Selon Patrik Juslin : « [...] pour une proportion importante d'auditeurs dans le monde, les émotions sont considérées comme un aspect clé de leur expérience, voire comme la raison principale d'écouter de la musique »⁵. Par ailleurs, nos réponses affectives à l'écoute de la musique ne sont pas figées dans le temps mais évoluent à mesure que cette dernière se développe⁶. De ce fait, comprendre les raisons et les mécanismes relatifs à l'impact émotionnel que la musique peut engendrer sur nous constitue une source d'intérêts majeure et un enjeu crucial pour de nombreux travaux scientifiques, en particulier en psychologie et en sciences cognitives depuis ces vingt dernières années⁷. Au demeurant, l'exploitation des fruits de ces recherches trouve aujourd'hui un grand nombre d'applications dans notre société, la musique étant utilisée dans de nombreux secteurs d'activité pour ses qualités émotionnelles, par exemple en musicothérapie, en marketing, en communication politique, militaire, ou encore dans le cadre de divertissements et de loisirs (cinéma, jeu vidéo, etc.)⁸.

En cohérence avec ce que nous avons souligné, il existe un corpus conséquent de travaux portant sur l'étude des émotions en musique dans la littérature, notamment dans le cadre de l'écoute. Or, la très grande majorité de ces travaux reposent sur une conception de la musique à considérer avant tout sous l'angle de l'audition. En ce qui concerne les rares travaux ciblant plus spécifiquement des populations sourdes ou malentendantes, ceux-ci portent principalement sur l'étude de la réception auditive

2. SCHÄFER, Thomas *et al.*, « The psychological functions of music listening », in : *Frontiers in Psychology* 4.511, 2013.

3. JUSLIN, Patrik N., *Musical emotions explained. Unlocking the secrets of musical affect*, Oxford : Oxford University Press, 2019, p. 4.

4. SCHÄFER *et al.*, *op. cit.*

5. JUSLIN, *op. cit.*, p. 7.

6. GREWE, Olivier, KOPIEZ, Reinhard et ALTENMÜLLER, Eckart, « L'évaluation des sentiments musicaux : une comparaison entre le modèle circomplexe et les inventaires d'émotions à choix forcé », in : KOLINSKY, Régine, MORAIS, José et PERETZ, Isabelle, *Musique, Langage, Émotion. Approche neuro-cognitive*, Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR), 2010, p. 49-73.

7. JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010.

8. JUSLIN, *op. cit.*

de la musique en relation avec l'appareillage auditif⁹, ou, dans le champ des signaux vibrotactiles, par l'intermédiaire d'expériences d'écoute conçues autour de la SAT¹⁰. En définitive, en contraste avec les travaux menés sur des individus entendants, la perception des éléments émotionnels transmis lors de l'écoute musicale chez les individus sourds reste méconnue, quelque soit la modalité par laquelle cette écoute se concrétise¹¹. Dans ce sillage, l'étude des émotions vécues lors d'expériences d'écoute de la musique basées sur des signaux vibrotactiles, par exemple produits dans le cadre de la VMC, reste un champ de recherche sous-exploré.

Dans ce chapitre, nous proposons de croiser les connaissances fondamentales relatives à la musique et aux émotions, notamment à la lumière d'ouvrages de référence dans ce domaine, avec les travaux réalisés sur l'impact émotionnel des signaux vibrotactiles dans le cadre général de la psychophysique de la perception vibrotactile, puis dans les rares études appliquées à la musique. Cette mise en regard nous permettra de dégager des éléments méthodologiques pour introduire notre contribution expérimentale.

6.1 Terminologie, approches et modèles psychologiques

6.1.1 Définitions et précisions terminologiques

La grande complexité du domaine des émotions musicales ne réside pas essentiellement dans l'implication et la compréhension des mécanismes évolués, ou encore dans ses fonctions sociales et culturelles qui s'y rapportent. Pour commencer, au cours de ces vingt dernières années, une quantité considérable de travaux a été publiée dans ce domaine, notamment en sciences cognitives et affectives. Un balayage partiel de ces travaux suffit pour relever la grande variété de notions et de concepts constituant la terminologie utilisée pour décrire différents phénomènes relatifs aux émotions, ou plutôt au « vécu subjectif » et aux « manifestations physiologiques »¹² qui s'y rattachent. Or, en l'absence d'un consensus dans la littérature scientifique sur la définition de chacun des termes utilisés, le confusion terminologique est rapidement

9. Par exemple, dans : AMBERT-DAHAN, Emmanuèle, « Perception des émotions non verbales dans la musique, les voix et les visages chez les adultes implantés cochléaires présentant une surdité évolutive », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Séverine SAMSON et de Daniel PRESSNITZER, Lille, Université de Lille III Charles de Gaulle, 2014.

10. C'est notamment le cas des études menées sur le MHC (cf. 5.2.3).

11. SHARP, Andréanne, BACON, B. A. et CHAMPOUX, F., « Enhanced tactile identification of musical emotion in the deaf », in : *Experimental Brain Research* 238.5, 2020, p. 1229-1236.

12. VIAUD-DELMON, Isabelle et CHAPOUTHIER, Georges, « Qu'est-ce qu'une émotion? Introduction au volume », in : *Intellectica* 79.2, 2023, p. 9-17.

devenue « un problème majeur dans le domaine de la musique et des émotions »¹³. Comme le soulignent Patrik Juslin et John Sloboda : « parfois, les chercheurs ont utilisé le même terme pour désigner des choses différentes. D'autres fois, ils ont utilisé des termes différents pour désigner la même chose »¹⁴, rendant ainsi la « communication et l'intégration [de ces termes] difficiles »¹⁵. Par ailleurs, certains termes présentent également des évolutions sémantiques notables au cours de leur usage dans le temps¹⁶.

De ce fait, les auteurs ont ainsi entrepris, dans leur ouvrage de référence, une clarification terminologique et ont proposé un cadre de définitions commun pour faciliter l'intelligibilité des recherches dans ce domaine¹⁷. En conséquence, ce travail de thèse de doctorat s'appuiera sur les définitions données par les auteurs¹⁸, que nous croisons avec celles formulées dans le cadre conceptuel proposé par Livingstone et son équipe¹⁹. Ainsi, nous rapportons, sur la base de ces travaux, les définitions des différents termes suivant :

- Le terme général d'« émotion » se réfère à « une très brève mais intense réaction affective qui implique généralement un certain nombre de sous-composantes [...] qui sont plus ou moins “synchronisées” »²⁰ ;
- Le terme d'« émotions musicales » correspond aux « “émotions induites d'une manière ou d'une autre par la musique”, sans autre implication sur la nature précise de ces émotions »²¹ ;
- Le terme d'« émotion induite » désigne une émotion suscitée – ou vécue – chez un récepteur, « quelle que soit la nature du processus qui a provoqué cette émotion »²² ;

13. JUSLIN et SLOBODA, *op. cit.*, p. 9.

14. *Ibid.*

15. *Ibid.*

16. Par exemple, le terme « émotion », introduit par René Descartes dans *Les Passions de l'âme* publié en 1649, fut dans un premier temps utilisé pour désigner plus spécifiquement les « passions ». Voir : DESCARTES, René, *Les Passions de l'âme*, Paris : Chez Henry Legras, 1649, p. 42.

17. JUSLIN et SLOBODA, *op. cit.*, p. 10.

18. Par ailleurs, ces définitions figurent également dans un ouvrage plus récent. Voir : JUSLIN, *op. cit.*, p. 25-26.

19. LIVINGSTONE, Steven R. *et al.*, « Controlling musical emotionality : an affective computational architecture for influencing musical emotions », in : *Digital Creativity* 18.1, 2007, p. 43-53.

20. Nous empruntons la traduction française de cette définition, initialement écrite en anglais dans l'ouvrage cité précédemment, à Sandrine Perraudau. Voir : PERRAUDEAU, Sandrine, « La Texture en musique : sa contribution pour la composition, l'apprentissage de la musique et ses effets sur la perception et la cognition des enfants sourds implantés », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Philippe LALITTE et d'Emmanuel BIGAND, Dijon, Université de Bourgogne Franche-Comté, 2019.

21. Notre traduction.

22. Notre traduction.

- Le terme d'« émotion perçue » désigne une émotion reconnue – ou identifiée – par un récepteur à travers la musique (par exemple lors de son écoute ou à l'issue de celle-ci), sans nécessairement que ce récepteur ressente lui-même une émotion (induite) ou que l'émotion perçue corresponde à l'émotion induite;
- Le terme d'« émotion exprimée » est une émotion « incarnée sous forme auditive, visuelle ou sous une autre forme de stimulus »²³. En d'autres termes, une émotion exprimée résulte de la corrélation, chez un émetteur, entre intention (d'exprimer une émotion) et action (d'exprimer cette émotion par un quelconque moyen). D'une certaine manière, une émotion perçue peut être comprise comme le résultat d'un processus (sensorimoteur) d'interprétation de l'émotion exprimée, bien que ces deux émotions peuvent être différentes. Dans la terminologie décrite par Juslin et Sloboda, l'émotion exprimée peut être mise en correspondance avec l'émotion « communiquée »²⁴.

Cette typologie distinguant différents types d'émotion se complète, dans le travail de définition effectué par les auteurs, de termes périphériques pouvant apparaître dans la littérature, bien que nous ne les utiliserons pas dans ce travail de thèse afin de prévenir les risques de confusion éventuels. En l'occurrence, ces termes comprennent : l'affect (« *affect* »), l'humeur (« *mood* »), ou encore le sentiment (« *feeling* »)²⁵.

6.1.2 Approches catégorielle et dimensionnelle

Au-delà de décrire ce qu'est une émotion d'un point de vue sémantique, nous employons dans le langage courant une vaste gamme de termes pour faire référence de manière spécifique à différentes émotions que nous pouvons ressentir au quotidien. Pour comprendre les composantes et les mécanismes sous-jacents de ces réactions affectives particulières, la question de savoir comment décrire et catégoriser précisément ces émotions a donc été explorée à travers un grand nombre de travaux en sciences cognitives depuis la seconde moitié du siècle dernier. Dans le but de répondre à cette problématique d'envergure, deux approches ont ainsi été introduites et dominent nettement à ce jour en psychologie générale des émotions : l'approche catégorielle et l'approche dimensionnelle.

23. Notre traduction. Voir : LIVINGSTONE, Steven Robert et THOMPSON, William Forde, « The emergence of music from the Theory of Mind », in : *Musicae Scientiae* 13.2, 2009, p. 83-115.

24. Le terme « communication » est défini par les auteurs comme étant « un processus dans lequel un émetteur transmet une émotion à un récepteur capable de décoder l'émotion en question [...] indépendamment du fait que l'émotion transmise soit "réellement ressentie" ou simplement "dépeinte" par l'interprète de manière symbolique ». Notre traduction. Voir : JUSLIN et SLOBODA, *loc. cit.*

25. *Ibid.*

Approche catégorielle et émotions basiques

Théorisée par de nombreux chercheurs, l'approche « catégorielle » repose sur le principe que les émotions que nous pouvons éprouver correspondent à des catégories distinctes et restreintes d'émotions « basiques » – aussi appelées émotions « discrètes » – innées chez l'être humain et universellement communes à toutes les cultures²⁶. Par exemple, Ekman, Friesen et Ellsworth catégorisent six émotions basiques qui sont : la joie, la surprise, la peur, la tristesse, la colère et le dégoût²⁷. Par ailleurs, d'après la littérature, la compétence d'identification des émotions basiques peut se manifester chez un individu dès l'âge de neuf mois²⁸ et se renforcer rapidement pour atteindre un niveau semblable à celle d'un adulte vers l'âge de six ans²⁹.

Toutefois, bien que l'approche catégorielle soit toujours appliquée aujourd'hui, notamment à travers la méthode de collecte de donnée par autodéclaration (« *self-report* »), elle, ainsi que la notion d'émotion « basique », font l'objet de débats clivant. D'une part, le nombre et la nature des émotions basiques recensées chez les différents théoriciens de cette approche ne font pas consensus et varient en fonction des auteurs. D'autre part, la perceptive réduite de l'approche catégorielle fondée sur un nombre réduit d'émotions ne peut suffire à décrire l'ensemble des émotions pouvant être éprouvé au quotidien. Certains auteurs ont, par conséquent, cherché à hiérarchiser structurellement les catégories d'émotion, en décrivant l'existence d'émotions « complexes » – ou « secondaires » – générées à partir d'émotions basiques combinées et d'évaluations cognitives conscientes (« *appraisals* »)³⁰. En d'autres termes, les émotions basiques sont considérées dans cette perspective comme des catégories parentes à partir desquelles tous les autres états émotionnels peuvent être dérivés.

En outre, ces critiques trouvent une résonance particulière au regard du domaine de la musique et des émotions. Comme le soulignent Eerola et Vuoskoski : « dans les études portant sur la musique et les émotions, le modèle des émotions basiques a souvent été modifié pour mieux décrire les émotions qui sont couramment représentées par la musique »³¹. Par exemple, les auteurs citent le dégoût comme une émotion basique rarement exprimée en musique par rapport à des émotions plus complexes

26. *Ibid.*, p. 76.

27. EKMAN, Paul, FRIESEN, Wallace V. et ELLSWORTH, Phoebe, *Emotion in the human face. Guidelines for research and an integration of findings*, New York : Pergamon Press Inc., 1972.

28. FLOM, Ross, GENTILE, Douglas A. et PICK, Anne D., « Infants' discrimination of happy and sad music », in : *Infant Behavior & Development* 31.4, 2008, p. 716-728.

29. CUNNINGHAM, Joseph G. et STERLING, Rebecca S., « Developmental change in the understanding of affective meaning in music », in : *Motivation and Emotion* 12.4, 1988, p. 399-413.

30. Par exemple, chez Oatley. Voir : OATLEY, Keith, *Best laid schemes. The psychology of emotions*, Cambridge : Cambridge University Press, 1992.

31. EEROLA, Tuomas et VUOSKOSKI, Jonna K., « A comparison of the discrete and dimensional models of emotion in music », in : *Psychology of Music* 39.1, 2011, p. 18-49, Notre traduction. Voir :

telles que la tendresse ou la tranquillité³². Pour cette raison, l'approche catégorielle est considérée par de nombreux auteurs comme inappropriée en l'état pour décrire la richesse des émotions pouvant être vécues lors de l'expérience musicale³³.

D'autres auteurs, tels que Zentner et ses collègues, ont proposé un modèle, appelé *Geneva Emotion Music Scale* (GEMS), introduisant, sur la base de cette approche, une gamme d'émotions plus cohérente et spécifique au regard de l'expérience émotionnelle susceptible d'être vécue à travers la musique³⁴. En l'occurrence, cette gamme d'émotions comprend : l'émerveillement, la transcendance, la tendresse, la nostalgie, la tranquillité, la puissance, l'activation joyeuse, la tension et la tristesse³⁵. De nos jours, ce modèle est considéré comme supérieur dans les études sur la musique et les émotions par rapport à l'approche catégorielle traditionnelle³⁶.

Approche dimensionnelle et modèle *circumplex*

La seconde approche dominante dans la littérature correspond à l'approche dite « dimensionnelle ». Contrairement à l'approche catégorielle, ce paradigme diffère en conceptualisant les émotions en fonction de dimensions neurophysiologiques globales et continues communes à tous les états affectifs³⁷. En d'autres termes, dans cette approche, toutes les émotions peuvent être caractérisées « comme des degrés variables »³⁸ des différentes dimensions considérées. Ainsi, plusieurs dimensions ont été introduites progressivement par différents modèles au cours du temps³⁹, allant du modèle unidimensionnel de Duffy⁴⁰ jusqu'aux modèles tridimensionnels, tels que celui proposé par Osgood et son équipe⁴¹.

32. *Ibid.*

33. BIGAND, E. *et al.*, « Multidimensional scaling of emotional responses to music : the effect of musical expertise and of the duration of the excerpts », in : *Cognition & Emotion* 19.8, 2005, p. 1113-1139.

34. ZENTNER, Marcel, GRANDJEAN, Didier et SCHERER, Klaus R., « Emotions evoked by the sound of music : characterization, classification, and measurement », in : *Emotion* 8.4, 2008, p. 494-521.

35. Notre traduction.

36. ZENTNER, Marcel et EEROLA, Tuomas, « Chapter 8. Self-report measures and models », in : JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 187-221.

37. EEROLA et VUOSKOSKI, *op. cit.*

38. *Ibid.*

39. JUSLIN et SLOBODA, *op. cit.*, p. 78.

40. DUFFY, Elizabeth, « An explanation of "emotional" phenomena without the use of the concept "emotion" », in : *The Journal of General Psychology* 25.2, 1941, p. 283-293.

41. OSGOOD, Charles E., SUCI, George J. et TANNENBAUM, Percy H., *The Measurement of meaning*, Urbana : University of Illinois Press, 1957.

De nos jours, les modèles les plus couramment utilisés dans la littérature sur la musique et les émotions sont les modèles bidimensionnels⁴², avec une préférence particulièrement marquée pour le modèle « *circumplex* »⁴³ proposé par James Russell à l'aube des années quatre-vingt⁴⁴. Conformément à cette approche, le modèle de Russell suggère que les émotions peuvent ainsi être décrites selon leur degré de « valence » et d'« activation » (« *arousal* »)⁴⁵ émotionnelles. Dans un contexte général, la valence est définie comme « l'évaluation d'un objet, d'une personne ou d'un événement comme étant positif ou négatif »⁴⁶ et est exprimée sans unité. Appliquée au cadre des émotions, celle-ci consiste donc en une variation du caractère négatif ou positif d'une émotion. En outre, dans le modèle *circumplex*, la valence émotionnelle est parfois désignée par le terme de « plaisir » ou « hédonisme ». Dans cette situation, les valeurs de valence sont alors présentées comme un continuum allant, par exemple, de désagréable à agréable, ou déplaisant à plaisant⁴⁷.

L'activation – plus généralement appelée « activation physiologique » – désigne, quant à elle : « l'activation physique du système nerveux autonome »⁴⁸ liée, entre autres⁴⁹, aux réponses émotionnelles. À l'image de la valence, l'activation est une grandeur variable sans unité qui caractérise deux états opposés : activé et désactivé (ou calme et excité). Ainsi, la représentation concrète de ce modèle se dévoile le plus souvent comme une structure circulaire intégrée dans un repère affine à deux axes (correspondant aux dimensions mentionnées en abscisse et en ordonnée) et sur laquelle se positionne, selon différentes coordonnées et différents points, l'ensemble des émotions.

Le couple valence-activation introduit par le modèle dimensionnel est donc particulièrement usitée et jugé efficace pour évaluer les émotions musicales, que ces émotions soient perçues ou induites. Différentes questions peuvent ainsi être posées aux participants pour distinguer l'évaluation des émotions musicales perçues des émotions musicales induites, donnant lieu, par exemple, à des mesures de valences

42. EEROLA et VUOSKOSKI, *op. cit.*

43. Parfois traduit en français par « circomplexe ».

44. RUSSEL, James A., « A circumplex model of affect », in : *Journal of Personality and Social Psychology* 39.6, 1980, p. 1161-1178.

45. La traduction en français ici proposée des termes « *valence* » et « *arousal* » est commune à la majorité des travaux sur les émotions. Toutefois, le terme « *arousal* » peut, en fonction du contexte, parfois être traduit par « excitation » ou « éveil » dans certaines études.

46. Notre traduction. Voir : JUSLIN, *op. cit.*, p. 43.

47. FUENTES-SÁNCHEZ, Nieves *et al.*, « Musical preference but not familiarity influences subjective ratings and psychophysiological correlates of music-induced emotions », in : *Personality and Individual Differences* 198.111828, 2022.

48. Notre traduction. Voir : JUSLIN et SLOBODA, *op. cit.*, p. 10.

49. Comme le soulignent Juslin et Sloboda, l'activation physiologique n'est pas strictement limitée à la dimension émotionnelle, mais peut également être modulée dans le cadre, par exemple, d'un exercice physique. Voir : *ibid.*

« perçue » et « induite »⁵⁰. De plus, d'après la littérature scientifique, la perception des émotions semble « relativement robuste d'un individu à l'autre, et très rapide »⁵¹. Par exemple, plusieurs travaux ont démontré que l'identification de la valence d'un extrait musical pouvait être réalisée en 500 ms⁵². En règle générale, dans le cadre de l'approche dimensionnelle, l'évaluation des émotions induites ou perçues chez des individus s'effectue par l'intermédiaire d'échelles d'appréciation, appelées « échelles de Likert »⁵³, qui répartissent la valence et l'activation en plusieurs degrés – ou points – d'appréciation. Globalement, le nombre de points utilisés varie entre quatre et neuf⁵⁴.

Bien que ce modèle occupe une position dominante dans la littérature du fait de ses avantages par rapport à l'approche catégorielle, plusieurs de ses aspects ont néanmoins fait l'objet de critiques. En outre, les principales critiques portent sur :

- la bipolarité de la valence émotionnelle (soit positive, soit négative) – bien qu'étant une dimension supposée continue – conduisant à exclure des états affectifs potentiellement plus complexes et nuancés⁵⁵ ;
- le manque de discernement dans le positionnement de certaines émotions, telles que la colère et la peur (valeurs de valence négative et d'activation forte), pourtant relativement différentes⁵⁶ ;
- le défaut d'applicabilité au regard des émotions médiées par l'expérience de la musique, à l'instar de l'approche catégorielle et des émotions basiques⁵⁷.

De ce fait, les limites du modèle dimensionnel appliqué au contexte des émotions musicales se manifestent parfois sous la forme de paradoxe, par exemple lorsqu'une musique exprimant une émotion négative est jugée comme positive ou agréable par un récepteur⁵⁸. Ainsi, comme le soulignent Juslin et Sloboda : « les modèles dimensionnels ont tendance à manquer de profondeur théorique, à moins qu'ils ne soient complétés par d'autres hypothèses »⁵⁹.

50. SONG, Yading *et al.*, « Perceived and induced emotion responses to popular music : categorical and dimensional models », in : *Music Perception* 33.4, 2016, p. 472-492.

51. MOUSSARD, ROCHETTE et BIGAND, *op. cit.*

52. VIEILLARD, Sandrine *et al.*, « Happy, sad, scary and peaceful musical excerpts for research on emotions », in : *Cognition and Emotion* 22.4, 2008, p. 720-752.

53. En référence au psychologue américain Rensis Likert à la base du développement de cet outil psychométrique.

54. Par exemple, dans cette étude, l'évaluation des émotions exprimées par des extraits musicaux et des émotions perçues par des participants à l'écoute de ces extraits est réalisée à l'aide d'échelles de Likert à sept points. Voir : GREWE, KOPIEZ et ALTENMÜLLER, *op. cit.*

55. JUSLIN et SLOBODA, *op. cit.*, p. 78.

56. *Ibid.*

57. EEROLA et VUOSKOSKI, *op. cit.*

58. VUOSKOSKI, Jonna K. et EEROLA, Tuomas, « The Pleasure evoked by sad music is mediated by feelings of being moved », in : *Frontiers in Psychology* 8.439, 2017.

59. Notre traduction. Voir : JUSLIN et SLOBODA, *op. cit.*, p. 78.

Tension et émotions musicales

Plusieurs auteurs ont donc tenté de pallier les défauts du modèle *circumplex* et d'améliorer sa pertinence face à la musique. Par exemple, Thayer a suggéré que les états affectifs pouvaient être compris comme une combinaison dimensionnelle non pas basée sur la valence et l'activation, mais plutôt reposant sur deux dimensions sous-jacentes de l'activation physiologique : l'énergie et la tension (énergie d'activation et tension d'activation)⁶⁰. Cette distinction spécifique de l'activation en ces deux sous-dimensions est considérée par de nombreux auteurs comme nécessaire pour caractériser les émotions musicales⁶¹. En outre, certains auteurs, tels que Schimmack et Grob⁶², ont proposé d'ajouter la valence comme troisième dimension du modèle de Thayer, fusionnant ainsi ce dernier avec le modèle *circumplex* de Russel. Ce modèle tridimensionnel est aujourd'hui considéré comme l'un des modèles les plus pertinents de la littérature⁶³.

Toutefois, rappelons que la notion de tension est hautement polysémique et que sa définition varie d'un contexte ou d'un domaine d'application à un autre. Par exemple, dans de nombreux contextes, la tension peut être associée à des émotions négatives, telles que la peur, l'inquiétude ou encore la détresse, là où, dans d'autres contextes (par exemple au cinéma), elle peut être vécue comme une expérience positive⁶⁴. En psychologie, de manière générale, la tension, tout comme le suspense, sont compris comme « des états affectifs qui (a) sont associés au conflit, à la dissonance, à l'instabilité ou à l'incertitude, (b) créent un désir ardent de résolution, (c) concernent des événements présentant une importance émotionnelle potentielle, et (d) s'appuient sur des processus d'attente, d'anticipation et de prédiction orientés vers l'avenir »⁶⁵.

Il est intéressant de souligner que la distinction entre résolution et tension est ée introduite dès la fin du XIX^e siècle⁶⁶ et que, dans le contexte de la musique, la relation tension-résolution – ou « tension-détente » – est considérée, notamment à partir des travaux de Leonard Meyer, comme le fondement des émotions musicales⁶⁷.

60. THAYER, Robert E., *The Biopsychology of mood and arousal*, Oxford : Oxford University Press, 1980.

61. ILIE, Gabriela et THOMPSON, William E., « A Comparison of acoustic cues in music and speech for three dimensions of affect », in : *Music Perception* 23.4, 2006, p. 319-329.

62. SCHIMMACK, Ulrich et GROB, Alexander, « Dimensional models of core affect : a quantitative comparison by means of structural equation modeling », in : *European Journal of Personality* 14.4, 2000, p. 325-345.

63. ZENTNER et EEROLA, *op. cit.*, p. 200.

64. LEHNE, Moritz et KOELSCH, Stefan, « Toward a general psychological model of tension and suspense », in : *Frontiers in Psychology* 6, 2015.

65. Notre traduction. Voir : *ibid.*

66. WUNDT, Wilhelm, *Grundriss der Psychologie*, Leipzig : Wilhelm Engelmann, 1896.

67. MEYER, Leonard B., *Emotion and meaning in music*, Chicago : University of Chicago Press, 1956.

Selon cette théorie, l'émotion musicale serait ainsi « le résultat de nos attentes »⁶⁸ qui, selon un processus cognitif mis en œuvre lors de l'écoute et correspondant à la loi de la continuité relative à la théorie de la Gestalt, déterminerait « la valeur affective que l'auditeur attribue à la musique »⁶⁹. En d'autres termes, nos attentes perceptives à la base des émotions musicales que nous pouvons vivre ou, *a minima*, percevoir, reposeraient sur des mécanismes d'alternances entre tension et détente musicales propres à la structure même de la musique et de sa composition⁷⁰. Ainsi, depuis Meyer, de nombreux travaux ont tenté d'identifier les procédés de composition affectant la relation tension-détente en musique, par exemple à travers l'étude de la tonalité, des accords harmoniques et de leur progression, de leur caractère dissonant ou consonant, ou encore des intervalles⁷¹.

Toutefois, bien qu'il existe quelques rares contributions qui suggèrent que la relation tension-détente soit aussi effective pour des musiques non tonales⁷², les travaux qui soutiennent l'usage de la tension comme sous-dimension essentielle du modèle dimensionnel dans l'étude des émotions musicales reposent principalement sur des musiques fondées sur le système tonal occidental. Ainsi, non seulement la relation tension-détente à travers des musiques non tonales n'a pas été étudiée de manière aussi approfondie qu'à travers des musiques tonales, mais les études sur la musique non tonale restent audiocentrées et ne tiennent pas compte de la musique vibrotactile. De ce fait, il n'existe pas de preuves ou de consensus qui justifient l'intérêt d'inclure la tension dans l'approche dimensionnelle au regard des musiques vécues par l'intermédiaire de modalités autres que l'audition, telles que, par l'exemple, la modalité vibrotactile (VMC et SAT). En d'autres termes, rien ne permet d'affirmer ou de suggérer que le principe de tension-détente s'applique à la musique vibrotactile, bien que le modèle dimensionnel standard – exploitant le couple activation-valence – semble s'appliquer aux musiques non tonales⁷³.

68. PERRAUDEAU, *op. cit.*, p. 87.

69. *Ibid.*

70. MOUSSARD, ROCHETTE et BIGAND, *op. cit.*

71. COSTA, Marco et NESE, Mattia, « Perceived tension, movement, and pleasantness in harmonic musical intervals and noises », in : *Music Perception* 37.4, 2020, p. 298-322.

72. PRESSNITZER, Daniel *et al.*, « Tension et rugosité dans la musique non-tonale », in : *JIM : Journées d'Informatique Musicale*, Île de Tatihou, France, 1996, URL : <https://hal.science/hal-01105455/>.

73. DROIT-VOLET, Sylvie *et al.*, « Music, emotion, and time perception : the influence of subjective emotional valence and arousal? », in : *Frontiers in Psychology* 4.417, 2013.

6.2 Méthodes usuelles de mesure des émotions

6.2.1 La méthode autodéclarative

La méthode de mesure par « autodéclaration » (« *self-report* ») – également dite par « autoévaluation » – consiste, pour un participant, à fournir des informations, par des déclarations verbales, non verbales ou à l'écrit, par exemple en réponse à une série de questions, à propos de « son état, ses sentiments, ses pensées, ses croyances, ses comportements passés, [...] »⁷⁴. Utilisée dans une quantité de domaines et dans la plupart des disciplines scientifiques sous de nombreuses formes, cette méthode est notamment considérée comme la plus couramment utilisée en psychologie⁷⁵.

Dans le cadre de ce chapitre et de la littérature du domaine dont il est question ici, l'autodéclaration est systématiquement appliquée à l'étude des émotions musicales depuis les vingt-cinq dernières années⁷⁶. En l'occurrence, les informations fournies dans ce cadre sont relatives aux états subjectifs des participants, par exemple aux expériences émotionnelles perçues ou vécues lors d'une stimulation musicale. Au regard de la grande majorité des travaux, les informations transmises peuvent également être d'ordre personnel, comprenant des informations générales liées à l'âge, au genre ou à l'origine des participants, ou encore des informations plus spécifiques au contexte de l'étude, par exemple l'état de santé, le niveau d'éducation ou l'état physiologique.

Catégories méthodologiques

Il existe globalement plusieurs catégories méthodologiques d'autodéclaration. Par exemple, Paulhus et Vazire distinguent trois catégories principales : l'autodéclaration directe, indirecte et ouverte⁷⁷. La principale différence entre l'autodéclaration directe et indirecte réside dans le rapport et la formulation des questions vis-à-vis de l'objet de l'étude ou du concept mesuré. En autodéclaration directe, les questions posées ont un rapport immédiat et sans ambiguïtés avec l'information à mesurer, tandis qu'en autodéclaration indirecte les questions ciblent des aspects liés à l'objet évalué – ou influencés par lui – sans pour autant que ce dernier ne soit évoqué. En d'autres termes, les questions indirectes n'interrogent pas directement les participants sur l'objet à

74. Cette définition générale est issue du dictionnaire de psychologie en ligne de l'*American Psychological Association* (APA). Notre traduction. Voir : <https://dictionary.apa.org/self-report>, (visité le 19-11-22).

75. PAULHUS, Delroy L. et VAZIRE, Simine, « Chapter 13. The Self-report method », in : ROBINS, Richard W., FRALEY, Chris R. et KRUEGER, Robert F., *Handbook of research methods in personality psychology*, New York : The Guilford Press, 2007, p. 224-239.

76. ZENTNER et EEROLA, *op. cit.*

77. PAULHUS et VAZIRE, *op. cit.*

mesurer, qui est généralement occulté. De manière générale, cette distinction entre mesures directes et indirectes ne concerne pas essentiellement l'autodéclaration, mais peut être étendue à l'ensemble des méthodes que nous abordons en partie dans ce chapitre.

Dans la cadre des émotions en musique, en autodéclaration directe, les participants peuvent, par exemple, être invités à déclarer quelles émotions ces derniers ont ressenties suite à une stimulation, en choisissant parmi une liste de réponses prédéterminées (questionnaire à réponses fermées)⁷⁸, ou encore à noter individuellement l'intensité de leur expérience émotionnelle sur une échelle appropriée⁷⁹. En ce qui concerne les mesures indirectes, les dimensions mesurées sont relatives à « des tâches perceptives, cognitives et comportementales qui exploitent des processus en corrélation avec l'affect »⁸⁰. Enfin, dans le cas de l'autodéclaration ouverte, les réponses données correspondent à des descriptions librement offertes par les participants. Chez Zentner et Eerola, cette catégorie représente davantage une option relative au format de réponses de l'autodéclaration – opposant réponses ouvertes et fermées – plutôt qu'une catégorie méthodologique à part entière⁸¹.

Avantages et inconvénients

Les avantages et les inconvénients de la méthode par autodéclaration sont relativement connus et fréquemment abordés dans les travaux scientifiques. En termes d'avantages, cette méthode permet d'obtenir une multitude d'informations spécifiques (flexibilité dans le choix des questions posées) et aisément interprétables par rapport à d'autres types de données brutes (car reposant sur le partage d'une langue commune supposée maîtrisée). Cependant, l'argument le plus fréquemment avancé repose sur sa grande praticité. Les outils d'autodéclaration, notamment autoadministrés (questionnaires, sondages, etc.), sont généralement reconnus pour leur grande facilité à être mis en œuvre dans un temps rapide et à moindre coût⁸². Les ressources mobilisées pour la création de ces outils sont moindres et le caractère non invasif de

78. Par exemple, dans le cas de l'outil « *Differential Emotion Scale* (DES) » théorisé par Izard et ses collègues et appliqué aux différentes émotions basiques. Voir : IZARD, C. E. *et al.*, « Stability of emotion experiences and their relations to traits of personality », in : *Journal of Personality and Social Psychology* 64.5, 1993, p. 847-860.

79. LARSEN, Randy J. et DIENER, Ed, « Affect intensity as an individual difference characteristic : a review », in : *Journal of Research in Personality* 21.1, 1987, p. 1-39.

80. Notre traduction. Voir : VÄSTFJÄLL, Daniel, « Chapter 10. Indirect, perceptual, cognitive, and behavioural measures », in : JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 255-277.

81. ZENTNER et EEROLA, *op. cit.*

82. DEMETRIOU, Constantina, UZUN ÖZER, Bilge et ESSAU, Cecilia A., « Self-report questionnaires », in : CAUTIN, Robin L. et LILIENFELD, Scott O., *The Encyclopedia of clinical psychology. Volume V*, Hoboken : Wiley-Blackwell, 2015, p. 2595-2599.

leur mode opératoire facilite leur administration auprès des participants, quel que soit l'échelle de l'étude ou le médium utilisé pour réaliser la mesure (sur papier, *via* internet ou encore une interface informatique).

Toutefois, bien que celle-ci présente donc des avantages certains, la méthode autodéclarative, du fait de son caractère subjectif, connaît également de nombreux inconvénients. De manière générale, plusieurs biais et limites sont couramment relevés. En outre, ces biais méthodologiques peuvent reposer sur :

- le manque d'honnêteté des participants, par exemple provoqué par un phénomène de « désirabilité sociale »⁸³, notamment amplifié lorsque les participants sont physiquement en présence des chercheurs ;
- le manque de précision des réponses, engendré, par exemple, par les capacités variables des participants à s'autoévaluer ;
- le biais de « réponse », désignant « la tendance d'un individu à répondre d'une certaine manière, quelle que soit la question »⁸⁴. En outre, si la question induit une réponse fermée à choix binaire (oui ou non), le biais est dit « d'acquiescement » si le participant répond est enclin à répondre positivement et de « non acquiescement » dans le cas inverse ;
- la manque de clarté dans la formulation des questions, pouvant entraîner des interprétations différentes chez les participants ;
- le biais de « sélection » lors de la constitution de l'échantillon de population étudié.

En outre, dans le cadre de la musique et des émotions, Zentner et Eerola identifient quatre limites majeures : les artefacts du questionnement⁸⁵ ; les biais de présentation de soi ; la conscience limitée de ses émotions ; ainsi que les difficultés rencontrées dans la verbalisation des émotions perçues ou de l'expérience émotionnelle⁸⁶.

Les artefacts du questionnement correspondent aux « indices qui véhiculent l'hypothèse expérimentale au participant et peuvent donc induire un comportement conforme à l'hypothèse »⁸⁷. Cette limite peut être contournée grâce aux stratégies de réponse indirecte soulignées précédemment (cf. 6.2.1). Les biais de présentation de soi relèvent de la désirabilité sociale mentionnée précédemment, à savoir : « la tendance des individus à se sentir mal à l'aise lorsqu'ils déclarent des états qui peuvent être considérés comme indésirables »⁸⁸. La conscience limitée de ses émotions renvoie

83. CROWNE, Douglas P. et MARLOWE, David, « A new scale of social desirability independent of psychopathology », in : *Journal of Consulting Psychology* 24.4, 1960, p. 349-354.

84. Notre traduction. Voir : DEMETRIOU, UZUN ÖZER et ESSAU, *op. cit.*

85. Nous avons choisi de traduire la formule originale « *demand characteristics* » par la notion d'« artefacts du questionnement » utilisée dans la littérature scientifique francophone et aboutissant à la même signification.

86. ZENTNER et EEROLA, *op. cit.*

87. Notre traduction. Voir : *ibid.*

88. Notre traduction. Voir : *ibid.*

à la définition générale du terme émotion en tant que « réaction affective » (cf. 6.1.1) et à sa distinction avec le sentiment, qui est « la partie consciemment accessible de l'émotion »⁸⁹, c'est-à-dire ce qui sera décrit en premier lieu par le participant. Enfin, les difficultés de verbalisation des émotions musicales représentent, selon les auteurs, la limite « la plus sérieuse des déclarations verbales »⁹⁰. D'une part, car les déclarations verbales doivent être comprises comme des « approximations » de l'expérience émotionnelle réelle. D'autre part, car la faculté de décrire ces expériences lorsqu'elles sont vécues n'est pas identique chez tous les individus. En outre, cette faculté peut être modulée par la relation que le participant entretient avec la musique, les capacités d'introspection, ou encore la diversité du vocabulaire acquis au préalable.

Du fait des limites de la méthode autodéclarative, des nombreux chercheurs considèrent que « les données d'autodéclaration doivent être “étayées” par d'autres informations relatives aux émotions, telles que des preuves comportementales, physiologiques ou cognitives »⁹¹. Ainsi, en considérant leur utilisation *quasi* systématique dans la littérature en psychologie expérimentale, nous allons désormais aborder les techniques de mesure psychophysiologiques et mettre en lumière leur usage dans le cadre de la musique et des émotions.

6.2.2 La méthode psychophysiologique

La méthode psychophysiologique repose sur la mesure des « réponses psychophysiologiques » – ou « *biofeedback* »⁹² – provoquées par les réponses physiologiques et les processus cognitifs engagés lorsqu'un individu interagit avec son environnement⁹³. Mises en œuvres par le système nerveux périphérique, le système nerveux somatique, ainsi que le système nerveux autonome (sympathique et parasympathique)⁹⁴, les réponses psychophysiologiques correspondent aux « changements discrets de la fré-

89. Notre traduction. Voir : *ibid.*

90. Notre traduction. Voir : *ibid.*

91. Notre traduction. Voir : *ibid.*

92. Dans ce chapitre, nous écartons volontairement les réponses neurologiques, appelées « *neurofeedback* », et les techniques d'imagerie cérébrale associées compte tenu de l'impossibilité d'avoir accès, dans ce travail de thèse de doctorat, aux ressources humaines et matérielles nécessaires pour développer une méthodologie expérimentale capable de mesurer ces réponses. Toutefois, pour une revue de l'influence de la musique sur cette composante spécifique des réponses psychophysiologiques, voir : HODGES, Donald A., « Chapter 11. Psychophysiological measures », in : JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 279-311.

93. BROWNE, Thomas G., « Biofeedback and neurofeedback », in : FRIEDMAN, Howard S., *Encyclopedia of mental health. Volume 1*, Oxford : Academic Press, 2016, p. 170-177.

94. LARSEN, Jeff T. *et al.*, « Chapter 11. The Psychophysiology of emotion », in : LEWIS, Michael, HAVILAND-JONES, Jeannette M. et BARRETT, Lisa Feldman, *Handbook of emotions*, Third, New York : The Guilford Press, 2008, p. 180-195.

quence cardiaque, de la pression sanguine ou de la conductance de la peau, ainsi que des réponses plus manifestes et expressives telles que les pleurs, les expressions faciales et les mouvements du corps »⁹⁵. Dans le cadre de la littérature sur les émotions, il est reconnu depuis de nombreuses années que ces réponses, par le biais de mécanismes complexes et encore partiellement compris, covarient avec les réactions émotionnelles et représentent une sous-composante de ces dernières⁹⁶. De plus, comme le souligne Hodges, les réponses psychophysiologiques interviennent dans les émotions musicales induites et permettent de distinguer ces dernières des émotions perçues n'impliquant pas nécessairement un ressenti émotionnel vécu chez la personne⁹⁷.

Dans le cadre de la musique, la fréquence cardiaque et le pouls sont les réponses les plus étudiées, avec les réponses biochimiques (sanguines, urinaires, salivaires) et la conductance de la peau⁹⁸. Toutefois, l'interprétation d'un tel recensement doit être relativisée, dans la mesure où la période des études examinées est importante (plusieurs siècles) et implique au fil du temps des découvertes et des évolutions technologiques. De ce fait, il semble cohérent que la fréquence cardiaque, dont les premières études sont apparues au XVIII^e siècle, soit la réponse la plus étudiée par rapport à d'autres réponses, telles que la saturation en oxygène dans le sang ou la réponse pupillaire⁹⁹. Globalement, les techniques de mesures et les dispositifs de surveillance utilisés, ainsi que les grandeurs mesurées varient considérablement dans la littérature. Nous illustrons dans cette section deux exemples de grandeurs et leur relation avec les émotions en musique, ainsi que les dispositifs et techniques associés.

Influence sur la fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque (HR)¹⁰⁰ – communément appelée « pouls » – correspond au nombre moyen de battements du cœur (pulsations mises en œuvre par la contraction du muscle) par unité de temps, généralement par minute (bpm). Suivant le cadre dans lequel s'effectue la mesure, cette dernière peut être réalisée à l'aide de plusieurs techniques plus ou moins invasives et nécessitant un temps d'intégration plus ou moins important. Dans un contexte médical, les techniques les plus couramment utilisées sont le cathétérisme hémodynamique, la ballistocardiographie (BCG),

95. Notre traduction. Voir : HODGES, *op. cit.*

96. VANOYEN-WITVLIET, Charlotte et VRANA, Scott R., « Psychophysiological responses as indices of affective dimensions », in : *Psychophysiology* 32.5, 1995, p. 436-443.

97. HODGES, *op. cit.*

98. *Ibid.*

99. *Ibid.*

100. Conformément à la plupart des travaux francophones, nous utilisons l'acronyme provenant de l'anglais « *Heart Rate* ».

l'électrocardiographie (ECG) et la photopléthysmographie (PPG). En psychologie et psychophysiologie, seules les deux dernières sont principalement utilisées.

L'étude de l'influence la musique sur la fréquence cardiaque n'est pas récente, les premiers travaux sur le sujet ayant été menés dès le début du ^{xx}e siècle ¹⁰¹. De manière générale, la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) ¹⁰² est une réponse associée aux émotions musicales. De nombreux travaux ont ainsi démontré que l'écoute de la musique pouvait provoquer des modulations significatives ¹⁰³. Comme le souligne Hodges, les musiques présentant des valeurs d'activation physiologique fortes tendent à provoquer chez les auditeurs une augmentation du pouls, tandis que les musiques présentant de faible valeur d'activation conduisent à sa diminution ¹⁰⁴. Toutefois, ce résultat est contesté dans certaines études, qui rapportent, par exemple, que la modulation de la fréquence cardiaque ne dépend pas de l'activation ou que, plus radicalement, aucune modulation significative n'a été observée à l'écoute de la musique ¹⁰⁵.

Influence sur la conductance cutanée (SC)

La conductance cutanée, ou *Skin Conductance* (SC), est une grandeur physiologique relative aux caractéristiques électriques de la peau (conductance électrique) ¹⁰⁶ et dont les variations permanentes, appelées « Réponses Électrodermales (EDR) », résultent plus globalement de l'Activité Électrodermale (EDA) ¹⁰⁷. En psychophysiologie, les EDR sont assurées par l'activation des glandes sudoripares eccrines sous-cutanées ¹⁰⁸. Le phénomène provoqué par la sécrétion de ces glandes dans le cadre des EDR est parfois trivialement désigné sous le nom de « microsudation ». Il existe deux techniques de mesure de l'EDA : la technique dite « exosomatique », qui consiste à appliquer un faible courant électrique à travers la peau et à mesurer sa conductance, et la technique dite « endosomatique », qui repose sur la mesure des

101. HODGES, *op. cit.*

102. Acronyme provenant de l'anglais « *Heart Rate Variability* ».

103. Par exemple, Hodges recense 54 études aboutissant à cette conclusion. Voir : HODGES, *op. cit.*

104. *Ibid.*

105. *Ibid.*

106. En physique, la conductance électrique, exprimée en siemens (S) dans le Système international, est définie comme l'inverse de la résistance, c'est-à-dire la capacité d'un matériau à laisser passer un courant électrique. Cette grandeur ne doit pas être confondue avec la conductivité électrique, qui exprime, pour un matériau ou une solution chimique, la conductance par unité de distance.

107. DAWSON, Michael E., SCHELL, Anne M. et FILION, Diane L., « Chapter 10. The Electrodermal system », in : CACIOPPO, John T., TASSINARI, Louis G. et BERNTSON, Gary G., *Handbook of psychophysiology*, Fourth, Cambridge : Cambridge University Press, 2016, p. 217-243.

108. BROWNE, *op. cit.*

potentiels électriques cutanés sans stimulation externe¹⁰⁹. De nos jours, la technique majoritairement utilisée dans la recherche est la technique exosomatique.

Il existe deux types de réponses électrodermales mesurables : les réponses de courte durée, appelées signaux « phasiques », et les réponses de longue durée, appelées signaux « toniques »¹¹⁰. Les signaux phasiques correspondent à des changements brusques et brefs de conductance cutanée, tandis que les signaux toniques sont caractérisés par des variations sur de plus longues durées appelées « niveaux ». C'est pourquoi, dans le cas des signaux toniques, la grandeur mesurée correspond aux « niveaux de conductance cutanée (SCL) », tandis que pour les signaux phasiques, il s'agit des « réponses galvaniques cutanées » ou des « réponses de la conductance cutanée », généralement désignées par l'acronyme anglais « *Skin Conductance Responses* (SCR) ». En contexte expérimental réel, les deux signaux ne sont pas discriminés par la plupart des systèmes de mesure et d'acquisition de l'activité électrodermale. Le signal brut obtenu correspond alors à la mesure de la conductance cutanée (SC).

Les EDR sont généralement associées à une activité du système nerveux autonome, intégrant les activités de nature émotionnelle¹¹¹. Comme pour la fréquence cardiaque, l'étude des EDR à la musique est explorée depuis près d'un siècle¹¹² et la mesure des variations de la conductance cutanée représente une technique récurrente dans ce domaine. En règle générale, il a été démontré dans de nombreux travaux que l'écoute de la musique provoquait des variations significatives de la conductance cutanée¹¹³. Dans de nombreux cas, la conductance cutanée a été étroitement liée à l'activation physiologique¹¹⁴. Certains auteurs ont, par exemple, rapporté des SCL plus élevés à l'écoute de musiques présentant des valeurs d'activation fortes et un caractère percussif par rapport à des musiques présentant des caractéristiques inverses¹¹⁵. Cependant, à l'image de la fréquence cardiaque, il existe un nombre réduit d'études ayant présenté des résultats inverses, bien que la grande majorité de ces recherches ait été conduite au cours du siècle dernier.

109. DAWSON, SCHELL et FILION, *op. cit.*

110. COX, Olivia D. *et al.*, « A review of clinical studies of electrodermal activity and transcranial magnetic stimulation », in : *Psychiatry Research* 329.115535, 2023.

111. BROWNE, *op. cit.*

112. HODGES, *op. cit.*

113. *Ibid.*

114. ZWAAG, Marjolein D. van der, JANSSEN, Joris H. et WESTERINK, Joyce H. D. M., « Directing physiology and mood through music : validation of an affective music player », in : *IEEE Transactions on Affective Computing* 4.1, 2013, p. 57-68.

115. ZWAAG, Marjolein D. van der, WESTERINK, Joyce H. D. M. et BROEK, Egon L. van den, « Emotional and psychophysiological responses to tempo, mode, and percussiveness », in : *Musicae Scientiae* 15.2, 2011, p. 250-269.

Limites de la méthode

Au-delà de LEDA et de la fréquence cardiaque, d'autres dimensions psychophysiologiques sont susceptibles d'être impliquées dans le cadre des émotions en musique. D'après la littérature, il apparaît, dans de nombreux travaux, que la musique aurait une incidence sur les processus biochimiques du corps, la respiration, la pression sanguine, le volume sanguin, la tension musculaire, la température corporelle, les réponses sympathiques du corps ou « *chills* » (par exemple le réflexe pilomoteur) et certains réflexes psychomoteurs (pupillaire, sursaut acoustique), la motilité gastrique ou encore la saturation en oxygène dans le sang¹¹⁶. Toutefois, comme le démontre Hodges, les différentes études sur le rapport entre les émotions musicales et chacune de ces dimensions respectives présentent systématiquement des conclusions contradictoires. En d'autres termes, comme nous l'avons souligné pour la fréquence cardiaque et la conductance cutanée, les auteurs ne sont pas unanimes sur l'existence d'un lien significatif entre les grandeurs psychophysiologiques et les émotions musicales.

Toujours selon Hodges, bien que ce champ de recherche connaisse un intérêt croissant dans les études depuis le début du siècle, l'étude des réponses psychophysiologiques en lien avec les émotions musicales ne concerne qu'une minorité de travaux (environ 25 %) au sein d'un corpus plus global. En effet, parmi l'ensemble des travaux mentionnés par l'auteur (158 articles cités), une grande majorité traite des réponses psychophysiologiques à la musique sans tenir compte des émotions (108), tandis qu'une autre partie se concentre spécifiquement sur les effets de la musique sur le stress ou l'anxiété (17)¹¹⁷. De plus, comme nous l'avons mentionné précédemment dans ce chapitre, ce domaine de la littérature présente une terminologie confuse et certains travaux sur les émotions musicales correspondent en réalité à des études dont l'objet relève davantage des sentiments ou des humeurs¹¹⁸.

Par ailleurs, certaines variables limitent considérablement les études dans ce domaine. Premièrement, le choix des musiques ou des extraits musicaux constituant la stimulation¹¹⁹, globalement audiocentré, n'est pas homogène et s'oriente vers des répertoires ou des genres musicaux spécifiques (musiques tonales issues du répertoire de la musique occidentale, musiques de film, musiques traditionnelles, issues de genres apparentés au jazz, à la pop ou encore au rock, etc.)¹²⁰. Deuxièmement, les réponses psychophysiologiques liées aux émotions musicales dépendent de variables individuelles et situationnelles¹²¹. En l'occurrence, Sachs et ses collègues ont, par

116. HODGES, *op. cit.*

117. *Ibid.*

118. *Ibid.*

119. ZWAAG, JANSSEN et WESTERINK, *op. cit.*

120. EEROLA et VUOSKOSKI, *op. cit.*

121. JUSLIN, *op. cit.*, p. 20-23.

exemple, récemment rapporté que la capacité d'une musique caractérisée comme triste à susciter chez des individus le plaisir ou le déplaisir (valeurs de valence) pouvait non seulement être influencée par l'esthétique (préférences individuelles), mais aussi par les traits de personnalité, par l'humeur au moment de la mesure, le contexte social ou culturel, ou encore les expériences relatives à la musique de chacun (expériences passées, niveau d'apprentissage, etc.)¹²². Concernant les variables situationnelles, le fait que les études soient majoritairement menées en laboratoire fait aujourd'hui l'objet de critiques. Plusieurs auteurs soutiennent que les conditions opératoires artificielles ne « permettent pas de saisir tous les aspects pertinents »¹²³ de l'expérience musicale et qu'il est, par conséquent, nécessaire d'étudier également les émotions musicales telles qu'elles apparaissent dans leur environnement naturel¹²⁴.

Ainsi, l'existence de ces limites confirme que, quelle que soit la technique employée, les mesures psychophysiologiques – comme pour les autres méthodes – ne peuvent suffire à elles seules à comprendre l'entière subtilité des mécanismes émotionnels complexes et évolués engagés à travers la musique. En définitive, les émotions musicales et les réponses à la musique en général dépendent, comme le souligne Juslin, d'une interaction complexe entre la musique, le récepteur et la situation¹²⁵. De ce fait, bien que les données psychophysiologiques présentent un caractère plus objectif que les données obtenues par autodéclaration, les conclusions relatives à leur rapport aux émotions musicales restent encore approximatives.

Intérêt des approches « multivariable » et « intégrative »

L'une des stratégies déployées dans la littérature afin de pallier les limites des mesures psychophysiologiques consiste à croiser différentes techniques de mesure. Cette stratégie définit aujourd'hui l'« approche multivariable » et s'oppose à l'approche dite « univariable » se reposant sur l'usage d'une technique ou d'une grandeur uniques. Les approches multivariées connaissent un intérêt croissant depuis ces vingt dernières années et sont aujourd'hui appliquées par un grand nombre de travaux dans le domaine des émotions musicales¹²⁶. Ces approches permettaient, selon certains auteurs, une « différenciation significative »¹²⁷ des émotions en musique contrairement

122. SACHS Matthew, R., DAMASIO, Antonio et HABIBI, Assal, « The pleasures of sad music : a systematic review », in : *Frontiers in Human Neuroscience* 9.404, 2015.

123. Notre traduction. Voir : JUSLIN, Patrick N. *et al.*, « Chapter 22. How does music evoke emotions? Exploring the underlying mechanisms », in : JUSLIN, Patrick N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 605-642.

124. *Ibid.*

125. JUSLIN, *op. cit.*, p. 22-23.

126. HODGES, *op. cit.*

127. Notre traduction. Voir : *ibid.*

aux approches univariables¹²⁸. Par conséquent, ce type d'approche est privilégiée pour vérifier les différentes hypothèses sur l'existence de modèles d'activité psychophysiologique spécifiques aux émotions musicales¹²⁹. En outre, plusieurs travaux ont fourni des preuves de l'existence de ces modèles au cours de ces dernières décennies, par exemple ceux de Krumhansl¹³⁰, de Nyklíček et ses collègues¹³¹, ou encore de Gomez et Danuser¹³², soulignant ainsi la pertinence d'adopter l'approche multivariable au détriment de l'approche univariable.

Enfin, dans le sillage des approches multivariables, plusieurs auteurs ont récemment suggéré de corrélérer les données obtenues *via* ces approches aux autres méthodes de mesure. Ainsi, un nombre croissant de travaux ont exploré ces dernières années une méthodologie expérimentale dite « intégrative »¹³³. Cette approche repose sur le couplage de plusieurs méthodes, telles que les méthodes psychophysiologique, autodéclarative, indirecte ou encore neuroscientifique (reposant sur les techniques d'imagerie cérébrale), afin d'obtenir des données plus exploitables pour établir des connaissances sur les émotions musicales. Bien qu'il n'existe pas encore de cadre théorique systématique pouvant guider les travaux émergeant dans ce domaine, cette perspective apparaît néanmoins prometteuse et définit à l'heure actuelle une tendance méthodologique particulièrement suivie.

6.3 Émotions musicales et stimulation vibrotactile

6.3.1 Cadre général

Dans le sillage des travaux sur les capacités de la modalité tactile à transmettre des informations abstraites et complexes, notamment initié par Geldard et les principes de codage associatif cités mainte fois dans ce travail de thèse de doctorat (cf. 5.1.2), la compréhension des mécanismes impliqués dans la génération de réactions affectives à travers cette modalité constitue un objet de recherche majoritairement exploré dans le domaine des HCI, des neurosciences et de la psychophysique au cours de ces vingt dernières années¹³⁴. En premier lieu focalisée sur les effets des stimuli mécaniques

128. NYKLÍČEK, Ivan, THAYER, Julian F. et DOORNEN, Lorenz J. P. van, « Cardiorespiratory differentiation of musically-induced emotions », in : *Journal of Psychophysiology* 11.4, 1997, p. 304-321.

129. HODGES, *op. cit.*

130. KRUMHANSL, Carol L., « An exploratory study of musical emotions and psychophysiology », in : *Canadian Journal of Experimental Psychology* 51.4, 1997, p. 336-353.

131. NYKLÍČEK, THAYER et DOORNEN, *op. cit.*

132. GOMEZ, Patrick et DANUSER, Brigitta, « Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion », in : *Emotion* 7.2, 2007, p. 377-387.

133. HODGES, *op. cit.*

134. LEDERMAN et KLATZKY, *op. cit.*

tactiles¹³⁵ ou haptiques, notamment produits lors des interactions sociales¹³⁶, une partie plus restreinte de la littérature, notamment représentée par la communauté de chercheurs autour des HCI, s'est récemment orientée vers l'étude des capacités des signaux vibrotactiles à médier des émotions¹³⁷ et vers la recherche de caractéristiques dans les interactions entre ces signaux et les réponses émotionnelles¹³⁸.

Deux approches principales se dégagent de nos jours dans ce domaine. La première approche, dominante dans la littérature, renvoie aux travaux sur la substitution sensorielle et repose sur l'usage des signaux vibrotactiles afin de renforcer l'expérience émotionnelle concrétisée dans d'autres modalités. La seconde approche, quant à elle, consiste à étudier la relation et les mécanismes impliqués uniquement entre les signaux vibrotactiles et les émotions. Ainsi, comme le soulignent Ju et ses collègues : « bien que les vibrations soient principalement étudiées en tant que modalité auxiliaire pour communiquer des émotions, l'étude de l'utilisation singulière de la modalité vibrotactile pour exprimer des sentiments/émotions n'est que peu explorée »¹³⁹. Toutefois, sans ignorer totalement les travaux fondés sur l'étude des émotions dans le cadre de la SAT¹⁴⁰, nous nous focalisons dans ce chapitre principalement sur la seconde approche au regard de notre problématique et des considérations apportées à ce travail de thèse de doctorat.

Médiation du toucher social

L'une des pistes les plus intéressantes explorées par les chercheurs pour susciter des réactions émotionnelles chez des individus à travers les signaux vibrotactiles concorde avec la découverte récente des fibres afférentes C-Tactiles (CT) et du mécanisme sensoriel hypothétique associé, nommé « toucher émotionnel » (cf. 4.1.3). L'hypothèse principale sur laquelle se fondent ces travaux, couramment appelée « hy-

135. HERTENSTEIN, Matthew J. et KELTNER, Dacher, « Touch communicates distinct emotions », in : *Emotion* 6.3, 2006, p. 528-533.

136. BAIENSON, Jeremy N. *et al.*, « Virtual interpersonal touch : expressing and recognizing emotions through haptic devices », in : *Human-Computer Interaction* 22.3, 2007, p. 325-353.

137. SALMINEN, Katri *et al.*, « Emotional and behavioral responses to haptic stimulation », in : *Proceedings of the 2008 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Florence : Association for Computing Machinery, 2008, p. 1555-1562.

138. HUANG, Hsinfu et HSIEH, Ming-Hsuan, « Tactile emotional coding : the perceptual linking of vibrotactile stimuli with basic emotions », in : *Proceedings of the 2019 IEEE 2nd International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)*, Seoul : IEEE, 2019, p. 134-137.

139. Notre traduction. Voir : JU, Yulan *et al.*, « Haptic empathy : conveying emotional meaning through vibrotactile feedback », in : *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Yokohama : Association for Computing Machinery, 2021, p. 1-7.

140. Comme nous le verrons plus loin, cette approche est principalement adoptée dans les rares travaux sur les émotions musicales à travers la modalité vibrotactile qui impliquent des individus sourds (cf. 6.3.2).

pothèse du toucher social », est qu'il est possible de reproduire, par l'intermédiaire de stimuli tactiles particuliers, certains gestes interpersonnels de nature affective produits lors d'interactions sociales entre individus, tels que les caresses, afin de provoquer, par l'activité des fibres CT, des réactions émotionnelles liées au plaisir. Plusieurs travaux ont ainsi exploré cette voie par l'intermédiaire de divers dispositifs reproduisant des stimuli tactiles et vibrotactiles. De nos jours, cette approche est généralement désignée dans la littérature par l'appellation « toucher social médié »¹⁴¹.

Par exemple, Löken et son équipe ont cherché à reproduire la sensation de caresse sur différentes zones de l'avant-bras des participants à travers un dispositif robotique muni d'une brosse souple montée sur un bras solidaire à un axe rotatif entraîné par un moteur¹⁴². L'ensemble du système moteur-brosse est monté sur un arbre vertical entraîné à son tour par un moteur linéaire pas à pas, de sorte que la force appliquée par la brosse perpendiculairement au bras des participants puissent être contrôlée. Grâce à ce dispositif, les chercheurs ont ainsi pu tester six vitesses de brossage différentes en fonction de deux forces d'application. Les mesures ont été réalisées sur deux sessions à l'aide de la technique microneurographique, appliquée sur différents types de fibre afférente (CT, SA I, SA II et des unités pileuses), couplée, dans la seconde session, à des autodéclarations fondées sur une évaluation de la valence (échelle de notation sur le caractère plaisant ou déplaisant). Les résultats rapportés suggèrent que les fibres CT répondent plus fortement aux stimuli présentés à des vitesses de brossage comprises entre 1 et 10 cm s⁻¹ (vitesses lentes)¹⁴³. En outre, ces vitesses ont également été évaluées comme étant les plus plaisantes chez les participants, démontrant ainsi une corrélation entre l'activité des fibres CT et le caractère plaisant de la stimulation à la base de la théorie du toucher émotionnel¹⁴⁴.

Dans leurs travaux, Haans et IJsselsteijn ont, quant à eux, étudié la possibilité de reproduire la sensation liée aux caresses sur la peau du bras à travers des stimuli vibrotactiles¹⁴⁵. Le but de leur étude était d'examiner si la stimulation vibrotactile était capable de remplacer une stimulation tactile naturelle produite par une personne tierce dans le renforcement du comportement altruiste de l'individu touché ou de son adhésion affective dans le cadre d'une requête lui étant adressée¹⁴⁶. Le dispositif

141. De l'anglais « *mediated social touch* ».

142. LÖKEN, Line S. *et al.*, « Coding of pleasant touch by unmyelinated afferents in humans », in : *Nature Neuroscience* 12.5, 2009, p. 547-548.

143. *Ibid.*

144. Notons que les tests menés par les chercheurs ont également porté sur la peau glabre de la main, région connue pour n'accueillir aucune population de fibre CT. Les résultats obtenus n'ont démontré aucun lien entre la vitesse de brossage et le caractère plaisant, renforçant ainsi le rôle attribué aux fibres CT. Voir : *ibid.*

145. HAANS, Antal et IJSSELSTEIJN, Wijnand A., « The virtual midas touch : helping behavior after a mediated social touch », in : *IEEE Transactions on Haptics* 2.3, 2009, p. 136-140.

146. Un phénomène sociale appelé « toucher de Midas ». Voir : *ibid.*

mis en œuvre par les chercheurs repose sur une manchette portée sur le bras des participants et sur laquelle sont répartis linéairement six transducteurs vibrotactiles capables, dans la configuration spatiotemporelle choisie, de délivrer une stimulation séquentielle. Bien que cette étude présente de nombreuses limites et n'aborde ni les émotions ni les fibres CT, les résultats démontrent que la stimulation vibrotactile délivrée était capable de supplanter un véritable toucher physique en présentant des qualités affectives et sociales similaires¹⁴⁷.

Dans ce sillage, Rantala et ses collègues ont cherché à savoir si la stimulation vibrotactile pouvait communiquer des émotions au sein d'un couple de participants en imitant certaines caractéristiques du toucher humain¹⁴⁸. Pour atteindre leur objectif, les chercheurs ont utilisé un système composé de deux dispositifs manuels portatifs similaires, sensibles à la pression exercée par les doigts et aux gestes tactiles digitaux. Quatre transducteurs vibrotactiles sont également intégrés aux dispositifs, de sorte que, une fois ces deux derniers couplés *via* une interface commune, les gestes produits par un participant sur l'un des dispositifs soient reproduits en signaux vibrotactiles sur le dispositif associé tenu par un autre participant séparé dans l'espace. Le principe du codage utilisé repose sur un mapping « *one-to-one* » selon lequel l'intensité de la stimulation est linéairement proportionnelle à la pression exercée et les gestes digitaux effectués sur la surface sensible activent le transducteur le plus proche spatialement de la zone de la surface touchée.

Dans la procédure appliquée, le participant émetteur devait produire une stimulation destinée au participant récepteur à partir d'instructions basées sur les dimensions du modèle *circumplex* (niveaux d'activation et de valence). De cette manière, les données ont été collectées à partir d'autodéclarations basées sur ces dimensions. Les résultats ont démontré que les stimuli basés sur la pression étaient plus efficaces pour communiquer des sensations intentionnellement définies comme désagréables et à valeur d'activation forte, tandis que les gestes digitaux explorant davantage le paramètre spatial étaient plus efficaces pour communiquer des sensations plaisantes et aux valeurs d'activation faibles¹⁴⁹. Néanmoins, certains travaux suggèrent que les signaux vibrotactiles sont inadaptés pour reproduire fidèlement les sensations de caresses et stimuler les fibres CT et, de ce fait, ne présentent pas un intérêt décisif dans les applications du toucher émotionnel et au regard de l'hypothèse du toucher social¹⁵⁰.

147. *Ibid.*

148. RANTALA, Jussi *et al.*, « Touch gestures in communicating emotional intention via vibrotactile stimulation », in : *International Journal of Human-Computer Studies* 71.6, 2013, p. 679-690.

149. *Ibid.*

150. MCGLONE, Francis, WESSBERG, Johan et OLAUSSON, Håkan, « Discriminative and affective touch : sensing and feeling », in : *Neuron* 82.4, 2014, p. 737-755.

Ainsi, Huisman et son équipe ont récemment émis l'hypothèse que les sensations de caresse produites artificiellement à partir de signaux vibrotactiles exploitant en particulier les illusions de mouvement pourraient engendrer des réponses émotionnelles liées au plaisir, c'est-à-dire similaires à celles provoquées par des caresses physiques réelles, mais sans nécessairement impliquer une stimulation des fibres CT¹⁵¹. Pour vérifier leur hypothèse, les auteurs ont mené une étude visant à déterminer si une matrice de transducteurs vibrotactiles pouvait reproduire les résultats obtenus dans les travaux de Löken et ses collègues abordés précédemment, en adaptant les paramètres de stimulation pour les rendre davantage exploitables au regard des signaux vibrotactiles. De ce fait, seules cinq valeurs de vitesses ont été conservées (0,5 ; 1 ; 3 ; 10 et 30 cm s⁻¹) et le paramètre de force a été remplacé par l'intensité (deux valeurs, haute et basse, établies à partir de la tension délivrée dans les actionneurs). Le dispositif matériel se présente sous la forme d'une manchette disposée sur l'avant-bras des participants et sur laquelle sont répartis, sur la face ventrale, quatre actionneurs vibrotactiles de type ERM. Le nombre d'actionneurs et la géométrie de leur répartition dans l'espace sont déterminés en utilisant un algorithme spécialement conçu dans la littérature pour ce type d'application, appelé « *Tactile Brush algorithm* »¹⁵².

Les résultats de cette étude ont démontré, d'une part, que la vitesse de la stimulation pouvait engendrer une modulation de l'intensité perçue chez les participants. En effet, les stimuli ayant une faible vitesse « ont été perçus comme plus intenses que les stimuli ayant une vitesse plus élevée, ce qui indique un effet de sommation temporelle »¹⁵³. D'autre part, la relation entre la vitesse des stimuli vibrotactiles et le caractère plaisant de la stimulation tend à décrire une courbe parabolique en « U » inversé¹⁵⁴. Ces résultats semblent ainsi indiquer que les « aspects affectifs du toucher sont plus fortement liés aux caresses douces »¹⁵⁵, rejoignant ainsi une part des conclusions formulées dans les travaux antérieurs de Löken et ses collègues. Par ailleurs, en utilisant des stimuli vibrotactiles peu impliqués dans l'activation des fibres afférentes CT, Huisman et son équipe suggèrent que la vitesse de la stimulation pourrait permettre de simuler, par le biais d'un processus cognitif faisant appel à notre expérience perceptive passée, les sensations de plaisir liées aux caresses réelles, sans que les fibres CT ne soient nécessairement stimulées. De ce fait, sur la base de ces travaux,

151. HUISMAN, Gijs *et al.*, « Simulating affective touch : using a vibrotactile array to generate pleasant stroking sensations », in : BELLO, Fernando, KAJIMOTO, Hiroyuki et VISELL, Yon, *Haptics : Perception, Devices, Control, and Applications. 10th International Conference, EuroHaptics 2016, London, UK, July 4-7, 2016, Proceedings, Part II*, Cham : Springer, 2016, p. 240-250.

152. ISRAR, Ali et POUPYREV, Ivan, « Tactile Brush : drawing on skin with a tactile grid display », in : *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Vancouver : Association for Computing Machinery, 2011, p. 2019-2028.

153. Notre traduction. Voir : HUISMAN *et al.*, *op. cit.*

154. *Ibid.*

155. Notre traduction. Voir : *ibid.*

les auteurs postulent que le rôle des fibres CT « n'est pas aussi central que le suggère l'hypothèse du toucher social »¹⁵⁶ et que les réponses affectives liées aux sensations de caresse peuvent être reproduites par des stimuli vibrotactiles basés sur les illusions de mouvement.

6.3.2 Signaux vibrotactiles et émotions musicales

Comme souligné précédemment, peu de travaux se sont intéressés à la médiation des émotions musicales à travers les signaux vibrotactiles, rendant les connaissances dans ce domaine encore confuses à l'heure actuelle¹⁵⁷. Au regard des deux approches décrites dans ce domaine, la majorité de ces travaux s'est concentrée sur la médiation d'informations émotionnelles contenues dans des sélections plus ou moins importantes d'extraits musicaux à travers des dispositifs de SAT. Cet objectif a notamment été poursuivi par Maria Karam et ses collègues à travers leurs travaux sur le MHC intégrant le système *Emoti-Chair* (cf. 5.2.3).

Par exemple, dans cette étude, les résultats rapportés, basés sur des données obtenues par la méthode autodéclarative à partir des deux approches catégorielle et dimensionnelle, suggèrent que les principes de codage FM et TM restituaient plus fidèlement les informations émotionnelles contenues dans les musiques choisies (répertoire de la musique classique) et écoutées dans la modalité auditive que le principe de codage CM¹⁵⁸. D'autres travaux intégrant le MHC, incluant notamment des participants sourds ou malentendants, sont parvenus à des conclusions similaires, bien que les informations relatives à la condition auditive des participants soient très limitées¹⁵⁹. Par ailleurs, les auteurs postulent que l'augmentation du nombre de canaux disponibles peut améliorer la restitution des émotions musicales¹⁶⁰.

L'un des autres principaux systèmes utilisés dans la littérature pour médier des émotions musicales à travers la modalité vibrotactile est le « *Pump-and-Vibe* »¹⁶¹. Ce système portatif repose sur une stimulation tactile à double modalité : une pompe à vide générant une pression variable sur le bras est couplée, *via* un microcontrôleur, à

156. Notre traduction. Voir : *ibid.*

157. REMACHE-VINUEZA, Byron *et al.*, « Mapping monophonic MIDI tracks to vibrotactile stimuli using tactile illusions », in : *Haptic and Audio Interaction Design*, London : Springer, 2022, p. 115-124.

158. KARAM, RUSSO et FELS, *op. cit.*

159. KARAM, Maria *et al.*, « Modelling perceptual elements of music in a vibrotactile display for deaf users : a field study », in : *Proceedings of the 2009 Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*, ACHI'09 : Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions, Cancun : IEEE, 2009, p. 249-254.

160. KARAM, RUSSO et FELS, *op. cit.*

161. FLETCHER, Mark D., « Can haptic stimulation enhance music perception in hearing-impaired listeners? », in : *Frontiers in Neuroscience* 15.723877, 2021.

huit actionneurs vibrotactiles de type ERM répartis linéairement sur l'avant-bras¹⁶². Le principe de cette conception singulière est, à l'image du système *Auris* (cf. 5.2.3), de transmettre une partie distinctive des informations musicales dans chacune des deux modalités. En l'occurrence, dans le principe de codage commun, les informations rythmiques liées aux pistes de basse sont transmises de manière pneumatique par l'intermédiaire de la pompe, tandis que les informations mélodiques sont transmises par les différents actionneurs vibrotactiles¹⁶³. Récemment, Haynes et ses collègues ont démontré que les principes de codage conçus pour ce système, appelés « *FeelMusic* », étaient capables de provoquer des réponses émotionnelles similaires aux réponses produites par l'écoute auditive de la musique¹⁶⁴.

En ce qui concerne la possibilité de susciter des émotions par la VMC, cette direction résulte de la seconde approche mentionnée précédemment appliquée ici dans le contexte des émotions musicales. L'interrogation centrale de cette approche réside, en l'occurrence, dans le fait de savoir si les signaux vibrotactiles sont capables de susciter à eux seuls des émotions musicales. En premier lieu supposée par Gunther et O'Modhain¹⁶⁵, la possibilité de répondre positivement à cette question a fait l'objet d'une poignée de recherches. Dans ses travaux de thèse de doctorat menés sur le *Vibrochord* couplé à l'*Emoti-Chair* (cf. 5.2.4), Carmen Branje a démontré que la VMC produite *via* ce système était capable de susciter de la joie et de la tristesse (émotions basiques) chez les participants¹⁶⁶. En outre, l'auteur souligne que le choix de l'émotion exprimée est corrélé à la modulation du tempo de la composition : plus le tempo augmente, plus la musique est jugée joyeuse par les participants et inversement¹⁶⁷. Par ailleurs, des corrélations similaires impliquant le tempo ont également été rapportées dans d'autres études impliquant des participants sourds¹⁶⁸.

Le renforcement de l'expérience musicale des individus sourds ou malentendants par l'usage des signaux vibrotactiles est, comme nous l'avons souligné antérieurement, un domaine de la littérature particulièrement exploré. Toutefois, la plupart des travaux inscrits dans ce domaine ne font en général aucunement mention des émotions. À notre connaissance, seules quelques contributions éparses ont mis en relation les

162. HAYNES, Alice *et al.*, « *FeelMusic* : enriching our emotive experience of music through audio-tactile mappings », in : *Multimodal Technologies and Interaction* 5.6, 2021, p. 1-21.

163. *Ibid.*

164. *Ibid.*

165. GUNTHER et O'MODHRAIN, *op. cit.*

166. BRANJE, *op. cit.*

167. *Ibid.*

168. Toutefois, il convient de souligner que la référence bibliographique invoquée par les auteurs pour appuyer leur propos renvoie vers un article indiqué comme étant en phase de soumission. Or, cet article n'a pas été publié depuis dans la revue indiquée et il n'existe pas d'équivalent publié dans la bibliographie des auteurs. À ce jour, il semble donc impossible de vérifier une telle conclusion. Voir : GOOD, Arla, REED, Maureen J. et RUSSO, Frank A., « Compensatory plasticity in the deaf brain : effects on perception on music », in : *Brain Sciences* 4.4, 2014, p. 560-574.

signaux vibrotactiles, les émotions musicales et les individus sourds ou malentendants. Au cours des deux précédentes décennies, à l'exception des études réalisées avec le MHC citées précédemment ou des travaux davantage orientés vers le visionnage de films ¹⁶⁹, ce champ de recherche n'a pas été davantage investi. De ce fait, comme le soulignent Schmitz, Holloway et Cho : « aucune conclusion ne peut encore être tirée sur l'efficacité des signaux de retour vibrotactiles pour transmettre des émotions intentionnelles à travers la musique à un utilisateur sourd profond [...] » ¹⁷⁰.

Pour combler cette lacune, les auteurs ont ainsi réalisé une étude visant à comprendre comment les personnes sourdes perçoivent les émotions transmises par la musique à travers les signaux vibrotactiles, délivrées notamment par un gilet vibrant du commerce (Subpac) ¹⁷¹. Cependant, cette étude n'a été publiée que sous la forme d'une prépublication (« *preprint* ») rendue accessible par les auteurs (depuis 2020). N'ayant pas été soumis pour une évaluation officielle par un comité éditorial d'une revue scientifique (« *peer-reviewed* ») et en l'absence d'une déclaration officielle d'absence de conflit d'intérêts, cet article ne peut donc être interprété, pour l'heure, qu'avec retenue. Bien que les résultats rapportés nécessitent d'être complétés par des travaux supplémentaires, cette étude fournit un cadre méthodologique et des données intéressantes en l'absence d'un corpus scientifique plus étendu sur la thématique explorée dans ce présent chapitre ¹⁷².

À la lumière de l'ensemble des connaissances abordé dans ce chapitre, les émotions musicales semblent constituer un axe pertinent pour forger un nouveau principe de composition pour la musique vibrotactile, visant à aboutir à une expérience musicale plus également partagée entre sourds et non sourds. Avant de définir et de poser les jalons de ce nouveau principe, nous proposons, dans le prochain chapitre, de porter un regard critique sur l'usage actuel des technologies audio-tactiles au sein des organismes de création et de diffusion musicales.

169. GARCÍA LÓPEZ, Álvaro *et al.*, « Emotion elicitation through vibrotactile stimulation as an alternative for deaf and hard of hearing people : An EEG study », in : *Electronics* 11.2196, 2022.

170. Notre traduction. Voir : SCHMITZ, Anastasia, HOLLOWAY, Catherine et CHO, Youngjun, « Hearing through vibrations : perception of musical emotions by profoundly deaf people », in : *arXiv :2012* 13265, 2020, p. 1-17.

171. *Ibid.*

172. Nous approfondissons les résultats de ces travaux au sein de la première étude expérimentale de cette thèse de doctorat (cf. 9).

CHAPITRE 7

Vers une *composition trajectorielle* de stimuli vibrotactiles

Sommaire du présent chapitre

7.1 Pour le développement d'un nouveau principe de codage musical à partir de signaux vibrotactiles	264
7.1.1 Problématiques de l'usage actuel des technologies audio-tactiles dans l'accès des publics sourds ou malentendants à la musique	264
7.1.2 Premier aspect critique : le statut subsidiaire des technologies audio-tactiles	271
7.1.3 Deuxième aspect critique : l'inégalité dans l'accès à l'expérience musicale	273
7.1.4 Troisième aspect critique : l'éloignement du principe d'accessibilité universelle	276
7.1.5 La musique vibrotactile : une voie alternative pour la création musicale partagée	278
7.2 Définition du principe de <i>composition trajectorielle</i>	279
7.2.1 Définition et principe théorique	280
7.2.2 Constitution des <i>paramètres trajectoriels</i>	281

Dans le chapitre précédent, nous avons abordé les différents signaux, principes de codage et paramètres utilisés pour transmettre des informations dans la modalité vi-

brotactile. De manière générale, les différents types de signaux exploités et la diversité des applications qui en résulte démontrent qu'un grand nombre d'informations peut être transmis dans cette modalité. Le potentiel soulevé par l'exploitation de ce canal se traduit notamment dans le domaine musical, où les signaux vibrotactiles sont intégrés à des DMI ou des interfaces spécifiques et sont utilisés pour coder des informations plus ou moins complexes selon l'usage recherché. En l'occurrence, nous nous sommes appuyé sur la typologie établie par Giornado, Sullivan et Wanderley (cf. 5.2.1) pour rappeler les différents types de signaux vibrotactiles exploités en musique, et décrire des exemples d'applications, de systèmes et de principes de codage mis en œuvre dans la littérature.

Une partie de cette littérature se consacre notamment à l'étude des applications potentielles de ces signaux dans le renforcement de l'expérience musicale sourde. Nous avons pu souligner que, parmi l'ensemble des principes de codage, des techniques et des systèmes élaborés, la plupart reposent sur l'exploitation des signaux de traduction, et notamment sur des techniques de SAT. En revanche, la VMC reste, dans ce cadre, un champ de recherche encore peu exploré. De manière générale, comme le soulignent Remache-Vinueza et son équipe à propos de la VMC : « le manque de compréhension de la réponse humaine aux arrangements de stimuli vibrotactiles et l'indisponibilité de la technologie appropriée limitent encore le développement de nouvelles applications »¹.

En dehors de la littérature scientifique, l'utilisation privilégiée de la SAT se concrétise également au sein des établissements culturels, où elle tend, à l'heure actuelle, à définir un moyen utilisé dans le cadre de l'accès des publics sourds ou malentendants à la musique. Bien que cette approche semble être adoptée par un nombre croissant de professionnels du spectacle vivant, elle génère pourtant des problématiques que nous identifierons et discuterons dans ce chapitre. Nous démontrerons en quoi la VMC pourrait représenter une solution viable face à ces problématiques et proposerons une piste de recherche à travers le développement de notre propre principe de codage musical.

7.1 Pour le développement d'un nouveau principe de codage musical à partir de signaux vibrotactiles

7.1.1 Problématiques de l'usage actuel des technologies audio-tactiles dans l'accès des publics sourds ou malentendants à la musique

1. Notre traduction. Voir : REMACHE-VINUEZA *et al.*, « Audio-tactile rendering : A review on technology and methods to convey musical information through the sense of touch ».

Accessibilité universelle

Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce travail de thèse de doctorat (cf. 3.1), les principes d'égalité des droits et des chances et la pleine participation des personnes des PSH constituent, à partir de la loi du 11 février 2005, le cadre d'une accessibilité « à tout pour tous » en tant que droit fondamental et obligation nationale. Concrètement, l'objectif de non-discrimination des PSH visé par cette loi et par l'accessibilité « doit notamment permettre des conditions d'accès aux prestations offertes par les ERP, publics et privés, équivalentes à celles des personnes valides »². Parmi les aménagements mis en œuvre par les établissements culturels pour permettre l'accès de leur offre culturelle aux PSH, une panoplie de dispositifs est ainsi déployée pour répondre « de façon adaptée aux besoins très spécifiques liés à certaines situations de handicap »³. Nous avons, par ailleurs, pu détailler une partie de ces dispositifs dans le chapitre correspondant à l'accès des publics sourds à la musique (cf. 3.1.2).

Cependant, pour correspondre aux exigences du modèle social d'inclusion, le principe de l'accès « à tout pour tous » ne vise pas seulement à répondre au besoin de participation de publics spécifiques, mais plus globalement de faire progresser « la qualité de vie et d'usage de tous ses membres »⁴ dans le respect de l'égalité des droits et des chances. Pour les professionnels du spectacle vivant comme pour l'ensemble de la société assujetti aux obligations légales correspondantes, il s'agit de prendre en compte à la fois les spécificités individuelles et de différents publics, tout en modulant l'environnement commun en fonction de ces spécificités. En d'autres termes, comme le résume Sandrine Sophys-Véret : « avant de penser spécifique, il s'agit de penser commun et de passer le commun au crible du spécifique »⁵. Ainsi, cet enjeu transversal est à la base d'une conception différente de l'accessibilité générale décrite précédemment, appelée « accessibilité universelle ».

L'accessibilité universelle est le fruit de la conjugaison de l'objectif d'accès « à tout pour tous » visé par l'accessibilité générale et du principe de « conception universelle ». La conception universelle – de l'anglais : « *universal design* » ou « *inclusive design* » – est définie par l'Article 2 de la Convention des Nations Unies relative aux droits des personnes handicapées⁶ comme étant : « la conception de produits, d'équipements, de programmes et de services qui puissent être utilisés par tous, dans toute la mesure du possible, sans nécessiter ni adaptation ni conception spéciale ». Encouragée en

2. MERCIER, *op. cit.*, p. 16.

3. *Ibid.*

4. *Ibid.*

5. SOPHYS-VÉRET, *op. cit.*

6. Adoptée le 13 décembre 2006, entrée en vigueur le 3 mai 2008 et ratifiée par la France le 18 février 2010. Voir : <https://www.un.org/development/desa/disabilities-fr/la-convention-en-bref-2.html>, (visité le 26-10-2022).

premiers lieux dans les textes internationaux⁷, l'application de ce processus au cœur de la politique culturelle des ERP demeure l'un des grands objectifs des politiques gouvernementales en faveur du handicap depuis une vingtaine d'années⁸.

Dans une démarche visant à renforcer la chaîne d'accessibilité dans son ensemble, l'un des enjeux de la conception universelle est de renforcer « la qualité des espaces, des équipements et de l'accueil du public qui s'adresse à tous »⁹. Toutefois, toujours selon Sandrine Sophys-Véret : « l'idéal d'accessibilité universelle suppose de réexaminer absolument tous les dispositifs de la chaîne d'accessibilité quelle qu'en soit la nature [...] »¹⁰. Or, de nos jours, force est de constater que, au sein des établissements culturels, l'utilisation des dispositifs spécialisés, considérés comme complémentaires à ceux mis en œuvre dans le sillage de l'accessibilité universelle, domine encore très largement et semble systématique. Il en résulte que la plupart de nos environnements musicaux jugés accessibles reposent sur des aménagements adaptés et dont l'usage se destine à certains publics cibles, preuve que la conception universelle « ne s'est pas encore imposée dans les milieux professionnels »¹¹.

Comme nous allons le voir dans le cadre de cette thèse de doctorat, ce constat peut être souligné à travers l'usage actuel des technologies audio-tactiles comme dispositifs d'accès des publics sourds ou malentendants à la musique.

Usage des technologies audio-tactiles chez les professionnels du spectacle vivant

Cette dernière décennie a vu naître un véritable essor pour l'usage des technologies audio-tactiles chez les professionnels du spectacle vivant et autres organismes de création et de diffusion musicales. L'arrivée depuis une dizaine d'année de ces technologies sur le marché plus global de l'équipement électronique audio grand public, mais aussi professionnel, constitue une opportunité intéressante pour les établissements culturels et les structures chargées de diffuser une offre musicale¹². Ainsi,

7. L'Article 4 de la Convention précédemment citée définit comme obligation générale : « entreprendre ou encourager la recherche et le développement de biens, services, équipements et installations de conception universelle, [...], encourager l'offre et l'utilisation de ces biens, service, équipements et installations et encourager l'incorporation de la conception universelle dans le développement des normes et directives ».

8. Cet objectif figure notamment dans le dernier dossier de presse du Comité Interministériel du Handicap en date du 6 octobre 2022. Voir : <https://handicap.gouv.fr/comite-interministeriel-du-handicap-du-6-octobre-2022>, (visité le 26-10-2022).

9. MERCIER, *op. cit.*

10. SOPHYS-VÉRET, *op. cit.*

11. LEMOINE, *op. cit.*

12. Notons que cet engouement ne se limite pas uniquement au territoire français. Voir : DREMPETIC, Cassandra et POTTER, Leigh Ellen, « Wearable bass tactile sound systems and immersion », in : *Proceedings of the 29th Australian Conference on Computer-Human Interaction*, Brisbane : Association for Computing Machinery, 2017, p. 576-580.

comme l'expliquent Mélanie Hénault-Tessier et son équipe : « en plus du recours à des technologies ordinaires [...], le numérique est également mobilisé dans des dispositifs hybrides d'amplification sensorielle : sacs à dos vibrants, caissons vibrants, colonne lumineuse et vibrante »¹³. Cette mobilisation semble investir de plus en plus d'établissements en France, qui optent pour l'acquisition de ces technologies afin de les implanter directement au sein de l'environnement de concert, par exemple en proposant des services de prêt d'équipements aux usagers pendant la durée du spectacle. Cette démarche est, par ailleurs, régulièrement rapportée dans des articles de presse chaque année, témoignant que l'engouement pour l'usage de ces technologies dans un tel cadre est également partagé dans la sphère médiatique.

D'une part, en s'inscrivant dans l'étendard de dispositifs pourvus dans le cadre de l'accessibilité, ces technologies peuvent représenter une offre supplémentaire au regard de l'obligation nationale de mise en œuvre de dispositions adaptées impulsée par la loi de 2005. D'autre part, l'introduction de ces nouvelles technologies dans les lieux de concert fait écho à une volonté de recherche d'innovations, en lien ou non avec le handicap, particulièrement valorisée auprès des organismes de financements publics ou privés. En effet, comme le rapportent Hénault-Tessier, Christophe et Negrel : « la présence de technologies au service de l'accessibilité dans les festivals et dans les concerts facilite l'obtention de subventions »¹⁴. Par exemple, comme le démontre le dernier rapport d'activité en date du Centre National de la Musique (CNM), les aides financières accordées peuvent à la fois relever du soutien à la « mise en conformité des salles de spectacle en activité » (571 500€ répartis auprès de 20 structures en 2021), à l'« innovation » (création en 2021 d'un programme d'aide dédié), ou encore à l'« investissement des diffuseurs de spectacles » (programme de 30 millions d'euros voté en 2021) visant, entre autres, à renforcer l'« expérience spectateur, notamment numérique »¹⁵.

Parmi les technologies audio-tactiles introduites dans les salles de spectacle, les gilets vibrants – ou « sac à dos vibrants » – semblent, à l'heure actuelle, connaître un certain succès par rapport aux autres dispositifs. Là où les colonnes ou les planchers vibrants (mobilier) sont bien souvent issus d'une fabrication artisanale et présentent des formes hétérogènes d'une salle à une autre, les gilets vibrants sont des produits industriels ciblant différents marchés (écoute musicale en concert, en studio ou domestique, jeux vidéo, cinéma, expérience de Réalité Virtuelle (VR), etc.) et largement distribués à travers le globe. Leur fabrication reste nettement dominée par des en-

13. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

14. *Ibid.*

15. THIELLAY, Jean-Philippe, *Rapport d'activité 2021*, Paris : Centre National de la Musique (CNM), 2022.

treprises étrangères, notamment nord-américaines, bien que certains acteurs locaux aient également tenté l'expérience ces dernières années¹⁶.

Nous pouvons citer en exemple les firmes emblématiques SubPac (SubPac Inc.) ou Woojer (Woojer Inc. ; Woojer Ltd.), qui forment l'étendard principal des produits utilisés en France par les professionnels du spectacle vivant à l'heure actuelle¹⁷. D'autres dispositifs reposant sur une conception similaire existent à une échelle locale à travers la planète¹⁸, voire pourraient être commercialisés dans un avenir proche, à l'initiative, par exemple, des jeunes entreprises et startup françaises attirées par la dynamique de ce marché. Citons en exemple la startup SoundX (Sound Exploration Technologies), actuellement en phase de développement et de prototypage d'un produit en vue d'une mise sur le marché¹⁹, ou encore Actronika²⁰, dont la stratégie de recherche et développement a récemment abouti à la soutenance d'un travail de thèse de doctorat *via* une Convention Industrielle de Formation par la Recherche (CIFRE)²¹.

En termes d'ergonomie, les gilets vibrants se présentent sous la forme d'HMP portatifs individuels. Contrairement aux systèmes de sonorisation de concert courants ou aux autres dispositifs vibrotactiles mentionnés précédemment, leur usage se destine, à l'instar d'un casque audio par exemple, à un utilisateur unique, bien qu'une même source de signal audio puisse alimenter plusieurs dispositifs à la fois. Toutefois, la conception portative des gilets vibrants ne limite pas l'utilisateur à un espace prédéfini²²,

16. C'est le cas de l'entreprise BassMe (Société Studio Duroy), qui commercialisait jusqu'à récemment le VMP du même nom sous la forme d'un caisson de basse personnel pouvant être porté à la poitrine. Créée en 2018, l'entreprise a initié une procédure de liquidation judiciaire simplifiée en mars 2022. Voir : <https://www.societe.com/societe/studio-duroy-834262016.html>, (visité le 27-10-2022).

17. L'usage des produits SubPac au sein du festival nantais Hip OPsession fait notamment l'objet de discussions dans l'article de Mélanie Hénault-Tessier, Thibault Christophe et Nathalie Negrel. Voir : HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

18. Par exemple, les HMP portatifs mis en œuvre par le collectif américain Not Impossible Labs, ou encore, dans un tout autre domaine, à travers l'installation artistique *The Intimate Earthquake Archive* (2016, 2018, 2020) de l'artiste danoise Sissel Marie Tonn et l'artiste sonore germano-américain Jonathan Reus. Voir : <https://jonathanreus.com/portfolio/the-intimate-earthquake-archive/>, (visité le 04-11-2023).

19. *Via* un partenariat notable avec la Philharmonie de Paris. Soulignons également que, comme écrits plus haut à propos des financements publics sur l'aide à l'innovation, SoundX a récemment été lauréat du Prix de l'innovation 2023 lors de la 2nd édition des Rencontres de l'innovation dans la musique organisées par le CNM à Tourcoing. La startup s'est vue récompensée d'une dotation à hauteur de 50 000 €. Voir : <https://cnm.fr/le-prix-de-linnovation/>, (visité le 23-07-2023).

20. <https://fr.actronika.com/>, (visité le 23-07-2023).

21. RICHARDS, Claire, « Wearable sound : integrative design for hearing and feeling vibrations », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Nicolas MISDARIIS et de Roland CAHEN, Paris, Sorbonne Université, 2023.

22. Généralement inscrite dans le cadre du handicap et de l'accessibilité, la mise en place d'espaces dédiés aux publics sourds ou malentendants dans les salles de concert ou les festivals est une pratique

permettant ainsi d'ouvrir leur utilisation aux expériences de concerts prévues en position assise ou debout. L'avantage d'une telle caractéristique est également rapporté par Hénault-Tessier et son équipe, qui soulignent que, selon les participants à l'étude, l'usage du mobilier vibrant est, à l'inverse, conditionné par sa disposition dans l'espace parfois éloignée de la scène et qui tend à isoler les utilisateurs²³. À l'image d'un sac à dos traditionnel, le port s'effectue à l'aide de sangles et de bretelles ajustables à la morphologie de l'utilisateur, afin que la surface de contact entre ce dernier et le dispositif soit la plus optimale. Suivant les préférences du porteur et le caractère compatible de la conception de ces dispositifs, les gilets vibrants peuvent également être portés sur la poitrine, en configuration ventrale, configuration qui les désigne alors davantage comme des « gilets vibrants »²⁴. Notons également que l'usage des gilets vibrants destiné à des personnes sourdes ou malentendantes a notamment fait l'objet d'un travail académique en ergothérapie²⁵.

L'acquisition et l'intégration de ces technologies auprès des structures professionnels constituent une offre « *business to business* »²⁶ existante depuis une dizaine d'années et qui s'articule autour d'une chaîne d'acteurs facilitant considérablement ces processus auprès des clients tels que les salles de concert ou les festivals musicaux. Par exemple, le principal distributeur et intégrateur de ces produits en France est la société TiMMPi, qui commercialise la solution « Immersive Live » destinée à rendre accessible l'expérience de concert aux publics sourds ou malentendants, à favoriser la mixité des publics, ou encore à renforcer « l'immersion » dans l'expérience d'écoute de la musique²⁷. La liste de leurs clients, disponible sur leur site web²⁸, fournit, par ailleurs, un indicateur intéressant pour évaluer le déploiement de ces technologies au

encore courante de nos jours, que ce soit en France ou aux États-Unis d'Amérique (USA) à travers les « *Deaf Zone* ». Voir : HOLMES, *op. cit.*

23. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

24. Dans l'étude de Hénault-Tessier et son équipe au sein du festival Hip OPsession, certains participants sourds ont, par exemple, déclaré que la stimulation dorsale pouvait être gênante. Cette gêne peut notamment être provoquée par le fait que certaines personnes sourdes n'apprécient pas être stimulées dans le dos, car cette zone du corps échappe à la vision comme mode de perception privilégiée de l'environnement extérieur et des dangers potentiels. En outre, ayant nous-même assisté à plusieurs concerts mettant en œuvre ces technologies, le port des gilets vibrants en configuration ventrale est courant lors d'expériences de concert en place assise, en particulier pour des raisons de confort qui n'est pas optimal lorsque le dispositif est porté dans le dos. Voir : *ibid.*

25. DELALEU, Fanny, « Le gilet vibrant comme moyen d'accessibilité à la musique pour un public sourd et malentendant », Mémoire de fin d'étude écrit sous la direction de Béatrice DENÈGRE, Mons, Haute École Condorcet, 2021.

26. Plus communément désignée par les acronymes « B2B » ou « BtoB » dans le monde de l'entrepreneuriat.

27. <https://www.timmpi.com/fr/immersive-live/>, (visité le 27-10-2022).

28. <https://www.timmpi.com/about-us/>, (visité le 27-10-2022).

sein des ERP et des lieux de diffusion de la musique en France²⁹. En outre, la grande diversité de cette clientèle, notamment en termes de taille et de moyens financiers et techniques, démontre que ce type de dispositifs, associé aux services de distribution, fait preuve d'une flexibilité d'adaptation.

Ainsi, la facilité d'installation, la flexibilité et la grande compatibilité des gilets vibrants en tant que HMP sont des aspects supplémentaires qui peuvent expliquer le succès actuel de ces dispositifs auprès des professionnels du spectacle vivant. Dans les faits, ceux-ci offrent à l'utilisateur une solution technologique permettant de reproduire le signal audio d'un concert (global ou de certaines parties spécifiques) pour le faire ressentir dans la modalité vibrotactile. Dans les faits, un service de prêt gratuit pour ces publics est, le plus souvent, mis en place par les établissements culturels³⁰. Au-delà de l'argument commercial valorisant le renforcement de l'immersion de l'expérience d'écoute avancé par les fabricants et les distributeurs, l'usage de ces dispositifs en concert est généralement introduit, chez les professionnels du spectacle vivant, dans le cadre de l'accessibilité et est principalement adressé aux personnes sourdes ou malentendantes.

Chez certaines structures, l'obligation de mise en conformité n'est pas l'unique motivation qui conduit à la décision d'acquérir ces technologies. Par exemple, la labélisation Scènes de Musiques Actuelles (SMAC), qui concerne quatre-vingt-douze structures en France, implique la mise en place d'une politique dite de « développement durable » dans laquelle l'accessibilité des PSH peut s'inscrire comme l'une des composantes. De ce fait, l'acquisition de l'équipement audio-tactile est systématiquement inscrite dans un projet d'« action culturelle » généralement financé par des fonds publics issus de collectivités (régionaux ou européens), des fonds mécénaires et philanthropiques, ou encore, pour des contributions plus mineures, par le fonds de développement propre à chaque établissement.

En revanche, il est couramment admis dans la littérature que les technologies audio-tactiles présentent néanmoins certaines limites dans la reproduction des signaux musicaux. De manière générale, les différences fonctionnelles entre la perception vibrotactile et la perception auditive, notamment en termes de plage de fréquences perceptible, apparaissent le plus souvent comme la principale contrainte à laquelle doit faire face la plupart des études abordant ces interactions transmodales

29. On trouve, entre autres, des ERP de première catégorie et des institutions musicales prestigieuses, telles que la Philharmonie de Paris, les Zénith d'Amiens ou de Nantes, des opéras en région et différentes scènes nationales, mais également des événements et associations proches de la sphère culturelle sourde et signante (festival Clin d'Œil, plateforme CultureLSF association Deux mains sur scène, etc.).

30. Ce service est par exemple proposé sur demande des publics sourds ou malentendants par l'association culturelle et salle de concert lilloise l'Aéronef. Voir : <https://aeronef.fr/lexperience-subpac/>, (visité le 27-10-2022).

et amenées à concevoir des dispositifs vibrotactiles musicaux³¹. En ce qui concerne les gilets vibrants comme moyen d'accessibilité, Hénault-Tessier et son équipe soulignent également que : « ressenties seules, les vibrations ont une capacité d'émouvoir qui reste limitée »³². En définitive, ce sont soit les capacités neurophysiologiques et perceptives de la modalité vibrotactile à être un canal de réception de la musique, soit la capacité des vibrations elles-mêmes à véhiculer les qualia et le contenu émotionnel de l'expérience musicale qui sont mises en cause.

Dans une tout autre approche, nous soutenons dans ce travail de thèse de doctorat que, si des problématiques existent, celles-ci résident en premier lieu dans l'usage fait de ces technologies au sein des lieux de concert, qui constitue, de nos jours, et de manière paradoxale, un frein à l'accessibilité et à l'idéal l'inclusion visé par les politiques publiques. Notre critique visant l'usage actuel de ces technologies dans les salles de spectacle s'établira sur trois points : le statut subsidiaire conféré à ces technologies ; les inégalités résultantes dans l'accès à l'expérience musicale ; ainsi que l'éloignement par rapport au principe d'accessibilité universelle.

7.1.2 Premier aspect critique : le statut subsidiaire des technologies audio-tactiles

Le premier aspect de notre critique résulte de la proposition de valeur énoncée par les fabricants et les distributeurs des technologies audio-tactiles à destination de leurs clients et leurs utilisateurs finaux. L'un des items phares apparaissant dans la plupart des propositions de valeur courantes de ces entreprises promeut, comme nous l'avons mentionné précédemment, la capacité de ces technologies à renforcer « l'immersion » dans l'expérience d'écoute de la musique. Par exemple, cet argument de vente est avancé par l'entreprise TiMMPi à travers sa solution Immersive Live, qui explique que « les fréquences transmises [...] ajoutent une dimension physique permettant de ressentir toutes les subtilités des univers sonores des spectacles, expériences ou projections »³³. Cette notion d'immersion est également mise en avant chez les fabricants SubPac³⁴ et Woojer³⁵.

Bien que cet argument ne s'adresse pas spécifiquement aux publics sourds ou malentendants, mais semble cibler plus généralement des utilisateurs entendants, celui-ci attribue à ces technologies et, par extension, à la modalité vibrotactile, un

31. Cette limite est, par exemple, évoquée dans les travaux de Karam et de son équipe sur le MHC. Voir : KARAM *et al.*, « Towards a Model Human Cochlea : sensory substitution for crossmodal audio-tactile displays ».

32. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

33. <https://www.timmpi.com/fr/immersive-live/>, (visité le 28-10-2022).

34. <https://subpac.com/what-is-the-subpac/>, (visité le 28-10-2022).

35. <https://www.woojer.com/>, (visité le 28-10-2022).

statut subsidiaire dans l'expérience musicale qui fait écho à la conception audiocentriste de la musique (cf. 3.2.2). En d'autres termes, l'utilisation de ces technologies, selon cette conception, se résume à exploiter un canal de stimulation sensorielle supplémentaire au sein d'une expérience musicale qui, bien que renforcée dans son caractère multimodal, reste prioritairement auditive³⁶. En un sens, un parallèle peut être fait avec la fonctionnalisation du chansigne en tant que dispositif d'accessibilité. Dans le cas du chansigne comme dans celui de ces technologies, leur intégration au sein du concert est tributaire de productions musicales préexistantes et apparaît *a posteriori* du processus de création initial (cf. 3.3.1).

Pour l'heure, l'usage des technologies audio-tactiles chez les professionnels répond essentiellement à la nécessité de rendre le patrimoine musical – globalement audio-centré – accessible à ces publics. Cependant, comme le soulignent Hénault-Tessier et son équipe : « selon ce que nous disent unanimement les sourds et malentendants, [...], le “plaisir” que procurent les vibrations naît surtout de leur articulation à ce qui est vu et à ce qui peut être entendu »³⁷. L'importance de ces propos est multiple. D'une part, ils nous rappellent que, lors d'un concert de musique, les « vibrations » ne se limitent pas à la stimulation délivrée par les dispositifs audio-tactiles tels que les gilets vibrants, mais désignent plus communément les vibrations transmises au corps *via* l'air par les systèmes de sonorisation ordinaires. Bien qu'il puisse représenter une gêne d'ampleur chez certains individus sourds³⁸, notamment appareillés, pour d'autres, ce mode de perception corporel se suffit à lui seul. Dans cette situation, l'usage d'un dispositif supplémentaire « ne fait pas naturellement sens »³⁹ et n'est alors pas perçu comme une nécessité, voire peut être jugé inutile. Comme le précise Octavia Rioual : « leur rôle semble être plus *additionnel* : elles font partie de différentes mesures [...] visant à développer l'expérience sensorielle du public sourd lors du festival »⁴⁰.

D'autre part, car l'intérêt des dispositifs audio-tactiles ne se révèle, selon les auteurs, que dans leur « articulation » avec d'autres dimensions de l'expérience musicale en concert qu'ils soutiennent. Ainsi, l'usage des gilets vibrants chez les publics sourds ou malentendants n'a de pertinence qu'une fois intégrés dans « un environnement

36. Nous discutons notamment de cet aspect, ainsi que des aspects critiques à suivre, au sein d'un article. Voir : BRICENO, Alban, « La “corpauralité” comme point de départ d'un nouveau système musical : la piste du Vibrotactile Space Trajectory Model (VibSTraM) », in : ASTASA [En ligne], 2021, URL : <https://www.astasa.org/2021/12/22/la-corpauralite-comme-point-de-depart-dun-nouveau-systeme-musical/>.

37. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

38. Comme l'explique la musicologue Octavia Rioual : « l'amplification sonore permet d'explorer le ressenti vibrotactile de la musique en augmentant la puissance de ses ondes, décuplant leur impact sur notre corps. Cependant, cette technique reste limitée, même auprès du public sourd, car elle peut provoquer un certain sentiment d'inconfort selon le degré de surdité ». Voir : RIOUAL, *op. cit.*, p. 173.

39. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

40. RIOUAL, *op. cit.*, p. 186.

aménagé pour permettre un rapport visuel et linguistique à la musique [...] »⁴¹. Leur intérêt repose donc en grande partie sur leur portabilité et leur fonctionnalité « sans fil » permettant à l'utilisateur de se déplacer dans l'espace du concert – lorsque ce déplacement est autorisé – sans être contraint par le *sweet spot* induit par les systèmes acoustiques traditionnels, ou par un placement n'offrant pas une visibilité satisfaisante sur la performance d'un chansigneur sur scène ou retransmise sur un écran⁴². Cet usage apparaît donc ici fortement situationnel, voire exceptionnel, dans la mesure où l'intérêt de cet équipement s'efface, par exemple, lors de concerts en position assise, où lorsque que l'expérience n'intègre aucune dimension visuelle ou linguistique liée au chansigne.

En définitive, la conception audiocentrée qui caractérise l'usage de ces technologies, existante chez les professionnels du spectacle vivant en bout de chaîne, écarte toute possibilité que la modalité vibrotactile puisse être considérée comme une modalité de création musicale à part entière. Or, comme nous l'avons vu, ce champ est pourtant celui exploré par la VMC, qui pourrait constituer une voie intéressante afin que les sourds ou les malentendants puissent dépasser le statut de public en situation de handicap pour atteindre celui d'acteurs dans la création musicale et, ainsi, se rapprocher davantage de la « pleine participation ». Un objectif qui, au demeurant, représente non seulement l'un des items clés de l'accessibilité culturelle en France (cf. 3.1.1), mais également un droit fondamental défini par les textes internationaux (cf. 3.1).

7.1.3 Deuxième aspect critique : l'inégalité dans l'accès à l'expérience musicale

Comme souligné précédemment, l'objectif d'égalité des droits et des chances visé par la loi de 2005 sous-tend le principe d'accessibilité, qui « doit notamment permettre des conditions d'accès aux prestations offertes par les ERP, publics et privés, équivalentes à celles des personnes valides »⁴³. Au-delà de l'accès des publics sourds ou malentendants aux outils de la création musicale, qui constitue le premier objet de notre critique, les conditions d'accès à l'expérience d'écoute de la musique par l'intermédiaire des technologies audio-tactiles que proposent, à l'heure actuelle, de nombreux professionnels du spectacle vivant à ces publics, peuvent également être discutées. En outre, il s'agit de s'interroger sur la pertinence de ces dispositifs à répondre à l'objectif primaire d'égalité des droits et des chances. Si l'usage qui est fait de ces technologies par les professionnels vise effectivement à s'inscrire dans ce

41. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

42. Ce que la musicologue Jessica A. Holmes nomme des « lignes de vues dégagées ». Notre traduction. Voir : HOLMES, *op. cit.*

43. MERCIER, *op. cit.*, p. 16.

sens, l'expérience concrète du concert, en tant que récepteur, est-elle pour autant réellement égalitaire ?

Globalement destinées à rendre le patrimoine musical accessible aux publics sourds ou malentendants, ces technologies permettent de « traduire » – selon le terme couramment usité dans la presse, par les distributeurs ou les professionnels du spectacle vivant eux-mêmes – le signal audio d'un concert afin de le restituer dans la modalité vibrotactile. De ce fait, le principe de codage utilisé pour permettre cet accès repose pleinement sur des signaux de traduction et, en l'occurrence, sur la SAT. Si l'usage de ces technologies comme dispositifs de SAT permet bien de donner *un* accès à ces publics, il est, en revanche, impossible de considérer cet accès comme étant entier et égalitaire. Comme nous l'avons abordé précédemment avec l'approche critique de la substitution sensorielle (cf. 5.1.3), l'usage dominant de la SAT induit, par essence, une forme d'inégalité dans l'accès à l'expérience musicale. En outre, cet exemple illustre parfaitement l'un des aspects visés par les discours critiques en faveur de la « suppléance perceptive » abordés précédemment (cf. 5.1.3).

En premier lieu, en reproduisant le signal audio dans la modalité vibrotactile, les technologies audio-tactiles font, selon cet usage, de l'expérience musicale « réelle » du concert une expérience « simulée », ou plutôt « adaptée », et, par conséquent, *a fortiori* différente, rompant ainsi avec le principe d'égalité et s'éloignant de celui d'accessibilité universelle⁴⁴. Ce contraste met donc en lumière un exemple de paradoxe entre la finalité de l'accessibilité et les moyens mis en œuvre sur le terrain qui, par l'usage qui en résulte, suivent parfois une direction inverse et contreproductive. Cette problématique d'éloignement des enjeux d'accessibilité au bénéfice de l'usage prétendument propice de ces technologies dans les lieux de culture fait ainsi directement écho à la distinction entre accessibilité et responsivité (cf. 3.1)⁴⁵. Car, si l'introduction de ces technologies dans les structures de diffusion de la musique peut rendre accessible une *forme* d'expérience musicale aux publics sourds ou malentendants, il n'est pas pour autant garanti que cette expérience soit responsive pour ces publics⁴⁶.

En second lieu, l'expérience délivrée par l'utilisation des gilets vibrants apparaît, dans les faits, souvent incomplète et insatisfaisante aux yeux des usagers comme des professionnels. Au-delà de simuler l'expérience « réelle », le principe de codage exploité, fondé sur la transformation du signal audio en stimuli vibrotactiles selon la technique de la SAT, réduit, voire passe sous silence, des dimensions à la fois musicales

44. L'éloignement du principe d'accessibilité universelle constitue plus précisément l'objet du troisième aspect de notre critique à suivre.

45. LEMOINE, *op. cit.*

46. Cette distinction est notamment matérialisée dans l'étude menée par Hénault-Tessier et son équipe, dans laquelle les chercheurs rapportent que la pertinence des gilets vibrants en situation de concert ne fait pas l'unanimité chez les usagers sourds. Voir : HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

– propres à l'œuvre – et visuelles de l'expérience de concert. Par exemple, certaines tessitures, les timbres d'instruments et registres instrumentaux, tout ou partie d'une mélodie, des procédés de composition, des éléments visuels relatifs à l'expérience de concert (la spatialisation des instruments dans l'orchestre par exemple), ou encore la dynamique des gestes ou de la performance des musiciens sur scène sont des exemples d'items qui semblent encore n'être reproduit que de manière très limitée par les gilets vibrants actuels⁴⁷. Par ailleurs, l'abstraction des informations vues et entendues sur scène en une reproduction limitée dans la modalité tactile fait écho au discours tenu par l'artiste plasticienne et sonore sourde Christine Sun-Kim décrivant plus largement le ressenti des vibrations amplifiées dans une expérience musicale auditive et visuelle comme « physiquement et émotionnellement désorientant »⁴⁸. En outre, il n'existe aucune étude sur les impacts potentiels de l'effet de masquage lors de la reproduction d'œuvres musicales par l'intermédiaire de ces dispositifs, notamment basée sur des œuvres présentant un effectif instrumental complexe ou un nombre de pistes important⁴⁹.

Ces limitations techniques peuvent avoir pour conséquences : l'émergence de frustrations et le désintérêt progressif des usagers pour ces technologies – supplantant parfois l'enthousiasme généré par leur découverte – ou encore la désaffectation des ces technologies par les professionnels, entraînant un usage qui, dans le meilleur des cas, se détourne des objectifs initiaux, ou, à l'inverse, se raréfie, voire s'arrête intégralement. Nous avons pu constater ce phénomène au cours de nos observations menées sur le terrain à l'occasion de plusieurs événements et d'échanges multiples avec des professionnels travaillant dans des salles de concert de la métropole lilloise. Ces derniers, lors de ces échanges, soulignaient par exemple que les gilets vibrants étaient davantage utilisés aujourd'hui comme dispositifs de médiation autour du handicap sensoriel destinés à un public entendant et que l'utilisation dans le cadre du service de prêt aux usagers sourds étaient paradoxalement exceptionnelle. Ce « glissement » d'un dispositif d'accessibilité vers un dispositif de médiation se faisant, cet équipement restent alors globalement inactifs au regard de l'offre culturelle globale, engendrant un épiphénomène d'obsolescence du à l'usure progressive des accumulateurs électriques dans le temps. Cette problématique ne soulève donc pas seulement des enjeux

47. Il convient de noter que le projet TOTEM mené à L'Aéronef vise justement à pallier ces limites techniques par le développement d'un dispositif plus performant et davantage en adéquation avec les besoins réels exprimés par les publics. Voir : PATÉ, Arthur *et al.*, « TOuch ThE Music : Displaying live music into vibration », in : *Haptic and Audio Interaction Design*, London : Springer, 2022, p. 3-13.

48. Notre traduction. Voir : HOLMES, *op. cit.*

49. Cet usage est par exemple celui proposé aux publics sourds ou malentendants lors du festival la Folle Journée de Nantes dans le but de permettre un accès aux concerts de musique classique, même lorsque ceux-ci présentent parfois des effectifs orchestraux symphoniques. Voir : <https://www.follejournee.fr/page/accessibilite>, (visité le 02-11-2022).

éthiques ou juridiques – ceux de l'égalité des droits et des chances et de l'accessibilité au regard de la loi, mais également des enjeux financiers et environnementaux.

Enfin, comme pour le reste de la panoplie de dispositifs techniques liée à l'accessibilité aux côtés desquels les gilets vibrants viennent se greffer, les outils en eux-mêmes sont des moyens isolés qui peuvent participer à rendre accessible à un public spécifique une expérience de concert musicale. Toutefois, ces moyens ne sont en général pas suffisants à eux seuls pour garantir le bon fonctionnement de la chaîne d'accessibilité au regard de l'ensemble des dimensions comprises dans cette notion (cf. 3.1.1)⁵⁰. L'accès à l'information, les actions de médiation, la communication ou encore la formation des équipes d'accueil sont autant d'éléments nécessaires pour que l'usage de ces technologies puisse être compris et connu des publics⁵¹.

7.1.4 Troisième aspect critique : l'éloignement du principe d'accessibilité universelle

La conception universelle, qui est une composante du principe général d'accessibilité universelle, repose sur « la conception de produits, d'équipements, de programmes et de services qui puissent être utilisés par tous, dans toute la mesure du possible, sans nécessiter ni adaptation ni conception spéciale » (cf. 7.1.1). Précédemment, nous avons souligné que l'adaptation de l'expérience musicale du concert aux publics sourds ou malentendants, générée par la SAT comme principe de codage utilisé par les technologies audio-tactiles, induisait *de facto* un éloignement du principe d'accessibilité universelle. Toutefois, avant même de définir cette adaptation comme cause de cet éloignement, ce dernier est, au-delà de la SAT, principalement provoqué par la spécialisation de ces dispositifs à usage de ces publics.

Dans le cadre des mesures d'accessibilité actuellement en vigueur chez la plupart des professionnels du spectacle vivant ayant recours à ces technologies, les conditions de prêt des dispositifs vibrants désignent les publics sourds ou malentendants comme étant les utilisateurs principaux, voire exclusifs⁵². De ce fait, le statut donné à ces

50. Un article journalistique publié sur le média en ligne Culturelink relate par exemple cet état de fait. Voir : <https://www.culturelink.fr/tendances/accessibilite-les-gilets-vibrants-se-democratisent-et-se-mutualisent>, (visité le 23-05-2023).

51. L'absence de protocole visant l'usage des dispositifs audio-tactiles à destination des publics sourds ou malentendants intégrant l'ensemble de ces aspects est également une critique récurrente qui est formulée par les professionnels du spectacle vivant et dont nous avons pu prendre acte durant nos échanges sur le terrain à ce sujet.

52. La plupart des structures de diffusion de la musique présentent, sur leur site web, une section dédiée à l'accessibilité. Le prêt de matériels audio-tactiles, tels que, par exemple, les gilets vibrants, est généralement présenté comme une offre d'accessibilité destinée essentiellement aux publics sourds ou malentendants.

technologies est donc similaire à celui des autres dispositifs techniques mis en œuvre dans le cadre de l'accessibilité, et leur usage est rendu spécifique à un type de public défini comme en étant le bénéficiaire.

Or, d'une part, comme le soulignent Hénault-Tessier et son équipe : « cette utilisation des technologies [audio-tactiles] les ramène à un statut d'aide technique qui réactualise une approche médicale dénoncée par certaines personnes sourdes et prolonge la logique d'appareillage [...] »⁵³. De cette perspective, l'intérêt des personnes sourdes pour ces technologies est donc limité, comme le souligne Octavia Rioual : « les technologies créées spécialement pour les sourds ne sont pas celles qui ont le plus de succès »⁵⁴. D'autre part, alors même que les préconisations ministérielles orientent l'adoption de solutions qui « doivent éviter de présenter un caractère distinctif trop stigmatisant difficile à vivre pour les utilisateurs et les visiteurs »⁵⁵, Sandrine Sophys-Véret nous rappelle que : « développer une approche uniquement centrée sur l'accessibilité dédiée aux publics handicapés conduit à la mise en place de dispositifs dits spécifiques qui peuvent induire une mise en marge des publics en situation de handicap »⁵⁶.

Dans le cas du mobilier vibrant, dont l'installation est fortement dépendante de l'espace disponible (au sens du cadre bâti), cette mise en marge est, à l'instar des places destinées aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR) dans les salles de concert, de nature spatiale et correspond davantage à une forme de concrétisation du modèle social d'insertion que de celui de l'inclusion. En ce qui concerne les gilets vibrants, bien que ceux-ci, HMP portatifs, favorisent davantage de mixité dans l'environnement du concert, leur usage en tant que dispositifs dédiés aux personnes sourdes ou malentendantes en font, à l'instar des prothèses auditives (cf. 1.3.4), des marqueurs visibles de l'altération et de leur écart supposé au regard de la norme dominante⁵⁷. Ainsi, cet usage stigmatisant s'éloigne diamétralement du principe d'accessibilité universelle, au sens où ces technologies ne peuvent, à travers les modalités de prêt définies par les professionnels du spectacle vivant, être utilisées « par tous, dans toute la mesure du possible ».

Cependant, au regard des aspects précédemment traités, la mise en œuvre d'un environnement musical universellement accessible, répondant pleinement à l'idéal d'inclusion, est une démarche qui, au-delà de la seule responsabilité des professionnels du spectacle vivant, correspond à une « mise à l'épreuve des relations entre des producteurs, des auditeurs, des musiques et des dispositifs »⁵⁸. Le risque dans l'usage

53. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

54. RIOUAL, *op. cit.*, p. 154.

55. Voir : <https://www.culture.gouv.fr/>, (visité le 05-11-2022).

56. SOPHYS-VÉRET, *op. cit.*

57. WINANCE, *op. cit.*

58. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

actuel de ces technologies est que la conception des futurs dispositifs audio-tactiles chez les fabricants, en début de chaîne, soit modulée en bout de chaîne par l'expression de besoins éloignés des enjeux réels de l'accessibilité culturelle, dans une perspective cyclique de réponse à une demande. En définitive, comme le souligne Sandrine Sophys-Véret, cette démarche « suppose de réexaminer absolument tous les dispositifs de la chaîne d'accessibilité »⁵⁹, quelles qu'en soient la nature et la provenance, y compris à travers les problématiques traitées par la recherche scientifique sur ce sujet.

Ainsi, l'ensemble de ces aspects critiques constitue un premier argument en faveur de l'élaboration d'environnements musicaux innovants, mettant en jeu, dans une perspective à la fois inclusive et égalitaire, des dispositifs : conçus selon les principes de l'accessibilité universelle, prévus pour répondre pleinement à la demande de participation des individus et utilisable par tous et dans toute la mesure du possible.

7.1.5 La musique vibrotactile : une voie alternative pour la création musicale partagée

Au-delà des discussions autour de l'usage des technologies audio-tactiles, nous avons vu que la création musicale en chansigne pouvait aboutir à des productions bilingues, caractérisées par la co-présence des LS et des langues vocales (cf. 3.3.1). En se structurant autour d'un espace d'expression artistique mixte, partagé entre sourds et entendants, ces productions bilingues fournissent un cadre d'expression qui neutralise tout rapport à l'accessibilité et au handicap. Dans la mesure où la performance en chansigne peut être accomplie par des signants, communauté ouverte aux sourds comme aux entendants, ce cadre met en œuvre une égalité de traitement dans la création faisant directement écho au principe même d'accessibilité comme « moyen de placer l'utilisateur au cœur du projet et d'offrir à chacun une culture commune »⁶⁰.

En l'occurrence, la culture musicale commune offerte par le chansigne comme forme d'expression renvoie à l'idée d'une culture signante actuellement émergente. Toutefois, cette émergence connaît une forme de résistance dans la mesure où elle se construit autour de l'exploitation de la LS comme critère définitoire commun. Or, l'idée que la LS puisse concourir à la création d'une culture commune se confronte à la concurrence des discours biomédicaux ou différentialistes.

Ainsi, l'enjeu d'explorer la modalité vibrotactile en musique comme modalité de création à part entière pour la composition de la musique vibrotactile⁶¹ est de

59. SOPHYS-VÉRET, *op. cit.*

60. *Ibid.*

61. Si le terme apparaît dans la littérature, notamment dans les travaux de Carmen Branje sur le *Vibrochord* (cf. 5.2.4), il n'existe à notre connaissance aucune tentative de définition de cette musique.

proposer, au regard des problématiques soulevées précédemment, une bifurcation artistique, en dehors du cadre du handicap, des logiques excluantes et de toute mise en concurrence avec les cultures et les formes d'expression existantes. Sans précédents historiques pouvant induire une posture différentialiste, cette voie alternative pourrait ainsi aboutir à la création d'une culture musicale commune entre sourds, entendants et malentendants. Nous suggérons que les potentialités offertes par cette voie pourraient garantir la possibilité à tous de participer pleinement en tant qu'acteurs et récepteurs, en dehors de toute injonction liée à l'état fonctionnel d'un système sensoriel et en respect des différences individuelles et du « traitement de droit commun »⁶².

En outre, comme nous l'avons vu, les études en psychophysique ne semblent pas dégager pour l'heure de différences significatives majeures dans la perception vibrotactile entre populations sourdes et non sourdes (cf. 4.2.5). Ces résultats renforcent ainsi l'idée que la modalité vibrotactile pourrait constituer une fondation objectivement neutre pour l'élaboration d'une culture musicale commune, conformément au principe d'égalité des droits et des chances dans l'accès à la culture et aux pratiques artistiques.

Par conséquent, en nous inscrivant dans cette démarche systémique et au regard des problématiques relatives à l'usage des technologies audio-tactiles identifiées précédemment, nous soutenons la nécessité de concevoir notre propre principe de « composition »⁶³ des signaux vibrotactiles pour la musique vibrotactile. En s'appuyant sur l'ensemble des principes étudiés dans les chapitres précédents, en particulier sur ceux fondés sur les signaux de langage appliqués à la musique, notre proposition repose sur un principe de « *composition trajectorielle* », que nous allons définir dans la section suivante.

7.2 Définition du principe de *composition trajectorielle*

Comme le soulignent Remache-Vinueza et son équipe : « la VMC a été utilisée comme une nouvelle ressource pour permettre aux artistes de composer pour le sens du toucher, et donc comme une opportunité pour les utilisateurs malentendants de percevoir les compositions musicales au moyen de stimuli vibrotactiles [...] »⁶⁴. De notre point de vue, nous soutenons que le potentiel offert par la VMC, et plus

Nous proposons donc de définir la musique vibrotactile comme étant une musique qui présente une organisation dans le temps et l'espace de vibrations, en tant que matériau exclusif à sa composition, dont la reproduction sur la peau se destine à une écoute corpaurale.

62. SOPHYS-VÉRET, *op. cit.*

63. Si l'usage de la notion de « principe de codage » provient de la littérature en IHM, elle apparaît selon nous peu adaptée en musique. C'est pourquoi nous préférons, dans le contexte musical, employer celle de « principe de composition » dans la suite de cette thèse de doctorat.

64. Notre traduction. Voir : REMACHE-VINUEZA *et al.*, *op. cit.*

globalement par la musique vibrotactile, dépasse ce cadre et pourrait permettre de fonder un environnement musical garantissant à tous – sourds, malentendants et entendants – une participation sociale égalitaire.

En outre, au regard des principes de codage musicaux déjà expérimentés dans la littérature, il apparaît que l'exploitation des illusions de mouvement tactiles présente « un bon potentiel en tant que ressource pour la composition »⁶⁵, et que « la création d'une compilation de séquences de motifs qui évoluent dans le temps [cf. principe du codage associatif] est plus significative pour les utilisateurs [...] »⁶⁶. Toutefois, du fait de la rareté des travaux menés sur le sujet, aucun principe de codage en VMC, exploitant ou non les illusions de mouvement tactiles et répondant ou non à l'enjeu d'accessibilité, ne semble faire consensus à l'heure actuelle.

Ainsi, nous suggérons que le principe de codage associatif (cf. 5.1.2) associé à l'exploitation des illusions de mouvement vibrotactiles (cf. 4.2.4) forment un couplage intéressant pour le développement de notre propre proposition de principe de codage musical. Sur la base du principe existant dans cette approche mis en œuvre par Giordano, Sullivan et Wanderley (cf. 5.2.4), nous proposons donc notre contribution en définissant un nouveau principe baptisé « *composition trajectorielle* ».

7.2.1 Définition et principe théorique

La *composition trajectorielle* est un principe de codage musical associatif des signaux vibrotactiles qui repose sur une organisation spatiotemporelle de motifs de stimuli dynamiques (évoluant dans le temps) appelés *trajectoires*. Apparentés aux *tactons* spatiotemporels, ces trajectoires sont formés de stimuli répartis sur différentes localisations spatiales (locus) et activés séquentiellement dans le temps (stimulation dynamique) afin de produire chez le récepteur une sensation d'illusion de mouvements continus relative aux mécanismes psychophysiques de l'effet phi tactile (cf. 4.2.4).

L'originalité de ce principe réside dans le fait que la répartition et l'activation des stimuli constituant les trajectoires peuvent être contrôlées pour générer un répertoire de trajectoires prédéfinies. La VMC consiste alors, selon ce principe, à organiser dans le temps (concaténation) et dans l'espace (superposition) ces trajectoires, afin que celles-ci puissent être ressenties par le récepteur sur la peau grâce à l'effet phi et *via* un VMP approprié. D'une certaine manière, la notion de trajectoire décrite ici peut s'inscrire comme une extension au domaine vibrotactile de la notion de

65. Notre traduction. Voir : *ibid.*

66. Notre traduction. Voir : *ibid.*

« trajectoires d'espace » traditionnellement utilisée en musique électroacoustique et en interprétation spatiale des sons fixés sur support dans le domaine auditif⁶⁷.

Les possibilités créatrices qu'ouvre l'exploitation d'un tel principe viennent ainsi enrichir, de manière complémentaire, celles offertes par la stimulation statique, à l'image des principes de codage introduits, par exemple, par Maria Karam et son équipe (cf. 5.2.3). Par ailleurs, il n'est pas exclu que la VMC puisse se confondre avec les systèmes musicaux existants en musique « audibles », ou encore les formes d'expression visuogestuelles, pour former ainsi des compositions multimodales dans lesquelles chacune des modalités sensorielles se trouve pleinement exploitée.

Par exemple, à l'image de la notion de « trajectoire d'espace » précédemment mentionnée, les connaissances en matière d'exploitation du paramètre d'espace et sa caractérisation approfondie en musique électroacoustique peuvent être reprises et adaptées au domaine vibrotactile pour décrire les possibilités de création et de jeu offertes par la *composition trajectorielle*. Ainsi, exploiter la *composition trajectorielle* en VMC relève également du principe de « composition spatiale »⁶⁸ cher à la musique électroacoustique. Une lecture de la *composition trajectorielle* par le prisme de la spatialisation des musiques électroacoustiques permet alors d'envisager le processus de création en VMC comme un « discours d'espace »⁶⁹, mobilisant une « écriture spatiale »⁷⁰ des stimuli vibrotactiles dans laquelle l'enchaînement de trajectoires peut alors conduire à la formation d'une « mélodie d'espace »⁷¹.

7.2.2 Constitution des *paramètres trajectoriels*

La *composition trajectorielle* ajoute aux paramètres de contrôle standards des signaux vibrotactiles – tels que la fréquence, la forme d'onde, l'intensité, ou encore le locus (localisation)⁷² – des *paramètres trajectoriels* (cf. TAB. 7.1), librement inspirés de

67. D'après Bertrand Merlier, une trajectoire d'espace en musique électroacoustique est définie comme le « déplacement d'un même objet sonore dans l'espace géographique ». Voir : MERLIER, Bertrand, *Vocabulaire de l'espace en musiques électroacoustiques*, Musique / Pédagogie, Sampzon : Éditions Delatour France, 2006, p. 190.

68. « Action de positionner ou de mettre en mouvement des objets sonores [ici des stimuli vibrotactiles] dans un espace créé par le compositeur ». Voir : *ibid.*, p. 40.

69. « Enchaînement d'un ensemble d'événements d'espace présentant une certaine cohérence sur la durée ». Voir : *ibid.*, p. 59.

70. « Manière d'écrire, de composer, d'agencer les sons, qui favorise la perception de l'espace ». Voir : *ibid.*, p. 69.

71. « Procédé d'écriture consistant à enchaîner des successions d'espaces sonores (ou d'objets sonores porteurs de critères d'espace évidents) [cf. les trajectoires vibrotactiles] à la façon d'une mélodie de notes ou de timbres ». Voir : *ibid.*, p. 121.

72. Dont le contrôle est particulièrement pertinent en stimulation statique pour les systèmes multicanaux.

la cinématique⁷³ et du vocabulaire de l'espace en musique électroacoustique⁷⁴, pour caractériser et moduler la production des différentes trajectoires vibrotactiles :

- Le paramètre d'espace définit les caractéristiques morphologiques des trajectoires : leur position de départ et d'arrivée; leur longueur totale; leur orientation, qui comprend à la fois les sous-paramètres de sens (ascendant ou descendant, gauche ou droite, horaire ou antihoraire) et de direction de la stimulation (verticale, horizontale, radiale, tangentielle. La variation de ces paramètres et leur combinaison constituent des possibilités de variations multiples pouvant former une typologie spatiale – ou typologie morphologique – de trajectoires. Ces dernières peuvent notamment être de type : rectiligne (linéaire), curviligne (décrivant une courbe), circulaire (rotation autour d'un point) ou libre.
- À l'instar de la cinématique, les trajectoires, donnant lieu à des illusions de mouvement, sont caractérisées temporellement par leur durée, leur vitesse et leur accélération, d'une manière similaire à « l'allure » en spatialisation des musiques électroacoustiques⁷⁵. Nous supposons que ces deux derniers paramètres sont respectivement modulés par les variations de la durée de stimulation globale et des durées d'intervalle ISI et SOA et sont en interaction (la variation de la vitesse dépend de la variation de l'accélération)⁷⁶. Par exemple, plus la durée de stimulation globale est réduite, plus la vitesse de la trajectoire est importante. Une variation de l'ISI ou du SOA, quant à elle, entraîne une variation de l'accélération et donc, de ce fait, de la vitesse. Ainsi, les valeurs temporelles des trajectoires obtenues définissent leur nature, cette dernière pouvant ainsi être : uniforme (vitesse constante; accélération nulle)⁷⁷; variée (accélération et vitesse variables); ou uniformément variée (variation constante de l'accélération et de la vitesse).

73. La cinématique est, dans sa définition basique, le « domaine de la mécanique lié aux mouvements des corps ». Voir : <https://www.universalis.fr/dictionnaire/cinematique/>, (visité le 05-11-2022).

74. MERLIER, *op. cit.*

75. *Ibid.*, p. 87.

76. La modulation de la vitesse par la durée de stimulation est connue dans la modalité visuelle depuis les travaux de Neuhaus en 1930. Voir : NEUHAUS, W., « Experimentelle Untersuchung der Scheinbewegung », in : *Archiv für die Gesamte Psychologie* 75, 1930, p. 315-458.

77. Selon la théorie de la cinématique, une accélération nulle n'aboutit à un mouvement uniforme que dans le cas d'un Mouvement Rectiligne Uniforme (MRU). De ce fait, notre formulation est en théorie impropre dans le cas d'une trajectoire circulaire, dans laquelle une accélération dite centripète existe nécessairement et ne peut donc être nulle. Toutefois, nous précisons que la *composition trajectorielle* s'inspire librement de la cinématique sans en appliquer rigoureusement les principes. Les mouvements dont il est question à travers ce principe résultent d'illusions (succession temporelle de stimuli statiques) qui ne correspondent à aucune réalité physique.

Musique vibrotactile			
<i>Paramètres trajectoriels</i>		Paramètres standards	
Spatiaux ^a		Temporels ^b	Fréquence
Position		Durée	Intensité / Amplitude
Longueur		Vitesse	Forme d'onde / Timbre
Orientation		Accélération	Locus (localisation)
Sens	Direction		
Ascendant	Sagittale ^c		
Descendant	Azimutale ^d		
Gauche	Radiale ^e		
Droite	Tangentielle		
Horaire			
Antihoraire			

TABLEAU 7.1 – *Paramètres trajectoriels* du principe de composition éponyme.

a. Définissent la morphologie des trajectoires selon la typologie générale suivante : rectiligne, curviligne, circulaire, libre.

b. Définissent l'allure des trajectoires, c'est-à-dire leur évolution dans le temps.

c. Aussi appelée « élévation » ou direction « verticale ».

d. Aussi appelée direction « horizontale ».

e. Aussi appelée direction « oblique ».

Raison d'être de l'approche expérimentale

Sommaire du présent chapitre

Hypothèses théoriques	285
Question de recherche expérimentale	287
Considérations méthodologiques	287

Hypothèses théoriques

Au regard :

- des fondements de l'expérience musicale sourde traités en 3.2, intégrant les principes généraux d'incarnation musicale et de corporalité (cf. 3.2.2) ;
- des possibilités offertes par la modalité vibrotactile à travers l'ensemble des mécanismes psychophysiques décrit en 4.2 ;
- des défauts soulignés en 5.2.3 et 7.1.1 visant la capacité des systèmes haptiques et vibrotactiles à reproduire les qualia et le contenu émotionnel (émotions exprimées) de la musique ;
- des travaux effectués dans la littérature scientifique sur les principes de codage exploitant des vibrations en musique (cf. 5.2) et de l'absence de consensus sur l'adoption d'un principe de codage commun en VMC ;
- des travaux sur la médiation du toucher social (cf. 6.3.1) ;
- des travaux mettant en œuvre l'usage de signaux vibrotactiles pour médier des émotions musicales, impliquant ou non des personnes sourdes ou malentendantes (cf. 6.3.2) ;
- des problématiques de l'usage actuel des technologies audio-tactiles chez les professionnels du spectacle vivant identifiées en 7.1.2, 7.1.3 et 7.1.4 ;

- de la pertinence discutée en 7.1.5 d'exploiter la modalité vibrotactile et la VMC face à l'enjeu d'accessibilité des publics sourds ou malentendants à la musique;
- de l'originalité que présente le principe de *composition trajectorielle* (cf. 7.2) dans le spectre des principes existants;

nous affirmons, en premier lieu, qu'il n'existe pas de preuve significative que les dispositifs de SAT utilisés chez les professionnels du spectacle vivant – dans le cadre de l'accessibilité à la musique des personnes sourdes ou malentendantes – puissent transmettre les émotions exprimées par la musique, en particulier lorsque ces technologies ne sont pas impliquées dès le processus de création. Au-delà des critiques que nous avons pu établir précédemment, il s'agit ici de questionner et de vérifier, dans le sillage des éléments rapportés par Mélanie Hénault-Tessier et son équipe⁷⁸ et des observations que nous avons pu mener auprès des professionnels, la pertinence de l'usage de ces dispositifs à l'aune du cadre spécifique des émotions musicales. Dans ce cadre, nous proposons donc :

- **l'hypothèse théorique n° 1** selon laquelle les émotions exprimées par la musique sont *dégradées* lors de la SAT et que cette dégradation s'observe dans la correspondance entre les émotions exprimées par la musique et les émotions perçues chez les populations sourdes et non sourdes.

En second lieu, aucun travaux n'a cherché, à notre connaissance, à exploiter les illusions de mouvement vibrotactiles pour exprimer des émotions musicales. Pourtant, il apparaît que les résultats rapportés dans certains travaux qui ne s'inscrivent pas dans un contexte ou dans une application musicales (que ce soit en SAT ou en VMC) peuvent fournir des fondements empiriques et théoriques pour la formation du principe de *composition trajectorielle* et des *paramètres trajectoriels* qui le constituent. Par exemple, les travaux sur la médiation du toucher social par des signaux vibrotactiles ont permis de mettre en lumière l'existence d'une relation entre la vitesse et l'intensité de la stimulation et le caractère plaisant de cette dernière chez des participants entendants⁷⁹. Les auteurs indiquent par ailleurs « qu'il serait intéressant d'utiliser différents paradigmes expérimentaux [...] pour générer des stimuli de caresses plus complexes »⁸⁰.

Ainsi, nous suggérons qu'il est possible que la corrélation mise en lumière dans les travaux sur la médiation du toucher social entre la vitesse de la stimulation et le caractère plaisant ou déplaisant de cette dernière est reproductible dans un contexte musical tel que celui de la VMC et à travers la *composition trajectorielle*. C'est pourquoi nous proposons :

78. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

79. HUISMAN *et al.*, *op. cit.*

80. Notre traduction. Voir : *ibid.*

- **l'hypothèse théorique n° 2** selon laquelle la *composition trajectorielle* permet d'exprimer des émotions musicales pouvant être perçues par des utilisateurs sourds et non sourds.

En outre, dans la mesure où ce présent travail de thèse de doctorat répond à des problématiques dans l'accès à l'expérience de la musique des populations sourdes ou malentendantes et à des enjeux décrits précédemment (cf. 7.1.5), notre contribution expérimentale adoptera une approche comparative visant, au regard du principe d'accessibilité universelle (cf. 7.1.1), la participation d'individus sourds et non sourds. De ce fait, nous proposons comme dernière hypothèse théorique :

- **l'hypothèse théorique n° 3** selon laquelle les émotions musicales exprimées par l'intermédiaire de la *composition trajectorielle* peuvent être identifiées (émotions perçues) et que cette identification est partagée par les individus sourds et non sourds.

Question de recherche expérimentale

À la lumière des hypothèses théoriques exposées, l'objectif de ce présent travail de thèse de doctorat est de déterminer dans quelle mesure la *composition trajectorielle* peut favoriser la mise en œuvre d'une expérience musicale également partagée entre individus sourds et non sourds (entendants ; malentendants).

Considérations méthodologiques

Afin de répondre à notre question de recherche principale et conformément aux hypothèses théoriques qui ont menées à sa formulation, nous avons décidé de conduire deux études comparatives, impliquant à la fois des participants sourds et non sourds.

L'étude n° 1 (cf. 9) s'inscrit dans une perspective visant à vérifier, à partir d'une méthodologie expérimentale propre à la psychologie cognitive et affective, les propos collectés dans les travaux de la littérature concernant la capacité des gilets vibrants à transmettre les émotions exprimées par la musique chez les publics sourds ou malentendants. Pour se faire, notre méthodologie s'appuie sur l'usage d'un gilet vibrant du commerce pour diffuser une sélection d'extraits de musiques de film issue du *Film Music Stimulus Set* (FMSS)⁸¹ selon deux conditions opératoire d'écoute différentes (audio + vibrations ; vibrations + masquage audio). Les jugements émotionnels des participants à l'écoute des extraits (données autodéclaratives) sont collectés à partir

81. EEROLA et VUOSKOSKI, *op. cit.*

du modèle dimensionnel à trois dimensions (activation, valence et plaisir) et d'une échelle de Likert *Self-Assessment Manikin Scale* (SAM) à 5 points.

L'étude n° 2 (cf. 10) reprend le paradigme de l'étude précédente pour l'appliquer à l'évaluation de la capacité de la *composition trajectorielle* à exprimer des émotions chez les participants. Sur la base des connaissances connues de la littérature, les stimuli consistent en des séquences de VMC créées pour exprimer des dimensions émotionnelles spécifiques (activation, valence et plaisir) à partir de la variation de la vitesse et de l'intensité des trajectoires. Pour exploiter les paramètres de la *composition trajectorielle* et diffuser ces séquences, un VMP est spécifiquement conçu pour les besoins de l'étude (cf. 8).

Troisième partie

Contribution expérimentale

CHAPITRE 8

Méthode générale

Sommaire du présent chapitre

8.1 Conception du dispositif	292
8.1.1 Cahier des charges, choix et définition du système	292
8.1.2 Choix des matériaux et de la configuration du VMP	297
8.1.3 Choix du type et de la répartition spatiale des actionneurs vibrotactiles	303
8.1.4 Intégration du VMP au dispositif expérimental	313
8.2 Production des stimuli vibrotactiles et des trajectoires	316
8.2.1 Principe	316
8.2.2 Description des outils utilisés et implémentation des <i>para-</i> <i>mètres trajectoriels</i>	317
8.2.3 Techniques de production de trajectoires	321

8.1 Conception du dispositif

8.1.1 Cahier des charges, choix et définition du système

Description générale et objectifs du dispositif expérimental

Au regard de la définition du principe de *composition trajectorielle* (cf. 7.2), de la question de recherche principale (cf. 7.2.2), ainsi que des connaissances abordées au sein du chapitre précédent sur les émotions musicales (cf. 6), nous visons à ce que notre dispositif expérimental doive :

- intégrer un VMP présenté dans une configuration portable, sous forme d'installation ou hybride en fonction des contraintes définies par le cahier des charges à suivre ;
- être en mesure de diffuser des séquences de stimuli préprogrammées répondant aux caractéristiques de la *composition trajectorielle* ;
- pouvoir exécuter, collecter de manière synchronisée à la stimulation et enregistrer des données psychophysiologiques à partir d'un ou de plusieurs appareils de mesure ;
- pouvoir délivrer des informations variées (texte, images ou vidéos) et soumettre un ensemble de questions aux participants ;
- collecter et enregistrer les données autodéclaratives résultant des questions posées afin qu'elles puissent être traitées *a posteriori*.

Cahier des charges du système de stimulation vibrotactile

Au-delà des objectifs formulés précédemment incombant au dispositif expérimental, le système de stimulation vibrotactile doit répondre à un ensemble de contraintes venant déterminer les choix effectués pour sa conception. Ces contraintes et les solutions envisagées pour y pallier représentent notre cahier des charges à suivre et sont détaillées comme suit :

1. Contrainte d'accès aux populations : les populations visées par notre étude peuvent être peu enclines à l'idée de devoir être contraintes à se déplacer physiquement pour accéder au lieu de passation des tests, en particulier si le dispositif se présente sous la forme d'une installation fixe et donc assujettie à un espace spécifique (laboratoire). De plus, les populations sourdes ou malentendantes étant minoritaires sur les campus universitaires et, par extension, dans notre société, il peut être difficile de parvenir à y accéder. De ce fait, afin d'optimiser le recrutement des populations visées par l'étude, la conception

devra favoriser un système nomade pouvant nous permettre de nous déplacer directement au sein des lieux fréquentés par ces populations.

2. Contrainte logistique, selon la contrainte n° 1 : une conception nomade implique que le système puisse être transportable. En l'occurrence, la conception devra favoriser un système suffisamment léger et peu encombrant afin de pouvoir être aisément transporté par un seul opérateur, si possible quel que soit son mode de déplacement (piéton, transports publics, véhicule, etc.).
3. Contrainte calendaire, selon la contrainte n° 1 : au-delà des limites méthodologiques que peut induire la réalisation d'une étude expérimentale au sein d'un laboratoire (notamment sur l'étude des émotions musicales), la localisation des expériences dans une infrastructure appartenant à un campus universitaire génère une contrainte calendaire pouvant limiter l'accès aux populations visées par l'étude (périodes de pause pédagogique), notamment lors de la période estivale.
4. Contrainte temporelle, selon les contraintes n° 1 et n° 2 : la conduite d'une expérience peut être dépendante du temps alloué pour sa réalisation, par exemple lorsqu'elle est menée au sein d'une structure ou d'un lieu imposant des horaires stricts (par exemple des ERP). Ainsi, la conception devra faciliter le déploiement du système, de sorte que le temps d'installation, de mise en opération et de rangement de ce système soit réduit.
5. Contrainte linguistique, selon la contrainte n° 1 : les interactions et la communication avec les participants sourds ou malentendants peuvent présenter certaines spécificités. La conception du système devra privilégier, lorsque des informations seront délivrées aux participants, l'utilisation de termes compréhensibles par tous, de sous-titres appropriés, voire de vidéos explicatives en LSF pour les populations signantes. De plus, afin de minimiser les interactions et la présence de l'instigateur au cours des tests, la conception devra être orientée pour que le système soit le plus autonome possible, c'est-à-dire en minimisant la nécessité pour l'instigateur d'intervenir ou d'apporter une quelconque aide aux participants.
6. Contrainte économique : le coût de l'ensemble du système et de ses parties devra être limité au regard des moyens financiers mobilisés et de la possibilité que le système soit reproductible dans de futurs travaux.

Section spécifique aux charges attribuées à la conception du VMP

En outre, l'ensemble des contraintes appliqué au système dans sa globalité est accrue par des contraintes spécifiques à la conception du VMP, à savoir :

- le VMP doit pouvoir répondre au critère « d'utilisabilité », c'est-à-dire à l'usage attendu pour répondre à la problématique de cette présente thèse de doctorat en étant capable d'exploiter et de diffuser les stimuli générés selon le principe de *composition trajectorielle*. En l'occurrence, ce besoin oriente la conception dans l'architecture générale du VMP, le choix et la répartition des actionneurs vibrotactiles.
- le VMP étant la composante du système la plus exposée aux interactions avec les participants, sa conception favorisera des matériaux robustes pour pouvoir résister aux éventuelles sollicitations mécaniques répétées, endurées lors de sa manipulation et de son transport. De plus, son utilisation ne doit pas nécessiter chez les participants un effort physique pouvant conduire à l'apparition d'une fatigue musculaire ou à des douleurs, en particulier si le VMP est portatif. De ce fait, le choix des matériaux et des composants devra être conditionné par un critère de poids.
- le VMP devra pouvoir s'adapter et être utilisable par des participants présentant des morphologies différentes. Ainsi, des dimensions appropriées devront être appliquées lors de la conception et, si le besoin s'impose, présenter des dispositifs pour permettre son ajustement.
- au regard des contraintes précédemment formulées, les modalités d'utilisation du VMP doivent être simplifiées par la conception, afin que les participants puissent comprendre l'usage suggéré sans avoir recours à des informations supplémentaires (selon la signification courante du concept d'« affordance » en tant que « capacité d'un objet à induire ses conditions d'utilisation »¹).
- l'utilisation du VMP ne doit pas présenter des risques pour la santé des participants autres que les risques liés aux vibrations mécaniques transmises au corps (par exemple, des câbles électriques dénudés et pouvant entrer en contact avec la peau). Par ailleurs, les contre-indications médicales associées (par exemple : l'existence de troubles musculo-squelettiques, les personnes enceintes ou supposées l'être, le port d'un stimulateur cardiaque, etc.) seront communiquées au préalable et de manière adéquate aux participants.

Discussion et justifications sur le choix du système

Plusieurs systèmes de stimulation vibrotactile ont été précédemment décrits, que ce soit dans le cadre d'applications générales des signaux vibrotactiles ou d'applications liées à la musique (cf. 5). En outre, les travaux de Remache-Vinueza et ses collègues², ainsi que ceux de Petry et son équipe³ fournissent un état de la technique

1. STERNE, MP3. *Économie politique de la compression*, p. 398.

2. REMACHE-VINUEZA *et al.*, *op. cit.*

3. PETRY, HUBER et NANAYAKKARA, *op. cit.*

et une revue des systèmes musicaux existants dans la littérature particulièrement riche. Par ailleurs, au-delà des systèmes expérimentaux, les technologies audio-tactiles commerciales ont également été abordées auparavant (cf. 7.1.1). Ainsi, à la lumière des objectifs définis et des contraintes imposées dans notre cahier des charges, nous nous appuyerons sur ce socle de connaissances pour sélectionner un système approprié ou pouvant être adapté au cadre de notre étude.

Comme nous l'avons rappelé à plusieurs reprises, les systèmes de stimulation vibrotactile peuvent se décliner en trois catégories, établies en fonction de leur architecture générale : les systèmes portatifs, les installations, et les systèmes hybrides⁴. Concernant les installations, l'architecture de la chaise haptique reste largement dominante dans cette catégorie du fait des avantages qu'elle présente pour de nombreux travaux expérimentaux. Reposant le plus souvent sur la modification d'une chaise ou d'un fauteuil achetés dans le commerce, ce type d'installation est peu coûteux, robuste, peut convenir à des morphologies très différentes et ne nécessite pas d'effort particulier ou une participation motrice active de la part des participants. De plus, son usage est peu contraignant et son affordance est particulièrement intelligible (action de s'asseoir). Toutefois, les installations, comme pour le mobilier vibrant (cf. 7.1.1), imposent dans certains cas un encombrement particulièrement important, des difficultés à pouvoir être transportées, et tendent ainsi à un usage sédentaire, généralement circonscrit à un espace spécifique (laboratoire). De ce fait, au regard des contraintes n° 1, n° 2 et n° 3 du cahier des charges et des items supplémentaires relatifs à la conception du VMP, nous excluons à ce stade certaines architectures appartenant à cette catégorie de système pour notre étude, telles que, par exemple, les chaises haptiques. Toutefois, bien que celles-ci ne soient globalement pas destinées à être utilisées en musique, d'autres architectures, telles que les surfaces vibrantes pouvant s'adapter au mobilier courant, sont particulièrement intéressantes pour leur adaptabilité et leurs facilités logistiques. En outre, de nombreux dispositifs conçus selon cette architecture peuvent répondre à l'exploitation des illusions de mouvement tactile⁵.

Concernant les systèmes portatifs, nous pouvons distinguer deux sous-catégories : les dispositifs expérimentaux utilisés dans la littérature et les dispositifs commerciaux. En effet, les dispositifs audio-tactiles, tels que ceux utilisés à l'heure actuelle au sein du spectacle vivant, se présentent majoritairement sous forme de dispositifs portatifs. En l'occurrence, nous pouvons citer les produits Subpac, Woojer, BassMe ou encore, dans une moindre mesure, Aura Systems ou Gametrix⁶. Cependant, aucun de ces

4. REMACHE-VINUEZA *et al.*, *op. cit.*

5. Par exemple : ISRAR et POUPYREV, *op. cit.*

6. Les produits issus de ces deux derniers fabricants, bien que n'étant plus commercialisés aujourd'hui, restent encore accessibles sur le marché de l'occasion. En ce qui concerne Aura Systems, le VMP « Aura Interactor », destiné à l'origine au marché du jeu vidéo dans les années quatre-vingt dix, a

produits ne peut convenir aux caractéristiques de la *composition trajectorielle* et ainsi répondre aux exigences d'utilisabilité, car soit ils ne présentent pas une architecture multicanale ou un nombre suffisant d'actionneurs vibrotactiles, soit la répartition des actionneurs ne peut rendre possible l'exploitation des illusions de mouvement tactile.

Les systèmes portatifs expérimentaux sont déclinés sous des formes très variées dans le cadre des travaux scientifiques, en fonction de la région du corps sur laquelle est appliquée la stimulation. En l'occurrence, dans la liste dressée par Remache-Vinueza et ses collègues, nous pouvons relever dans le cadre des applications musicales : des ceintures, des vestes, des bracelets, des manchettes, des gants, des combinaisons, ou encore des appareils mobiles (par exemple, des boîtiers portatifs)⁷. Certaines de ces conceptions présentent des caractéristiques difficilement exploitables dans le cadre de notre étude. Par exemple, les combinaisons, telles que dans le système utilisé par Gunther et O'Modhrain⁸, ne conviennent pas ou sont difficilement adaptables à des morphologies variées. De plus, les bracelets, les gants ou les manchettes stimulent généralement une surface de contact cutané limitée et sont donc difficilement exploitables pour la diffusion des trajectoires vibrotactiles.

En revanche, les ceintures ou les vestes représentent un compromis intéressant et apparaissent donc davantage utilisables. Par exemple, la ceinture utilisée par Giordano, Sullivan et Wanderley dans leurs travaux⁹ est capable de diffuser des *tactons* spatiotemporels, bien que la répartition des actionneurs limite la stimulation à une trajectoire linéaire (autour de la taille). Récemment, des avancées technologiques en matière d'intégration textile et de miniaturisation des circuits électroniques ont permis l'émergence de systèmes flexibles plus complexes¹⁰. Toutefois, ces systèmes nécessitent des compétences et des connaissances en ingénierie spécifiques et restent donc difficilement reproductibles dans un tel travail de thèse de doctorat. Globalement, les systèmes portatifs sont limités en termes d'adaptabilité face à la diversité de la morphologie humaine et nécessitent bien souvent des dispositions matérielles ou humaines (intervention de l'opérateur) supplémentaires pour être ajustés. De ce fait, bien que ces systèmes présentent des avantages certains par rapport aux installations et aux contraintes dressées dans notre cahier des charges, ils peuvent induire des obstacles au regard de la contrainte n° 5 et des charges spécifiques à la conception du VMP.

été utilisé par Gunther et O'Modhrain dans leurs travaux sur le *Cutaneous Grooves*. Voir : GUNTHER et O'MODHRAIN, *op. cit.*

7. REMACHE-VINUEZA *et al.*, *op. cit.*

8. GUNTHER et O'MODHRAIN, *op. cit.*

9. Basée sur une conception de Berzowska et Bachmayer du XS Labs de l'Université Concordia. Voir : GIORDANO, SULLIVAN et WANDERLEY, *op. cit.*

10. JUNG, Y. H. *et al.*, « A wireless haptic interface for programmable patterns of touch across large areas of the skin », in : *Nature Electronics* 5, 2022, p. 374-385.

Enfin, en couplant les installations et les systèmes portatifs, les systèmes hybrides peuvent présenter des solutions intéressantes pour leur flexibilité. En effet, la conception de ce type de système peut mener à des compromis spécifiques entre les défauts et les avantages des différents systèmes. Toutefois, ces systèmes hybrides sont plus rares dans la littérature et souvent spécifiques aux besoins et aux conditions opératoires des différents travaux. Par ailleurs, tous les systèmes cités dans les différentes revues de la littérature reposent en partie sur l'utilisation d'une installation de type mobilier (chaise haptique ou plateforme) dont l'usage est, au regard des arguments avancés précédemment, non pertinent dans le cadre de notre étude.

Pour conclure, nous suggérons que les systèmes les plus prometteurs pour correspondre au cahier des charges de notre étude sont à choisir parmi les installations vibrotactiles n'intégrant aucun mobilier. En l'occurrence, les surfaces vibrantes à réseau d'actionneurs utilisées dans le cadre des travaux sur les signaux vibrotactiles apparaissent comme les dispositifs les plus pertinents. Par exemple, le dispositif utilisé dans le cadre des travaux sur le « *Tactile Brush algorithm* » correspond à l'utilisabilité recherchée¹¹, dans la mesure où ce système est capable d'exploiter les illusions de mouvement tactile selon un principe de codage proche de celui de la *composition trajectorielle*. En revanche, comme nous le verrons plus loin, ce système n'est pas prévu pour être utilisé en musique et nécessite donc d'être adapté pour correspondre pleinement à nos attentes.

Par ailleurs, si l'architecture globale de ces systèmes présente des avantages pour s'adapter au mobilier courant (dossier des chaises ou des fauteuils), cette conception limite cependant l'usage à une stimulation localisée sur le dos des participants, à l'image des chaises haptiques. Or, nous avons vu précédemment dans cette thèse de doctorat que, dans le cas de l'usage des gilets vibrants au sein des lieux de musique, certains individus, notamment issus des populations sourdes ou malentendantes, formulaient une préférence pour une utilisation en configuration ventrale plutôt que dorsale (cf. 7.1.1). De notre point de vue, cette configuration n'a pas été explorée à ce jour dans la littérature relative aux signaux vibrotactiles et aux émotions musicales. Ainsi, nous suggérons de concevoir un nouveau système, d'une part, inspiré du système utilisé dans le cadre des travaux sur le « *Tactile Brush* » et, d'autre part, prévu pour être utilisé en configuration ventrale.

8.1.2 Choix des matériaux et de la configuration du VMP

Plusieurs versions de VMP ont été développées dans le cadre de cette thèse de doctorat. À l'image des gilets vibrants, qui peuvent être utilisés dans le dos ou contre la poitrine, la première version a été conçue pour être flexible quant au choix de cette

11. ISRAR et POUPYREV, *op. cit.*

position, contrairement aux versions suivantes. Nous précisons ici le processus qui a motivé les choix effectués pour la conception de ces différentes versions, dans l'ordre chronologique de leur apparition.

Première version : surface vibrante portable

La première version, réalisée à partir de 2019, a d'abord été conçue comme un VMP portatif (cf. FIG. 8.2). Pour respecter les critères imposés par notre cahier des charges, le choix des matériaux s'est orienté vers l'utilisation de mousses fabriquées à partir de copolymères à la fois légères et suffisamment résistantes pour faire face aux contraintes mécaniques envisagées pour nos tests. Ce choix s'est justifié à la fois au regard du critère économique et du critère d'adaptation auxquels ce type de matériau répond pleinement. D'une part, les mousses sont généralement vendues dans le commerce à des prix abordables, sont disponibles dans certains magasins spécialisés dans la vente d'articles de matériaux pour le bricolage ou les arts graphiques et plastiques, et sont souvent proposées sous la forme de panneaux prédécoupés ou découpés à la demande. D'autre part, ce type de matériau peut aisément être travaillé manuellement ou à l'aide de machines spécifiques. Ainsi, notre choix s'est tourné vers une mousse fabriquée à partir d'éthylène-acétate de vinyle (EVA) d'une épaisseur de 10 mm. Cette épaisseur représente un compromis intéressant entre la souplesse, la légèreté et la résistance du matériau, bien que le caractère élastique de ce dernier ne semble *a priori* pas être optimal pour une utilisation acoustique (phénomène d'amortissement des vibrations). Enfin, la mousse d'EVA est un matériau pouvant être transformé facilement grâce à ses propriétés thermoplastiques. De plus, ce matériau peut être découpé et gravé moyennant certaines conditions de sécurité (ventilation, filtre à particules, absence de produits chimiques nocifs pour la santé tels que les retardateurs de flamme, etc.).

Ainsi, nous avons choisi de profiter des machines de fabrication à commande numérique professionnelles, telles que les machines de gravure laser à dioxyde de carbone, mises à disposition dans la plupart des lieux de fabrication ouverts de type « Fab Lab »¹². Le fichier numérique vectoriel déterminant la découpe et la gravure de la surface en mousse a été préalablement réalisé à l'aide du logiciel libre de dessin vectoriel Inkscape, puis transféré à la machine par l'intermédiaire du logiciel CorelDRAW¹³. La machine utilisée est une Epilog Mini 24, présentant un laser d'une puissance de 30 W suffisante pour pénétrer totalement l'épaisseur du matériau. L'opération peut

12. Le MIT définit une charte officielle encadrant l'activité et les outils utilisés dans ces structures fonctionnant pour la plupart en réseau à l'échelle mondiale. Cette charte est globalement suivie par la plupart des Fab Lab existants en France et permet de standardiser les outils mis à la disposition des usagers. Voir : <https://cba.mit.edu/tools/>, (visité le 20-11-2022).

13. Logiciel de dessin vectoriel utilisé dans notre Fab Lab local pour communiquer avec la machine.

être accomplie en quelques secondes ou minutes, en fonction de la quantité et de la complexité des tracés à effectuer par le laser, mais aussi de la surface totale du matériau à graver et découper. La forme globale de la surface adoptée représente un ovale dont la partie haute est plus évasée que la partie basse, dans le but de correspondre à la morphologie d'un corps humain adulte, quelle que soit sa corpulence. Afin de pouvoir adapter des bretelles et une sangle abdominale à boucle de ceinture pour rendre le VMP portable, la surface présentait également quatre découpes en rainure prévues à cet effet sur la partie supérieure et les parties latérales inférieures¹⁴.

En revanche, le choix de la mousse d'EVA impliquait de concevoir un mécanisme de fixation pour accueillir les futurs actionneurs vibrotactiles et les maintenir fermement en position. L'adhérence relative provoquée par la texture de la surface de la mousse rend inefficace une fixation simple par utilisation d'un adhésif ou d'une colle quelconque. De ce fait, pour pallier cette contrainte, nous avons utilisé un mécanisme de fixation individuel pour chaque actionneur, composé de disques adhésifs de tissu autoagrippant selon un système de crochet-velours (« scratch »). Le disque associé à la partie velours du tissu a été rendu solidaire à la surface en mousse par une liaison adhésive complétée par des agrafes pour empêcher tout décollement. Le disque associé à la partie crochet a, quant à lui, été collé à un disque en polyméthacrylate de méthyle (acrylique) de diamètre identique, préalablement découpé au laser selon la même méthode que pour la surface en mousse. Chacun des actionneurs pouvait ainsi être collé à l'aide d'un adhésif double face sur la face en acrylique opposée à la face présentant le tissu velours. L'avantage d'un tel mécanisme de fixation était de pouvoir faire varier la position de chacun des actionneurs sur la surface, en accrochant et décrochant simplement le tissu, pour ainsi tester différentes localisations et configurations.

Toutefois, après une période de tests préliminaires pourvue dans le but de mettre à l'épreuve l'ergonomie du dispositif et malgré de nombreuses qualités, cette version du VMP présentait certaines contraintes qui pouvaient conduire à des obstacles au regard des attentes formulées dans notre cahier des charges. Par exemple, le choix d'un VMP portable implique des contraintes d'adaptation à la morphologie des participants. De plus, la facilité de mise en place du dispositif est fortement conditionnée à l'efficacité du système d'attache de la surface contre le corps qui assure la portabilité. Le mécanisme de bretelles et de sangles choisi, dérivé de ceux ordinairement utilisés pour les sacs à dos standards, s'est avéré contraignant et peu pratique à l'usage. Les utilisateurs pouvaient connaître des difficultés à adapter seuls les bretelles à leur corps, nécessitant parfois l'intervention de l'opérateur pour aider à une mise en place correcte des boucles de réglage. Cette nécessité d'intervenir induisait ainsi une com-

14. La distance entre la bordure de la surface et l'arête la plus proche de chaque rainure doit être considérée afin que les frictions répétées et la pression exercée lors du serrage de la sangle ou des bretelles ne provoquent pas une déchirure du matériau.

plexification du protocole expérimental, notamment en augmentant les interactions et les étapes préliminaires à la phase de test¹⁵. Après une période de réflexion, nous avons décidé de ne pas chercher à améliorer ce système et d'explorer à la place une nouvelle version qui ne nécessitait pas *ab initio* d'avoir à faire face à ces contraintes.



FIGURE 8.1 – Différentes itérations du dispositif vibrotactile (première version).

Deuxième version : surface vibrante adaptable aux mobiliers d'assise

Pour cette deuxième version du VMP, développée à partir de 2021, nous avons écarté la configuration portable pour nous orienter vers une installation adaptable au mobilier courant, tel qu'un fauteuil ou une chaise. Comme nous l'avons mentionné précédemment, des dispositifs adoptant cette configuration existaient au préalable, que ce soit dans la littérature ou dans le commerce¹⁶. L'avantage de cette configuration est de neutraliser toute contrainte liée au besoin d'adapter à la morphologie de chacun et à la portativité, tout en profitant de la présence quasi systématique de mobiliers d'assise dans les lieux pouvant accueillir nos expériences. Toutefois, une telle configuration annule *de facto* la possibilité d'une stimulation en position ventrale.

La conception de cette version reprenait l'architecture précédente à laquelle elle apportait quelques modifications. Les quatre rainures destinées à la fixation des bretelles et de la sangle abdominale ont été remplacées par deux rainures seulement,

15. Dans le cas de tests menés auprès de participants sourds et signants, cette complexification peut également s'accroître par la contrainte linguistique décrite dans le cahier des charges.

16. Par exemple, la gamme de produits KW commercialisée auparavant par l'entreprise Gametrix, devenue par la suite le système ForceFeel de l'entreprise Realteus. Ces systèmes étaient destinés dans l'ensemble au marché du jeu vidéo.

disposées de chaque côté de la surface. Ces rainures permettaient d'attacher de part et d'autre une sangle élastique dont la longueur pouvait être adaptée par une boucle de réglage autobloquante. L'élasticité de la sangle couplée au réglage de sa longueur permettait ainsi d'adapter la surface du VMP à la plupart des chaises et meubles d'assise courants.

De plus, le mécanisme de fixation des actionneurs par tissu autoagrippant a été remplacé par un mécanisme d'assemblage comportant deux pièces (tenon-mortaise) en plastique (acide polylactique ou « PLA ») réalisées à l'aide de la technique de fabrication additive (impression 3D) ¹⁷. La première pièce, jouant le rôle de tenon, est un disque sur lequel sont disposés en saillie plusieurs cylindres répartis de manière concentrique. Ces cylindres viennent traverser la surface en mousse par des ouvertures découpées préalablement au laser, de sorte que, de par leur longueur supérieure à l'épaisseur totale de la surface, l'extrémité de ces cylindres dépasse de quelques millimètres sur la face opposée. L'autre pièce prévue dans ce mécanisme de fixation, jouant le rôle de mortaise, est un disque présentant une disposition et un nombre de perçages identiques aux cylindres, capable ainsi de s'emboîter fermement dans ceux-ci. La liaison mécanique est renforcée par une colle liquide appliquée sur chaque surface des deux pièces en contact avec la mousse. À l'instar du mécanisme de la version précédente du dispositif, les actionneurs sont collés sur la partie supérieure de la pièce mortaise. Pour terminer, une pièce supplémentaire a été ajoutée sur la partie supérieure de chaque actionneur afin de former un capot destiné à protéger les bornes électriques. La première version du VMP permettant déjà de tester la variation de la position des actionneurs sur la surface, cette fonctionnalité n'a pas été implémentée à cette version pour privilégier un mécanisme de fixation des actionneurs plus robustes.

Cependant, la limitation à la stimulation dorsale seule et la variable introduite par les caractéristiques du mobilier d'assise auquel le dispositif peut s'adapter nous a incité à abandonner la fabrication en cours de cette version pour aboutir à la troisième et définitive version du dispositif qui sera utilisée dans le cadre de cette thèse de doctorat.

Troisième et définitive version : *enceinte corporelle vibrotactile*

Développée en fin d'année 2022, la troisième et définitive version du VMP présente une conception radicalement différente des versions précédentes. L'architecture de la surface vibrante, commune aux versions précédentes, laisse ici place à une conception sous forme d'enceinte, qui comprend un boîtier en deux parties enfermant l'ensemble des actionneurs et le système électrique.

17. Certains procédés de fabrication additive, tels que le dépôt de fil fondu (FFF) utilisé ici, ou la stéréolithographie (SLA ou DLP), sont également accessibles dans les Fab Lab et permettent de créer des pièces mécaniques à des coûts abordables.

Contrairement aux enceintes acoustiques ordinaires destinées à reproduire le son sous la forme d'ondes sonores par l'intermédiaire des mouvements du ou des haut-parleurs, il s'agit ici d'une *enceinte corporelle vibrotactile*, conçue pour reproduire des signaux vibrotactiles sur la peau une fois en contact avec le corps de l'utilisateur. À l'inverse des versions précédentes du dispositif, l'enceinte est un VMP qui, bien que portable, n'est pas portatif et qui applique une stimulation prévue pour être uniquement ventrale. Cette conception particulière est inspirée par les expériences sensorielles vécues chez certaines personnes sourdes dans l'environnement de concert, mettant en jeu l'utilisation de ballons de baudruche ou d'objets gonflables contre le corps comme aides pour mieux ressentir les ondes sonores se propageant dans l'air sous forme de vibrations¹⁸.

Le boîtier de l'enceinte est réalisé en deux parties identiques pouvant être positionnées l'une en face de l'autre pour composer la face avant et la face arrière de l'enceinte. La forme globale du boîtier est un ellipsoïde comportant un méplat identique sur chacune des deux faces, destiné à faciliter l'assemblage des futurs actionneurs tout en permettant un meilleur couplage de l'enceinte avec le corps. La technique utilisée pour leur production est la fabrication additive par dépôt de filament fondu (cf. FIG. 8.2). Une modélisation tridimensionnelle du boîtier a été faite à partir du logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) Autodesk Fusion 360. La fabrication a été assurée par une imprimante 3D grand format¹⁹.

Ensuite, l'assemblage des deux parties du boîtier a été effectué par boulonnage *via* des trous percés²⁰ préalablement le long du plan d'assemblage²¹. Ce dernier est

18. Ce principe est parfois exploité lors de certains concerts destinés à accueillir des publics sourds ou malentendants, ou encore à mettre en place une action de médiation à l'expérience musicale sourde auprès du public entendant. C'est la cas, par exemple, des expérimentations conduites par le groupe Fumuj – aujourd'hui séparé – à travers leurs concerts. En outre, quelques travaux de la littérature scientifique font état de l'existence de cette pratique, par exemple chez Brétéché ou Schmitt. Voir : SCHMITT et SCHMITT, *op. cit.*

19. Les dimensions présentées par le boîtier imposent que sa fabrication soit effectuée à l'aide d'imprimantes 3D disposant d'un volume d'impression suffisant pour assurer l'intégralité de la pièce en une seule opération. La conception en plusieurs segments, si elle constitue une alternative, ne semblait pas optimale sur de nombreux points. En effet, celle-ci implique l'ajout de systèmes de fixation entre tous les segments qui, d'une part, peuvent restreindre significativement l'espace interne disponible dans l'enceinte tout en augmentant, d'autre part, le risque de provoquer des jeux mécaniques et des vibrations parasites à l'usage.

20. Dans notre cas, une vitesse de rotation de perçage relativement basse a dû être choisie afin de ne pas provoquer la fonte du plastique lors de l'opération.

21. L'assemblage par boulonnage a été la solution retenue au regard du remplissage partiel de matière composant l'intérieur de chaque pièce. En effet, contrairement aux pièces en plastique réalisées selon le procédé de fabrication par injection par exemple, la fabrication additive par dépôt de filament fondu fonctionne par remplissage interne partiel des pièces produites selon des structures dites lattices – combinant des zones de vide à de la matière structurée en motifs géométriques spécifiques – afin d'optimiser la quantité de matière utilisée, le poids, la résistance et le temps de fabrication total. Ainsi,

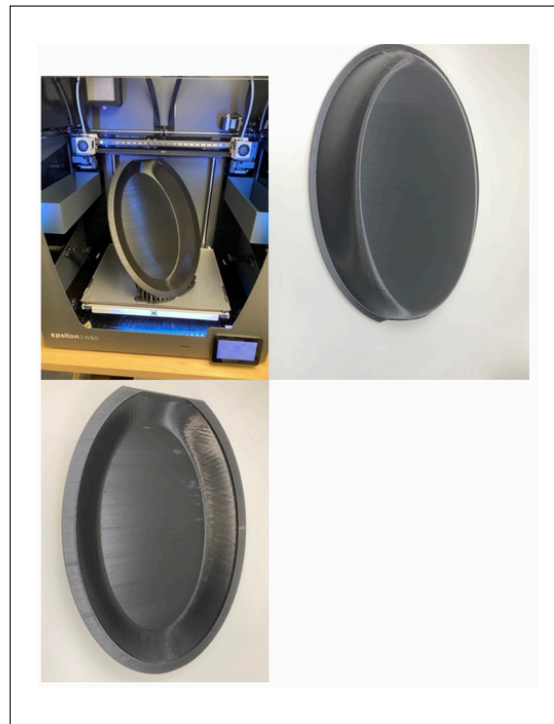


FIGURE 8.2 – Fabrication additive de l'une des deux parties du boîtier de l'enceinte.

constitué d'une bordure de 10 mm de large formant le contour extérieur de chacune des deux parties du boîtier. L'épaisseur de chacune des deux pièces est de 6 mm. Un perçage a été fait sur la partie inférieure du boîtier assemblé (le pied) afin de pouvoir faire passer le futur câblage électrique et les connecteurs éventuels. Enfin, dans le but d'améliorer légèrement le confort d'utilisation pour les participants, une feuille de feutre de 5 mm d'épaisseur a été préalablement découpée au laser pour correspondre aux dimensions du méplat présent sur chaque face de l'enceinte. Les plaques de feutre obtenues ont été collées sur chacune des faces grâce à de l'adhésif double face.

8.1.3 Choix du type et de la répartition spatiale des actionneurs vibrotactiles

Un actionneur est un dispositif défini comme capable d'assurer une transduction électromécanique, c'est-à-dire la transformation d'un signal électrique en une force mécanique. Deux critères régissent le choix du type et de la répartition spatiale des

en fonction du taux de remplissage choisi, qui peut être plus ou moins fourni, certaines techniques d'assemblage, par exemple l'utilisation d'inserts métalliques filetés, sont à éviter dans notre cas, du fait de l'hétérogénéité de la structure interne.



FIGURE 8.3 – Suggestion d'utilisation de l'enceinte selon la configuration ventrale visée.

actionneurs vibrotactiles au regard de notre cahier des charges : le critère d'utilisabilité et le critère économique. Pour satisfaire à ces critères, il existe plusieurs types et technologies d'actionneur sur le marché. Fort heureusement, l'ensemble de ces actionneurs est utilisé dans la littérature scientifique et présente ainsi des caractéristiques connues, étudiées et faisant l'objet de modélisations.

Choi et Kuchenbecker ont, par exemple, proposé une revue des différents types d'actionneur les plus couramment exploités dans la conception de dispositifs vibrotactiles²². Les auteurs dégagent ainsi trois types d'actionneur principaux : les Actionneurs Électromagnétiques Linéaires (LEA) ; les Actionneurs Électromagnétiques Rotatifs (REA) ; ainsi que les actionneurs non électromagnétiques.

Actionneurs Électromagnétiques Linéaires

Les actionneurs électromagnétiques linéaires sont des dispositifs électromécaniques dont le fonctionnement repose sur le principe physique de l'électromagnétisme pour générer des stimuli vibrotactiles selon un axe de mouvements linéaires. D'après Kern et ses collègues, ce type d'actionneur comprend deux catégories majeures, caractérisées par leur fonctionnement distinct : les actionneurs électromagnétiques et les actionneurs électrodynamiques²³.

22. CHOI, Seungmoon et KUCHENBECKER, Katherine J., « Vibrotactile display : perception, technology and applications », in : *Proceedings of the IEEE* 101.9, 2013, p. 2093-2104.

23. KERN, Thorsten A., MATYSEK, Marc et SINDLINGER, Stephanie, « Chapter 9. Actuator Design », in : KERN, Thorsten A., HATZFELD, Christian et ABBASIMOSHAELI, Alireza, *Engineering Haptic Devices*, Springer Series on Touch and Haptic Systems, Cham : Springer, 2009, p. 191-312.

À l'image de l'électroaimant, le principe de fonctionnement des actionneurs électromagnétiques repose sur l'exploitation de l'énergie magnétique produite lorsque la bobine entoure un matériau ferromagnétique dit « doux » – alors appelé noyau ou cœur magnétique – pour former un circuit magnétique ouvert par l'intermédiaire d'un espace libre appelé « entrefer ». Lorsque la bobine est alimentée en courant, la force d'attraction magnétique créée tend à refermer ce circuit au niveau de l'entrefer, soit par la mise en mouvement d'une partie mobile comprise dans le circuit magnétique (effet transversal), soit par la réduction de la réluctance d'une partie de ce circuit mise spatialement en parallèle²⁴.

Les actionneurs électrodynamiques sont, quant à eux, constitués de trois parties : un générateur de champ magnétique; un noyau magnétique; ainsi qu'un conducteur électrique. Lorsqu'un fil fait d'un matériau conducteur enrobé d'un matériau isolant est enroulé en spire pour former une bobine continue, le passage d'un courant électrique dans cette bobine génère un champ magnétique. Le générateur de champ magnétique peut être une bobine ou un matériau ferromagnétique dit « dur », communément appelé « aimant permanent », générant de manière pérenne son propre champ magnétique. Si un matériau ferromagnétique est placé à l'intérieur de la bobine alimentée en courant, le champ magnétique généré produit une force, appelée force de Lorentz, sur le matériau selon l'axe d'enroulement des spires de la bobine, provoquant ainsi son mouvement linéaire. Selon les caractéristiques du courant électrique en entrée, le mouvement de va-et-vient du matériau, provoqué par la variation du champ magnétique, peut ainsi produire des stimuli vibrotactiles²⁵.

Exploité tel quel, ce système forme un ensemble d'actionneurs simples, appelés « solénoïdes ». Très répandues dans l'industrie, peu onéreuses et facilement intégrables pour concevoir des dispositifs vibrotactiles, les solénoïdes nécessitent généralement l'usage d'un ressort de rappel pour permettre au matériau de retrouver sa position d'origine à l'intérieur de la bobine une fois le courant et la force résultante nuls. Toutefois, les solénoïdes présentent également certains désavantages à l'usage, tels qu'un fonctionnement bipolaire « tout ou rien » et une tendance à dégager de la chaleur²⁶.

Une autre conception courante consiste à utiliser un aimant permanent en tant que charge mobile à l'intérieur de la bobine, désignant alors une gamme d'actionneurs nommée « *voice coil* »²⁷. Selon la conception, la composante mobile de l'actionneur peut être soit l'aimant²⁸, soit la bobine conductrice elle-même, située dans un circuit

24. *Ibid.*

25. CHOI et KUCHENBECKER, *op. cit.*

26. *Ibid.*

27. Ce terme est parfois traduit en français par « bobine vocale ».

28. Les actionneurs correspondant à cette conception peuvent également être désignés par l'appellation générique « *EC-drives* », pour « *Electronic-Commutated* », ou encore « *servo-drives* » lorsque

magnétique alors fixe. Cette dernière conception est notamment celle employée dans les haut-parleurs pour ses qualités dynamiques élevées, la finesse de ses mouvements, ainsi que la capacité à restituer précisément un signal électrique tel que les signaux audio utilisés en musique²⁹. De ce fait, cette technologie peut offrir un contrôle indépendant de la fréquence et de l'amplitude des signaux vibrotactiles³⁰.

Il existe des variantes de *voice-coil* à bobine mobile. L'une d'elles consiste à intégrer une suspension élastique à la bobine pour former une gamme d'actionneurs nommée « *shaker* »³¹, « *exciter* », ou encore « haut-parleur vibreur », dévoilant une technologie similaire à celle des haut-parleurs traditionnels. Dans les actionneurs vendus dans le commerce, qui peuvent être de grande taille et atteindre des puissances importantes, le circuit magnétique fixe est généralement encapsulé dans un boîtier métallique pour former une masse oscillante et la partie visible de la bobine mobile peut être couplée à une plaque de fixation adaptable aux surfaces solidiennes planes.

Toutefois, contrairement aux haut-parleurs traditionnels dont la charge déplacée consiste en une membrane conique légère, le haut-parleur vibreur exploite l'inertie de sa propre masse pour transmettre des stimuli vibrotactiles par couplage à des surfaces plus lourdes et volumineuses³². De ce fait, leur comportement présente des différences importantes³³ et les matériaux, la forme et les dimensions de la surface à exciter sont des facteurs de modulation importants des qualités des signaux vibrotactiles reproduits. En revanche, leur capacité à reproduire efficacement un signal musical – du fait de leur proximité technologique avec les haut-parleurs traditionnels – et leur vaste bande passante en font des actionneurs de choix pour un VMP. En outre, la mise en place des haut-parleurs vibreurs sur une surface nécessite quelques recommandations afin d'éviter toute vibration parasite³⁴.

Enfin, les actionneurs de résonance linéaire, ou « *Linear Resonant Actuators* (LRA) », forment une alternative supplémentaire et sont particulièrement utilisés pour conce-

l'actionneur en question est intégré dans un système comprenant également un contrôleur électronique asservissant ses mouvements. Voir : KERN, MATYSEK et SINDLINGER, *op. cit.*

29. *Ibid.*

30. GIORDANO, Marcello, « Vibrotactile feedback and stimulation in music performance », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Marcelo M. WANDERLEY, McGill University, 2016, p. 31.

31. Parfois augmentée du préfixe « *body* » pour former « *bodyshaker* » évoquant la fonction élémentaire visée par les concepteurs pour ces actionneurs.

32. Dans notre cas de figure, cette surface correspond au boîtier du VMP.

33. Selon le fabricant d'actionneurs allemand Visaton : « la surface excitée est [...] incapable d'osciller de manière cohérente. Cela signifie que tous les points de la surface ne se déplacent pas dans la même direction avec la même amplitude au même moment. Le haut-parleur vibreur génère une onde de flexion qui se propage vers le bord de la surface excitée, où elle est réfléchiée vers le haut-parleur. [...] L'onde originale provenant du haut-parleur interfère avec les ondes réfléchies par les bords de la surface, ce qui entraîne une émission sonore incohérente ». Notre traduction de l'anglais. Voir : VISATON, *Basic principles of VISATON exciter-technology*, Haan : VISATON GmbH & Co.

34. Comme nous le verrons plus loin (cf. 8.1.3).

voir des dispositifs vibrotactiles expérimentaux. Dans cette conception, généralement de taille réduite, l'aimant permanent est mobile et couplé à une masse, tandis que la bobine au cœur de cet aimant reste fixe. Cette masse est elle-même compressée par un ressort contre la partie du boîtier externe de l'actionneur prévue pour être en contact avec la surface à stimuler. Les variations de la force de Lorentz produites par un courant électrique alternatif traversant la bobine font osciller le couple aimant-masse pressé par le ressort et génèrent ainsi des vibrations. L'amplitude maximale de ces vibrations est atteinte lorsque la fréquence du courant égale ou avoisine la fréquence de résonance du ressort. Ce mécanisme induit ainsi une fréquence optimale d'utilisation pour laquelle, à amplitude de vibration égale obtenue par l'intermédiaire d'autres technologies d'actionneur, la consommation d'énergie électrique est moindre. Néanmoins, si les LRA peuvent être avantageux pour certaines applications, leur conception induit également une plage de fréquence réduite pouvant apparaître limitée dans le cas d'une application musicale.

Actionneurs Électromagnétiques Rotatifs

Contrairement aux actionneurs précédemment décrits, les actionneurs électromagnétiques rotatifs produisent des stimuli vibrotactiles grâce aux mouvements rotatifs d'une masse. Bien qu'il existe plusieurs technologies pouvant correspondre à ce type d'actionneurs, les ERM, mentionnés à plusieurs reprises dans cette thèse de doctorat, sont les actionneurs les plus largement utilisés pour concevoir des dispositifs vibrotactiles.

Le principe de fonctionnement des ERM repose sur l'utilisation du moteur rotatif à courant continu³⁵. Le moteur entraîne une masse excentrique (contrepoids) par le couplage de cette dernière à son arbre. L'excentricité de cette masse provoque un déséquilibre qui génère une force centripète une fois la masse mise en rotation par le moteur. Cette force se traduit par des vibrations qui se transmettent au corps du moteur et au dispositif ou à la surface solidaire de l'actionneur.

Les ERM présentent généralement deux formes possibles : les moteurs plats (ou « *coin* ») et les moteurs cylindriques (ou « *bar* »). Bien qu'étant peu coûteux et facilement intégrables pour concevoir un VMP, les ERM n'offrent que peu de possibilités en termes de fréquences et d'amplitude des stimuli vibrotactiles produits. En effet, l'utilisation d'un moteur ne permet pas de contrôler de manière indépendante ces deux paramètres, fréquence et amplitude des vibrations, ceux-ci étant asservis à la vitesse de rotation du moteur³⁶. De plus, en raison de l'inertie de la masse, cette technologie induit également un délai temporel entre l'activation et la désactivation

35. CHOI et KUCHENBECKER, *op. cit.*

36. GIORDANO, *op. cit.*

de l'actionneur³⁷, ce qui peut apparaître comme une contrainte pour la conception d'un VMP.

Actionneurs non électromagnétiques

Ce type d'actionneurs comprend l'ensemble des technologies de production des stimuli vibrotactiles n'exploitant pas le principe de l'électromagnétique, telles que les actionneurs pneumatiques, hydrauliques, ultrasoniques ou encore piézoélectriques. Dans ce panel de technologies très différentes, les actionneurs piézoélectriques semblent toutefois les plus pertinents au regard des possibilités qu'ils peuvent offrir. C'est pourquoi nous ne détaillerons que cette technologie pour illustrer un exemple d'actionneur non électromagnétique.

Utilisé communément pour la transduction électroacoustique par des technologies telles que le microphone par exemple, l'effet piézoélectrique décrit, selon sa définition basique, la transformation d'une déformation mécanique subie par un matériau (les ondes sonores dans le cas du microphone par exemple) en énergie électrique (effet « direct »). Néanmoins, cet effet est réversible et peut alors décrire les déformations d'un matériau suite à sa stimulation par une énergie électrique (effet « inverse »)³⁸. Ce principe d'effet inverse est justement exploité par les actionneurs piézoélectriques pour produire des stimuli vibrotactiles, grâce aux déformations élastiques périodiques du matériau électrifié³⁹.

Cependant, les actionneurs piézoélectriques capables de générer des vibrations de grande amplitude nécessitent généralement des tensions importantes pour pouvoir fonctionner⁴⁰ et ils s'adressent encore largement aux professionnels du fait de leur coût élevé. De ce fait, l'utilisation des actionneurs piézoélectriques pour concevoir des dispositifs vibrotactiles expérimentaux reste encore rare par rapport aux autres technologies d'actionneur, malgré les possibilités étendues qu'ils peuvent offrir.

Choix, répartition spatiale et intégration des actionneurs au VMP

Au regard de l'ensemble des types d'actionneur disponible et de leurs caractéristiques, notre choix s'est tourné vers l'utilisation de haut-parleurs vibreurs pour leur bonne capacité à reproduire un signal musical, leur facilité d'intégration, leur compatibilité immédiate avec le matériel audio existant, leur coût modéré, ainsi que

37. CHOI et KUCHENBECKER, *op. cit.*

38. KERN, MATYSEK et SINDLINGER, *op. cit.*

39. Le fonctionnement de la plupart des actionneurs de ce type repose sur une poutre dont les mouvements de flexion sous l'effet d'un courant électrique produisent les vibrations.

40. CHOI et KUCHENBECKER, *op. cit.*

leur accessibilité sur le marché (vendus au grand public; plusieurs fabricants) et la grande largeur de gamme de puissances et d'impédances disponibles.

Après avoir testé différentes références, notre choix s'est finalement arrêté sur le modèle DAEX25CT-4 du fabricant américain Dayton Audio. Malgré un poids relativement élevé pour un actionneur (75 g par unité), ce haut-parleur vibreur présente de nombreux avantages :

- puissance de 10 W suffisante pour produire des vibrations de grande amplitude;
- impédance de $4\ \Omega$ compatible avec la plupart des amplificateurs audio;
- dimensions idéales d'un diamètre de 48 mm pour une hauteur de 15 mm;
- bonne disponibilité et longévité sur le marché⁴¹;
- grande largeur de bande passante couvrant la *quasi* totalité du spectre fonctionnel de la modalité vibrotactile;
- facilité d'installation (bobine mobile couplée à une platine circulaire en plastique avec adhésif double face préinstallé);
- documentation fournie par le fabricant présentant de nombreuses informations et recommandations;
- actionneur éprouvé dans d'autres travaux scientifiques⁴²;
- fiabilité ne rencontrant pas de problème majeur après de nombreuses utilisations.

Ainsi, huit haut-parleurs vibrateurs ont été intégrés au boîtier. Ce nombre a été déterminé à partir de plusieurs facteurs : l'espace disponible à l'intérieur du boîtier; le nombre de canaux nécessaires pour produire des trajectoires vibrotactiles répondant au critère d'utilisabilité; la puissance d'amplification requise pour activer l'ensemble des actionneurs; la compatibilité avec les amplificateurs externes du commerce; le coût total des actionneurs et du système expérimental global; ainsi que les travaux scientifiques antérieurs exploitant un nombre de canaux similaire⁴³.

Pour répartir spatialement des actionneurs dans le VMP, plusieurs itérations ont été testées au préalable en fonction des différents prototypes produits. Dans les études traitant des illusions de mouvement tactile, la disposition des actionneurs en matrice semble être la plus usitée. Toutefois, cette disposition dépend fondamentalement de la conception, de la forme globale du dispositif, des caractéristiques de la surface à stimuler, ou encore du type d'actionneur utilisé. Lorsque cette disposition présente

41. Au total, seize actionneurs ont été achetés pour concevoir les deux prototypes précédents et le prototype dans sa version actuelle. Les premiers exemplaires ont été acquis en 2018. À l'heure de la fin de la rédaction de cette thèse de doctorat (2024), ce modèle est toujours disponible à la vente dans le commerce.

42. PATÉ *et al.*, *op. cit.*

43. Par exemple, les travaux sur le MHC. Voir : KARAM *et al.*, « Modelling perceptual elements of music in a vibrotactile display for deaf users : a field study ».

un caractère régulier, l'un des paramètres à définir concerne l'espacement entre les actionneurs (alors constant dans ce type de cas). Néanmoins, la définition de cet espacement ne semble pas obéir à un modèle particulier ou à une relation mathématique spécifique⁴⁴. La plupart des travaux adoptent une approche arbitraire pour le définir, qui semble davantage répondre à des contraintes de surface et des caractéristiques de la zone à stimuler.

Toutefois, comme nous l'avions mentionné précédemment dans la définition de la *composition trajectorielle*, la sensation perçue d'illusion de mouvement dépend notamment de la vitesse (durée de stimulation globale) et de la durée d'intervalle entre la présentation de chaque stimulus qui se succède (SOA). Dès lors, pour une surface donnée et un espacement des actionneurs constant, plus la durée de stimulation globale est élevée – et donc la vitesse faible – plus la durée d'intervalle SOA devra être réduite pour conserver la sensation de mouvement continu recherchée. Si cette durée est trop grande, la stimulation résultante sera alors perçue comme la composante de plusieurs stimuli distincts ne suggérant pas un mouvement continu. À l'inverse, si celle-ci est trop faible, la stimulation sera perçue comme un unique stimulus statique⁴⁵. La relation mathématique sur laquelle repose ce principe a notamment été définie dans les travaux d'Israr et Poupyrev sur le « *Tactile Brush algorithm* »⁴⁶. En définitive, il résulte que l'espacement des actionneurs est une constante⁴⁷ qui, bien qu'elle influe sur l'échelle de grandeur des paramètres de vitesse et de SOA, n'intervient pas de manière fondamentale dans leur relation.

En ce qui concerne notre dispositif, dans les deux premiers prototypes de VMP (cf. 8.1.2), chaque actionneur a été réparti de manière à former une configuration en « V » correspondant à la silhouette des dispositifs⁴⁸. Cette répartition semblait être pertinente pour exploiter au maximum la surface disponible du dispositif tout en permettant de produire des trajectoires variées. Toutefois, les premiers tests de validation conduits extérieurement au cadre protocolaire de cette thèse de doctorat⁴⁹

44. Dans la majorité des cas, les travaux se contentent de fournir cette donnée sans informations ou explications supplémentaires sur son mode de détermination. Voir, par exemple : PARK, Jaeyoung, KIM, Jaeha et TAN, Hong Z., « Rendering moving tactile stroke on the palm using a sparse 2D array », in : *Haptics : Perception, Devices, Control and Applications*, London : Springer, 2016, p. 47-56.

45. Dans ce cas, le mouvement, existant mais non perçu, est qualifié de discret.

46. ISRAR et POUPYREV, *op. cit.*

47. Dans les travaux d'Israr et Poupyrev, le dispositif vibrotactile utilisé présente un espacement de 63 mm pour des actionneurs d'une surface de contact de 730 mm² (aire d'un cercle de 30,5 mm de diamètre). Voir : *ibid.*

48. Visible en illustration d'en-tête dans : BRICENO, *op. cit.*

49. Ces tests préliminaires ont été réalisés en plusieurs fois, sur des périodes temporelles différentes auprès d'une vingtaine de participants adultes volontaires entendants (majoritairement des étudiants ne présentant aucune altération du système auditif) et de sexe biologique masculin ou féminin.

ont démontré un faible taux de reconnaissance⁵⁰ des trajectoires linéaires horizontales et des trajectoires circulaires. Pour la version actuelle du VMP, nous avons donc décidé d'écarter la configuration en « V », trop complexe et finalement peu viable, au profit d'une répartition plus commune dans la littérature scientifique en matrice d'actionneurs. Ainsi, nous avons choisi de répartir nos actionneurs en matrice de quatre lignes et trois colonnes (4 × 3) selon la disposition décrite dans la FIG. 8.4. Bien que le nombre d'actionneurs utilisé soit limité, cette disposition permet d'exploiter un panel de trajectoires varié tout en conservant un espacement inter-actionneur régulier selon l'axe vertical ou horizontal. Nous avons défini cet espacement inter-actionneurs à 70 mm.

$$\begin{pmatrix} a1 & b1 & c1 \\ a2 & b2 & c2 \\ a3 & b3 & c3 \\ a4 & b4 & c4 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \cdot & b1 & \cdot \\ a2 & b2 & c2 \\ a3 & b3 & c2 \\ \cdot & b4 & \cdot \end{pmatrix}$$

FIGURE 8.4 – La matrice de gauche décrit une répartition générale. Or, comme nous n'utilisons que huit haut-parleurs vibreurs, $a1$, $c1$, $a4$ et $c4$ sont des localisations non utilisées, formant ainsi la matrice de droite correspondant à la disposition réelle des actionneurs.

Concernant l'amplification des signaux vibrotactiles, nous avons décidé pour le VMP d'adopter une architecture d'enceinte passive. Le choix d'une architecture passive plutôt qu'active présente l'avantage d'être plus simple dans la conception, en excluant des contraintes importantes concernant l'intégration interne du circuit d'amplification et la gestion de sa source d'alimentation⁵¹. En revanche, l'architecture passive implique que les signaux vibrotactiles sont amplifiés en amont par un circuit

50. Une musique vibrotactile composée pour valider le principe de la *composition trajectorielle* était diffusée par l'intermédiaire du système aux participants. Cette composition, d'une durée de trois minutes, comprenait des trajectoires linéaires verticales et horizontales, ainsi que des trajectoires circulaires. À l'issue de deux écoutes, il était demandé aux participants d'identifier les caractéristiques des trajectoires ressenties (autodéclarations à réponses ouvertes). Globalement, les participants identifiaient significativement les trajectoires linéaires ascendantes ou descendantes, mais présentaient des difficultés à identifier les autres types de trajectoires, en particulier les trajectoires horizontales.

51. La conception d'une enceinte active impose des contraintes d'envergure sur : le choix de la configuration du système d'amplification (par exemple : un ou plusieurs amplificateurs par canal ou un unique module électronique d'amplification multicanal couvrant l'ensemble des canaux); l'intégration de ce système dans l'espace disponible du boîtier; le choix du système d'alimentation (batterie interne ou secteur); la gestion du système d'alimentation (module de gestion de la batterie ou liaison par câble sur secteur, rajoutant alors une contrainte d'encombrement due à la présence d'un câble électrique supplémentaire); la contrainte de poids total supérieur à l'architecture passive; le câblage plus important; le coût total de l'architecture active pouvant être bien supérieur à celui de l'architecture passive; ou encore une fiabilité potentiellement amoindrie.

d'amplification externe au VMP⁵². De ce fait, contrairement aux signaux analogiques de transmission audio de faible intensité et de faible tension tels que le « niveau ligne », les signaux de puissance en sortie d'un amplificateur nécessitent des sections de câble plus importantes, des longueurs de câble limitées et un coût linéaire de câble au mètre plus élevé. Cependant, ces contraintes nous ont semblé négligeables dans la conception d'un VMP expérimental prévoyant une utilisation individuelle. Le choix du système d'amplification sera donc décrit dans la sous-section suivante (cf. 8.1.4).

La liaison mécanique entre les actionneurs et le boîtier consiste en un assemblage par boulonnage et collage d'un ensemble de pièces. D'abord, une plaque en bois de 5 mm d'épaisseur, préalablement découpée au laser (cf. FIG. 8.5) aux dimensions du méplat du boîtier (cf. 8.1.2), a été fixée à l'aide de boulons sur la face avant intérieure de ce dernier. Cette plaque permet de pallier les irrégularités de la surface du boîtier en plastique et donc d'assurer une liaison mécanique plus durable entre les vibreurs et le boîtier. Ensuite, chaque vibreur a été fixé sur cette plaque, conformément à la répartition choisie, par collage *via* une entretoise circulaire en bois de diamètre identique à la bobine des vibreurs et de même épaisseur que la plaque. Ces entretoises permettent de surélever les vibreurs par rapport à la plaque de sorte à prévenir toute collision entre le corps oscillant des vibreurs et la surface de la plaque lorsque des vibrations d'amplitude élevée sont produites. En effet, sans ces entretoises et à défaut d'une hauteur suffisante entre la bobine et la surface du boîtier, les collisions éventuelles entre les vibreurs et cette surface génèrent des vibrations parasites, particulièrement audibles et pouvant entraîner d'importants dégâts matériels. Pour prévenir une éventuelle détérioration prématurée des soudures au niveau des bornes des vibreurs due à ce phénomène, nous avons inséré, conformément aux recommandations du fabricant, plusieurs patins en feutre adhésifs sur les zones de la plaque situées en dessous de ces bornes. Ainsi, cet assemblage n'a présenté aucun signe de faiblesse dans le temps après plusieurs dizaines d'heures de test.

Pour le câblage des actionneurs, nous avons utilisé des câbles électriques bicolores de 1,5 mm² de section. Chacune des paires de câbles a été soudée sur la partie supérieure des bornes de son actionneur respectif de sorte que les câbles ne reposent pas contre la surface du boîtier. Dans le cas contraire, à l'image du corps oscillant et des patins en feutre précédemment installés, les vibrations produites par les actionneurs sont transmises aux câbles et ces derniers, en entrant en contact avec le boîtier, peuvent également générer des vibrations parasites. Enfin, en vue de prévenir la contrainte logistique présentée dans notre cahier des charges, nous avons décidé que le VMP puisse disposer de la possibilité d'être désolidarisé du reste du système. Pour ce faire, nous avons utilisé, dans un premier temps, des connecteurs plastiques à fiche (partie femelle) pour l'entrée du signal amplifié (quatre connecteurs à quatre fiches au total, soit deux actionneurs par connecteur). Bien que ces connecteurs présentaient

52. Que nous détaillons plus bas.



FIGURE 8.5 – Découpe et gravure laser de la plaque supportant les vibreurs.

l'avantage d'être simples à sertir, les branchements et débranchements répétés au fil des tests ont révélé une dégradation prématurée et une qualité sous-optimale sur la durée. De ce fait, nous avons décidé de les remplacer par deux connecteurs verrouillables en acier inoxydable GX16 (partie femelle), dit « aviation », à huit broches pour leur robustesse et leurs caractéristiques techniques satisfaisantes. La FIGURE 8.2 donne un aperçu global de la conception du VMP en trois dimensions (cf. FIG. 8.6).

8.1.4 Intégration du VMP au dispositif expérimental

Architecture générale du système

La conception du VMP sous la forme d'une enceinte passive implique la mise en œuvre de plusieurs éléments en amont pour former une chaîne électroacoustique capable de reproduire une composition vibrotactile. Pour ce faire, il existe de nombreux systèmes utilisés de manière récurrente dans les travaux de la littérature. Pour

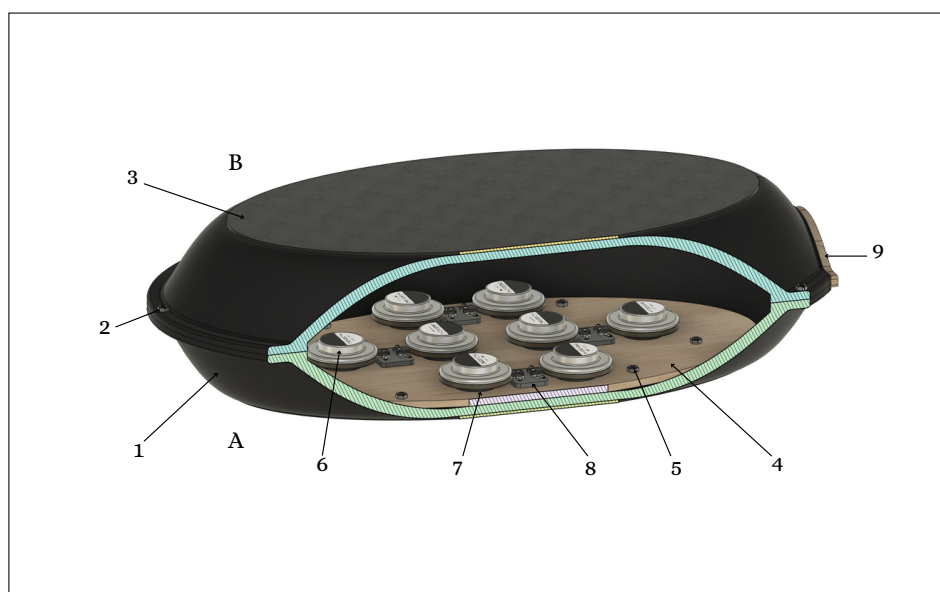


FIGURE 8.6 – (A) Face avant de l'enceinte; (B) Face arrière de l'enceinte; (1) Boîtier; (2) Boulons de fixations du boîtier; (3) Feuilles de feutre; (4) Plaque en bois; (5) Boulons de fixation de la plaque; (6) Haut-parleurs vibreurs; (7) Entretoises circulaires; (8) Patins d'amortissement en feutre; (9) Plaque support de la connectique d'entrée.

les systèmes embarqués portatifs⁵³, un grand nombre de ces travaux exploitent par exemple des cartes électroniques de type microcontrôleurs⁵⁴ programmées pour traiter des signaux audio délivrés en amont par une source de lecture (par exemple, un ordinateur ou un programme informatique hôte)⁵⁵. Suivant le type d'actionneurs utilisé, une carte électronique supplémentaire doit être interfacée entre le microcontrôleur et le ou les actionneurs (périphériques) pour assurer la bonne transmission des signaux à ces derniers (carte pilote ou « *driver* ») ou pour amplifier des signaux analogiques (carte d'amplification).

Pour les dispositifs présentés sous forme d'installation, il existe également une stratégie plus conventionnelle consistant à adopter une architecture similaire à celle des systèmes audio traditionnels, c'est-à-dire basée sur une chaîne électroacoustique type : source de lecture ou de signaux, convertisseur numérique-analogique (communément appelé « carte son », « interface audio » ou encore Convertisseur

53. Pour un exemple, voir : GIORDANO, M. *et al.*, « Design and implementation of whole-body haptic suit for "Ilinx", a multisensory art installation », in : *Proceedings of the 12th Sound and Music Computing Conference*, Maynooth : Music Technology Research Group of Maynooth University, 2015, p. 169-175.

54. Telles que les cartes proposées par Arduino, BeagleBone ou encore Bela.

55. Par exemple, pour la création musicale et la lecture en temps réel, les logiciels de programmation musicaux à environnement graphique modulaire tels que Max (anciennement Max/MSP) ou PureData sont particulièrement reconnus pour cette application.

Numérique-Analogique (DAC)), amplificateur, périphérique de reproduction des signaux (actionneur considéré comme un haut-parleur)⁵⁶. En vue de simplifier au maximum notre dispositif, nous utiliserons cette architecture technique en nous basant au maximum sur des éléments disponibles dans le commerce et exploités habituellement pour des applications musicales destinées à une écoute auditive.

Système d'amplification et transmission des signaux amplifiés

Ainsi, notre système d'amplification des signaux audio analogiques est composé de deux amplificateurs de classe D Behringer EPQ304 Europower pouvant traiter individuellement quatre canaux chacun à une puissance de 75 W sous 4 Ω . Ces amplificateurs présentent l'avantage d'être relativement abordables au regard du nombre de canaux traité et d'être conçus au format « rack » 19 pouces standardisé. De ce fait, ces derniers peuvent être intégrés dans une housse ou une caisse de transport disposant d'un espace utile pouvant accepter deux unités de même format. Ce type de caisse ou de housse est largement répandu dans les commerces spécialisés en musique⁵⁷. Toutefois, leur poids de 4 kg chacun (8 kg cumulés à eux seuls) peut apparaître comme important au regard de notre contrainte logistique⁵⁸. Pour pallier partiellement cette contrainte, il existe notamment des racks de transport sur roulettes facilitant le transport. En outre, la puissance de chaque canal en sortie doit être ajustée modérément afin de ne pas risquer d'endommager de manière durable les haut-parleurs vibreurs.

La transmission des signaux amplifiés est assurée par un assemblage de câbles d'une longueur totale de 2 m entre le VMP et le système d'amplification. Afin d'optimiser au maximum le poids et l'encombrement, nous avons utilisé des câbles de sonorisation à connecteurs « Speakon » (Neutrik) correspondant aux sorties des amplificateurs. Ces câbles ont été sectionnés pour ne conserver qu'une longueur de 15 cm en sortie des amplificateurs. De cette manière, la transmission des signaux est assurée par un câble indépendant pouvant être désolidarisé du VMP et du système d'amplification. Ce câble, d'une longueur totale de 1,85 m, est composé de huit paires de câbles – identiques à ceux utilisés pour le câblage des actionneurs à l'intérieur du boîtier – maintenus ensemble par une gaine tressée extensible en Nylon. Les deux extrémités prévues pour s'assembler aux entrées du boîtier du VMP sont serties des connecteurs GX16 (partie mâle) pour finaliser la liaison.

56. Par exemple, dans : ISRAR et POUPYREV, *op. cit.*

57. Nous utilisons une housse Millenium Rack Bag 2 pouvant être transportée par une sangle sur l'épaule et disposant d'une poignée supplémentaire.

58. Le poids total de la housse chargée atteint environ 12 kg.

Choix du convertisseur numérique-analogique (DAC)

Il existe sur le marché de nombreux produits capables de traiter la conversion des signaux numériques en signaux analogiques et de proposer huit canaux. Comme pour les amplificateurs, le coût du matériel présente un spectre très large au regard des fonctionnalités implémentées et de la richesse de la connectique.

Pour notre système, nous avons fait le choix du modèle d'interface audio USB huit canaux ESI GIGAPORT eX pour son tarif très abordable, sa simplicité, sa taille et son poids très faibles, ainsi que sa compatibilité avec la plupart des systèmes d'exploitation informatiques⁵⁹. La liaison entre cette interface et le système d'amplification est assurée par un câble « multipaire » RCA-jack 6,35 mm d'une longueur totale d'un mètre. Le très faible encombrement de l'interface et la longueur réduite des câbles permettent à l'ensemble d'être rangé à l'intérieur de la housse de transport du système d'amplification tout en conservant la position des branchements. Ce prébranchement permet ainsi de réduire le temps de déploiement du système sur le lieu de passation des tests.

8.2 Production des stimuli vibrotactiles et des trajectoires

8.2.1 Principe

Il existe différentes manières de produire, à partir de stimuli vibrotactiles, des sensations de mouvement continu pouvant aboutir aux trajectoires définies dans la *composition trajectorielle*. Depuis de nombreuses années en musique électroacoustique ou au cinéma, de nombreux outils et procédés de spatialisation, associés à des configurations spécifiques de placement de haut-parleurs dans l'espace acoustique, permettent de conférer au son des caractéristiques spatiales de sorte que nous puissions percevoir des déplacements. Parmi les techniques d'encodage spatial du son existantes, la manipulation de flux audio basée sur des canaux (« *channel based* » ou « *channel oriented* ») repose sur une « décomposition de l'espace en canaux [...] » selon laquelle « chaque canal est diffusé directement sur un haut-parleur »⁶⁰. Dans le cas d'une spatialisation multicanale, plusieurs canaux peuvent alors être associés à plusieurs haut-parleurs, bien que la configuration la plus courante associe à chaque canal un haut-parleur donné.

59. Du fait de sa disponibilité immédiate dans notre laboratoire, une interface MOTU Ultralite-mk3 Hybrid a été utilisée dans un premier temps.

60. PÉRIAUX, Bergame, OHL, Jean-Luc et THÉVENOT, Patrick, *Le Son multicanal. De la production à la diffusion du son 5.1, 3D et binaural*, Paris : Dunod, 2015, p. 17.

De nombreux outils logiciels utilisés en Musique Assistée par Ordinateur (MAO) et en musique électroacoustique, tels que des modules d'extension (« *plug-ins* ») de type « *panner* », associés à des séquenceurs audionumériques, permettent de spatialiser une source sonore en corrélant arbitrairement la position des canaux de sorties dans un espace virtuel – généralement une interface graphique visuelle en deux, voire trois dimensions – à la disposition réelle des haut-parleurs dans l'espace physique. En associant correctement chaque canal à son haut-parleur et en respectant les dispositions entre les modèles virtuel et physique, une ou plusieurs sources sonores peuvent alors être manipulées virtuellement dans l'interface visuelle (en temps réel ou *via* des automatisations) pour générer des sensations de déplacement dans l'espace physique de ces sources⁶¹.

Bien que notre système exploite des stimuli vibrotactiles reproduits par l'intermédiaire de haut-parleurs vibreurs, ce principe et ces outils peuvent être détournés et adaptés pour spatialiser des signaux vibrotactiles dans un système multicanal. Dans cette situation, l'environnement dans lequel sont disposés les haut-parleurs n'est pas l'espace réel d'une pièce dans lequel l'auditeur se situe physiquement, mais correspond alors à la surface du boîtier en contact avec le corps des utilisateurs.

8.2.2 Description des outils utilisés et implémentation des *paramètres trajectoriels*

Au regard du résultat que nous cherchons à obtenir – produire des trajectoires vibrotactiles telles que définies dans la *composition trajectorielle* – quelques outils existant en MAO et en musique électroacoustique permettent, d'une part, de définir virtuellement la disposition d'un nombre élevé de canaux de sorties et, d'autre part, de manipuler la position d'une source sonore dans cet espace virtuel pour reproduire ses déplacements dans l'espace physique.

Parmi ces outils figurent des solutions « prêtes à l'emploi », à intégrer ou non⁶² dans un séquenceur audionumérique⁶³, telles que, par exemple : les « Acousmodules », série de plug-ins de spatialisation développée par Jean-Marc Duchenne; ou encore « Spaces », issu de la suite logicielle GRM Tools développée par l'Ina-GRM. Ce dernier présente même plusieurs fonctionnalités permettant de générer, moduler et automatiser des trajectoires de déplacement du son dans l'espace. Toutefois, ce

61. Selon une approche « *what you see is what you get (WYSIWYG)* ».

62. Ces logiciels sont trivialement appelés « *standalone* » lorsque leur usage est réalisé en dehors du cadre d'un séquenceur audionumérique, c'est-à-dire en tant que logiciel à part entière et non en tant qu'extension d'un logiciel hôte.

63. Une approche alternative consiste à concevoir des outils et interfaces sur mesure à l'aide de logiciels de programmation à environnement graphique et modulaire, tels que PureData, Max, ou encore Usine Hollyhock de BrainModular.

plug-in faisant partie d'une collection payante, notre choix s'est d'abord porté sur un troisième outil, appelé « ReaSurround », accessible de manière native et gratuite depuis le séquenceur audionumérique REAPER (Cockos) ⁶⁴.

ReaSurround et ReaSurroundPan

ReaSurround est un module de spatialisation multicanale qui offre la possibilité de traiter jusqu'à soixante-quatre canaux d'entrée et de sortie. L'interface du module est structurée en deux sections : une section donnant accès aux contrôles des paramètres ; ainsi qu'une fenêtre graphique représentant virtuellement l'espace de diffusion en deux dimensions. Cette dernière permet de visualiser et de modifier dans l'espace virtuel : le nombre et la position de chaque sortie ; la position (coordonnées) de chaque source représentée par un curseur ; ainsi que des zones circulaires appelées zones d'« *influence* » ⁶⁵ prenant pour centre chaque sortie et représentant leur zone d'activation, leurs intersections et leurs chevauchements potentiels. Au-delà d'activer la reproduction du signal par le vibreur, ces zones d'influence offrent également une modulation progressive du niveau pour chaque sortie. Ce niveau augmente à mesure que le curseur de position de source s'approche du centre de la zone correspondante.

Ainsi, à l'instar du principe décrit précédemment, la position des canaux de sortie dans l'espace virtuel de l'interface de ReaSurround peut être corrélée, par simple déplacement, à la disposition réelle des haut-parleurs vibreurs (sorties physiques) dans le VMP (FIG. 8.7). De cette manière, dès lors qu'un signal sera envoyé par une source en entrée – par exemple généré à l'aide d'un instrument virtuel – les déplacements du curseur de position de cette source à travers les zones d'influence des sorties virtuelles seront physiquement reproduits, grâce à l'effet phi, en tant que mouvements vibrotactiles sur le corps de l'utilisateur.

En outre, parmi les paramètres de contrôle offerts par ReaSurround, le paramètre de « niveau de diffusion » (« *diffusion level* ») ⁶⁶ permet, à l'instar des zones d'activation affichées autour de la position des canaux de sortie, de générer et moduler une zone d'influence autour – cette fois-ci – du curseur de position des sources. Cette zone possède des propriétés similaires à celles des zones d'activation, à savoir moduler le niveau en fonction de la distance par rapport à son centre. Dans la terminologie

64. Nous utilisons la version 7.08, accessible gratuitement pendant une période d'évaluation de soixante jours sans restriction de fonctionnalité et sur la plupart des systèmes d'exploitation informatiques (ici macOS Sonoma 14.2.1). Au-delà d'inclure un outil de spatialisation pertinent et d'être utilisable gratuitement, REAPER possède également une bonne gestion de la composition multicanale et des systèmes multicanaux, *via* un système présentant une interface visuelle matricielle qui permet d'assigner des connexions virtuelles entre les canaux d'entrée et de sortie.

65. FRANCIS, Geoffrey, *Up and Running : a REAPER user guide v 7.08*, 2024, URL : <https://www.reaper.fm/userguide.php> (visité le 10/01/2024), p. 342.

66. *Ibid.*, p. 342.

courante des outils de spatialisation, ce paramètre est semblable à celui de « densité », qui détermine « comment l'énergie acoustique d'une source va se répartir sur les différents canaux de reproduction [...] »⁶⁷. Ainsi, ce paramètre peut enrichir les possibilités de création et de jeu spatial, en permettant de générer des mouvements de « contraction » et de « dilatation » des sources.

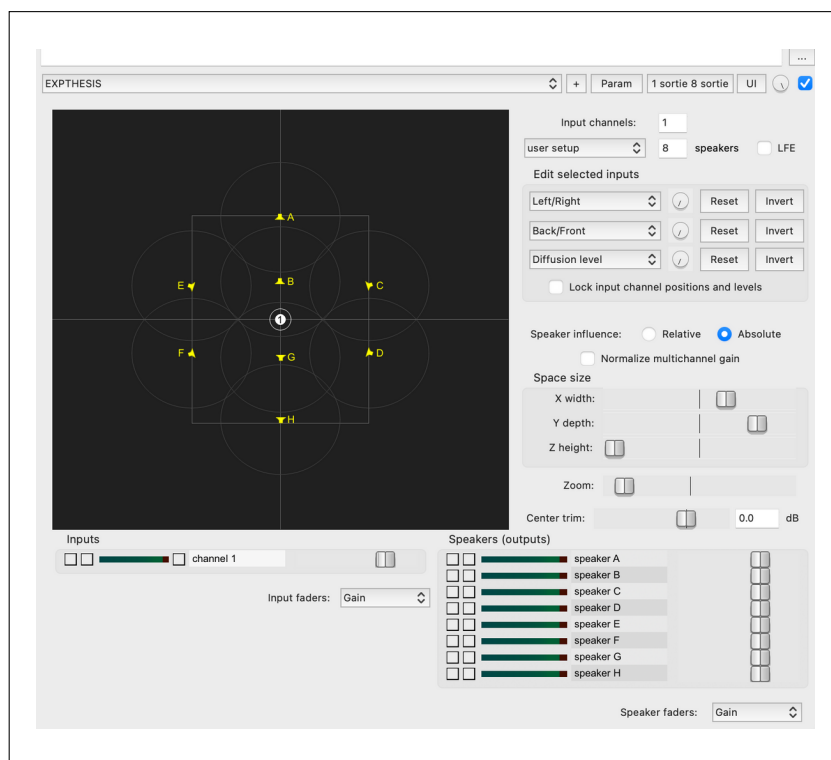


FIGURE 8.7 – Capture d'écran de l'interface de ReaSurround fonctionnant sur REAPER. Chacune des positions des différents canaux de sorties (énumérées de A à H) a été éditée dans l'espace virtuel pour correspondre à la réalité matérielle du dispositif. Au centre de cet espace se trouvent également : le curseur de position de la source (point 1), ainsi que les zones d'influence circonscrivant chacune des positions des sorties.

REAPER intègre nativement un deuxième outil similaire appelé ReaSurroundPan (FIG. 8.8), suite directe de ReaSurround plus complète que son prédécesseur et aux fonctionnalités régulièrement mises à jour⁶⁸. Les améliorations apportées par ReaSurroundPan par rapport à l'outil précédent sont nombreuses : de l'interface graphique plus conviviale aux performances accrues en termes de gestion et d'optimisation de

67. MERLIER, *op. cit.*, p. 49.

68. D'après le journal des modifications de REAPER, il semble que ReaSurround ne soit plus mis à jour depuis octobre 2021, c'est-à-dire peu après l'intégration de ReaSurroundPan au logiciel (mai 2021). Voir : <https://www.reaper.fm/whatsnew.txt>, (visité le 10-01-2024).

la spatialisation 3D (3 axes) et des zones d'influence. Toutefois, certains paramètres de contrôle, tels que le niveau de diffusion, n'ont pas été implémentés.

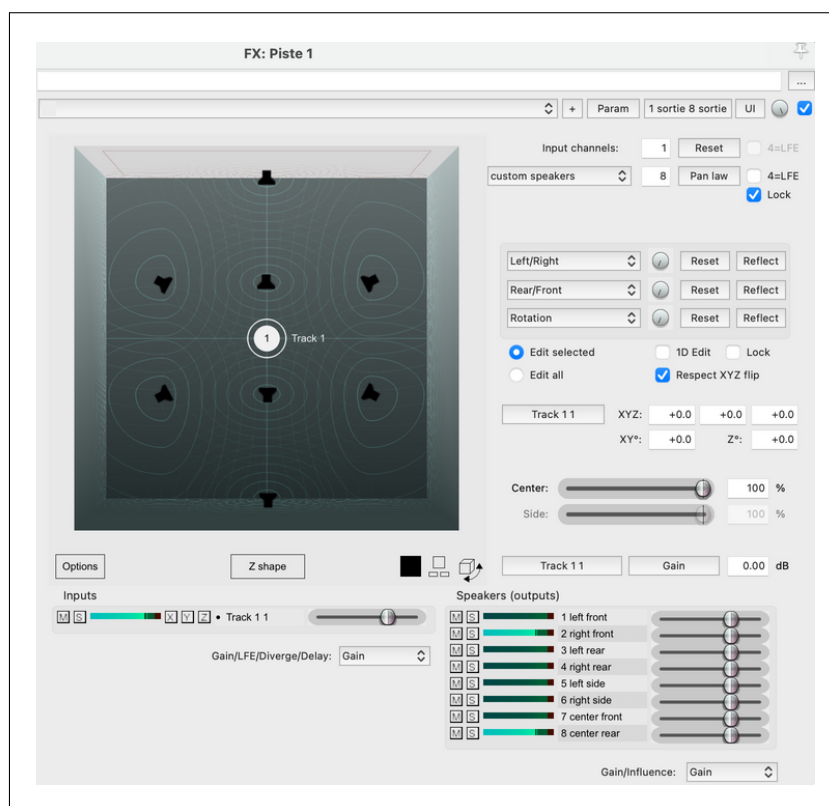


FIGURE 8.8 – Capture d'écran de l'interface de ReaSurroundPan fonctionnant sur REAPER.

Ainsi, malgré la rigidité de leur interface et de leur prise en main, ReaSurround et ReaSurroundPan, entièrement gratuits et intégrés nativement à REAPER, apparaissent comme étant deux outils particulièrement accessibles et intéressants pour exploiter la *composition trajectorielle*.

Spaces

Spaces est un module de spatialisation multicanale développé et commercialisé par le Groupe de Recherches Musicales (INA-GRM). Ce module permet de déplacer une source sonore multicanale, allant d'un à trente-deux canaux, dans un espace virtuel multicanal composé d'un à trente-deux canaux et aux positions entièrement éditables. Le déplacement de la source peut être « libre, aléatoire, ou suivre des trajectoires prédéterminées par l'utilisateur »⁶⁹. La structuration de l'interface de Spaces

69. FAVREAU, Emmanuel, *GRM Tools Spaces. Manuel de l'Utilisateur*, version 3.7, INA GRM, 2018.

en deux zones principales est similaire à celle de ReaSurround et ReaSurroundPan, à savoir : un panneau de contrôle général des différents paramètres et une fenêtre graphique représentant l'espace virtuel. Le panneau de contrôle présente également une section qui permet d'alterner entre les deux modes de contrôle de Spaces et d'accéder à une fenêtre supplémentaire appelée « *Layout* » ou « Gestionnaire de dispositions » en français. Cette dernière permet d'éditer la position des différents canaux et de la fixer dans l'espace virtuel.

Concernant les modes de contrôle, la position de la source peut être contrôlée selon le mode « Position » ou le mode « Trajectories » (FIG. 8.9). Le mode Position « place de façon statique la source à des coordonnées spécifiées par les potentiomètres left/right [axe x] et back/front [axe y] »⁷⁰. Ce mode de contrôle présente ainsi le même fonctionnement que ReaSurround. La position de la source peut être déplacée en contrôlant les faders des deux axes respectifs, ou en utilisant un dispositif de pointage. En revanche, Spaces ajoute par rapport à ReaSurround et ReaSurroundPan un second mode « Trajectories », dans lequel « la source suit des trajectoires qui peuvent être interpolées et dessinées »⁷¹.

Au-delà de la possibilité de créer directement des trajectoires libres ou prédéterminées en temps réel, le mode « Trajectories » donne également la possibilité d'enregistrer des trajectoires en préréglage (« *preset* ») sur des boutons assignables (par exemple en MIDI); de définir des modes de parcours des trajectoires (« loop », « bounce », « trajectory » ou « segment »); ou encore d'accéder à une fenêtre supplémentaire d'options « Dynamics ». Cette dernière permet « d'ajouter une variation dynamique de parcours de la trajectoire »⁷², soit, en d'autres termes, de générer des enveloppes pour faire évoluer la dynamique des trajectoires jouées. Ainsi, bien que son coût à l'achat est un critère qui doit être considéré, les possibilités d'expression offertes par Spaces et ses modes de contrôle font de ce module un outil particulièrement intéressant et puissant pour exploiter la *composition trajectorielle*.

8.2.3 Techniques de production de trajectoires

Plusieurs techniques peuvent être employées pour créer des trajectoires vibrotactiles grâce aux outils décrits précédemment. Comme ces outils sont traditionnellement mis en œuvre en studio ou en concert, les techniques de spatialisation de sources sonores dans un environnement multicanal et de production de trajectoires associées sont similaires. Ainsi, nous pouvons recenser trois techniques différentes, qui peuvent être ou non utilisées conjointement pour la VMC et compatibles avec ReaSurround, ReaSurroundPan et Spaces.

70. *Ibid.*

71. *Ibid.*

72. *Ibid.*

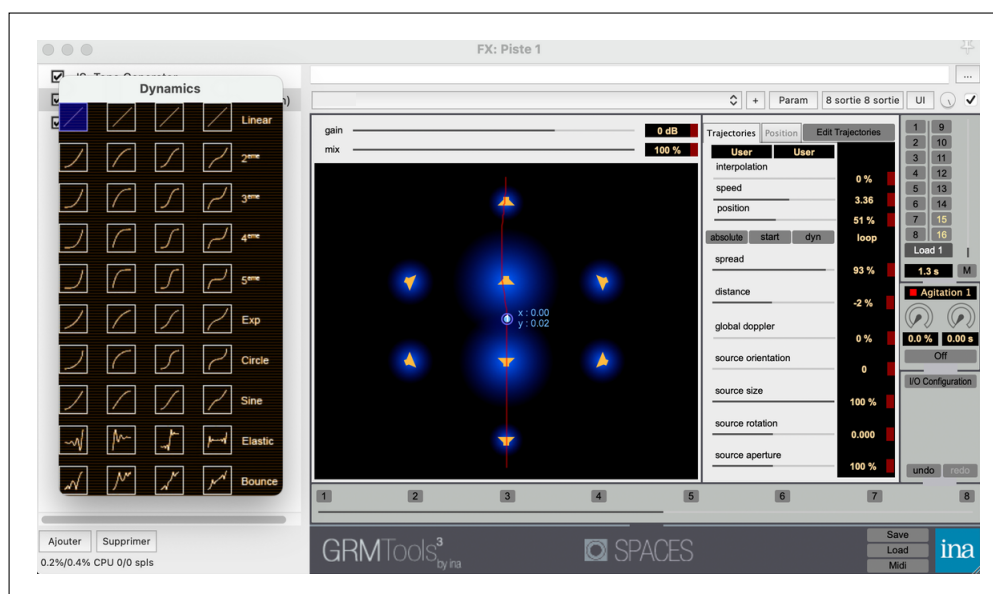


FIGURE 8.9 – Capture d'écran de l'interface de Spaces jouant, en mode « Trajectories », une trajectoire rectiligne verticale ascendante avec, à gauche, la fenêtre « Dynamics » ouverte.

Utilisation du dispositif de pointage

La première technique consiste, de manière rudimentaire, à contrôler directement le curseur fourni par le système d'exploitation informatique sur lequel le séquenceur audionumérique et les modules d'extension fonctionnent, à l'aide d'un dispositif périphérique matériel de pointage. Concrètement, il s'agit de déplacer manuellement le curseur de position de la source en entrée visible dans l'interface graphique de l'un ou l'autre des deux modules pour « dessiner » en temps réel des « figures d'espace »⁷³ aboutissant aux trajectoires. Cette technique peut être considérée comme la plus simple à mettre en œuvre et la plus accessible, car les dispositifs de pointage courants, tels que la souris ou le pavé tactile (« *trackpad* »), suffisent pour réaliser cette opération.

Toutefois, cette technique présente certains inconvénients. Premièrement, elle nécessite d'être opérée en deux temps et sollicite deux gestes différents : la sélection du curseur de position (maintien de la pression exercée sur le bouton de sélection du contrôleur, à l'image du clic de souris) et son déplacement (déplacement physique de la main dans le cas de cette même souris, ou du doigt dans le cas d'un pavé tactile). Deuxièmement, du fait que la position du curseur est définie par le mouvement, unique paramètre à être contrôlé, l'impossibilité de découpler la position du point

73. « Représentation graphique d'un mouvement ou d'une trajectoire sonore », ou encore « déplacement virtuel du son dans l'espace dont la trajectoire est identifiable par l'auditeur [le récepteur] comme une forme géométrique simple [...] ». Voir : MERLIER, *op. cit.*, p. 87.

d'arrivée d'une figure d'espace du point de départ de la suivante. De ce fait, les figures d'espace produites ne peuvent être pensées que selon un *continuum* dans leur enchaînement. Ensuite, d'un point de vue ergonomique, les périphériques de pointage cités plus haut ne sont pas conçus pour la création musicale et le jeu en temps réel, rendant difficile la production de trajectoires précises. Cette problématique spécifique peut être partiellement compensée par l'usage de dispositifs de pointage plus adaptés à l'interprétation spatiale d'œuvres en temps réel ou fixées sur support, tels qu'une boule de commande (« *trackball* »), un *joystick*, ou encore l'écran lui-même lorsque celui-ci possède une fonction tactile.

En revanche, sur ReaSurround, les positions des sorties virtuelles ne peuvent être verrouillées indépendamment du curseur de position de la source. Des erreurs de sélection peuvent ainsi être faites en déplaçant la position d'une sortie dans l'espace virtuel au détriment du curseur de position, notamment lorsqu'un dispositif de pointage est utilisé pour produire les trajectoires. Il n'y a pas cette contrainte sur ReaSurroundPan, du fait de la présence d'une option permettant de verrouiller essentiellement ces positions, et sur Spaces, dans lequel les positions des sorties sont fixées et définies dans le gestionnaire de dispositions.

Modulation et automation

Une deuxième technique repose sur l'utilisation de fonctionnalités internes aux séquenceurs audionumériques pour contrôler les paramètres des modules et des trajectoires. Deux fonctionnalités peuvent être utilisées pour parvenir à cette fin : la modulation et l'automation⁷⁴. La modulation consiste à faire varier, sans la définir, la valeur des paramètres de contrôle proposés par les modules. Cette action peut être réalisée, par exemple, grâce à l'adjonction d'un oscillateur basse fréquence, ou *Low Frequency Oscillator* (LFO)⁷⁵, pour faire varier périodiquement le paramètre affecté, ou grâce à la manipulation d'enveloppe lorsque cette fonction est accessible dans le séquenceur audionumérique utilisé⁷⁶.

Dans le contexte des trajectoires d'espace, l'utilisation d'un LFO pour moduler, par exemple, les coordonnées du curseur de position selon l'axe *x* va avoir pour effet de générer une trajectoire horizontale périodique. La fréquence, l'amplitude et la forme d'onde du LFO peuvent également être définies pour moduler respectivement la vitesse, la longueur et les positions de départ et de fin de la trajectoire. Néanmoins,

74. Parfois désignée en français « automatisation ».

75. En informatique musicale, la modulation de la spatialisation par un oscillateur basse fréquence est un procédé qui porte l'appellation courante d'« *autopan* ».

76. En informatique musicale, une enveloppe est une représentation graphique de l'évolution d'un paramètre en fonction du temps. Par exemple, en synthèse sonore, l'une des enveloppes les plus courantes est appelée « *ADSR* », pour « *Attack, Decay, Sustain, Release* ».

étant donné la périodicité du signal produit par le LFO, son usage n'est pas pertinent dans le cas de la production de trajectoires uniques (non périodiques). De plus, la quantité importante de paramètres à gérer (paramètres des modules et du LFO) rend son utilisation complexe et le résultat de la modulation des trajectoires produites par la variation de ses paramètres est peu limpide et difficile à anticiper.

Contrairement à la modulation, l'automation consiste à programmer la variation d'un paramètre dans le temps en définissant sa valeur de manière directe. Cette fonctionnalité est commune à la grande majorité des séquenceurs audionumériques. En règle générale, l'automation d'un paramètre se fait par l'édition d'une enveloppe – ou « courbe d'automation » – permettant de programmer, en créant différents points, l'évolution de la valeur du paramètre en fonction du temps. L'édition de la courbe d'automation peut être effectuée en temps différé, c'est-à-dire en dehors de l'écoulement temporel de la piste concernée (par exemple à l'avance), ou en temps réel, c'est-à-dire en enregistrant au fur et à mesure de la lecture de la piste la variation du paramètre à automatiser. Pour produire des trajectoires d'espace de tout type, des automatisations peuvent, par exemple, être appliquées pour faire varier les coordonnées du curseur de position sur l'axe x et l'axe y , quel que soit le module utilisé (FIG. 8.10).

Bien que cette technique apporte une grande précision et constitue un geste compositionnel, les automatisations peuvent être complexes à mettre en place, car peu intuitives et enclines à l'itération ou à la retouche. Par exemple, la plage de l'enveloppe d'automation proposée par ReaSurround n'est pas corrélée à la géométrie globale de l'espace virtuel défini au préalable. De ce fait, les deux valeurs qui bornent les limites de cette enveloppe peuvent être insuffisantes pour qu'une trajectoire puisse parcourir la totalité d'un axe. Là encore, cette contrainte n'est pas présente sur ReaSurroundPan (géométrie de l'espace non modifiable) et sur Spaces, rendant ainsi la gestion des automatisations plus abordable sur ces deux outils.

Surface de contrôle externe

Enfin, la troisième et dernière technique consiste à contrôler directement le séquenceur audionumérique et les paramètres du module utilisés par l'assignation (mapping) de ces paramètres à un flux de données communiqué par un dispositif d'interface matériel externe appelé « surface de contrôle », ou plus globalement « contrôleur ». Il existe aujourd'hui de nombreuses surfaces de contrôle sur le marché, de conceptions et de formes variées, pour un usage se voulant polyvalent ou destiné à un logiciel spécifique. La plupart des surfaces destinées à un usage *home studio* offrent une connectivité en série (utilisant la norme *Universal Serial Bus* ou USB) pour échanger des flux de données avec l'ordinateur, notamment *via* le protocole MIDI. De nos jours, la plupart des séquenceurs audionumériques permettent une assignation MIDI simplifiée entre un organe matériel de la surface de contrôle (un potentiomètre

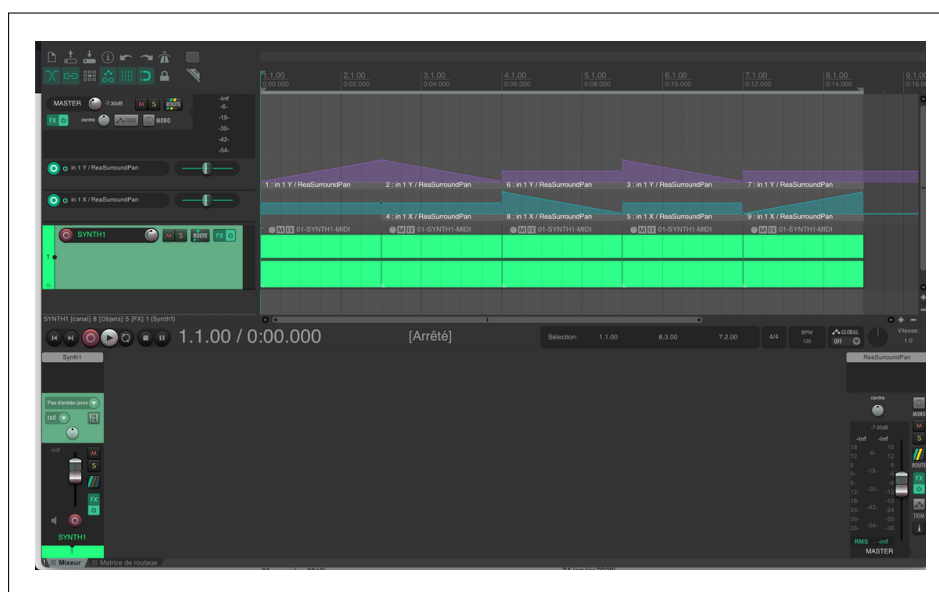


FIGURE 8.10 – Exemple de composition sur REAPER d’une séquence de trajectoires générée à partir de ReaSurroundPan et d’automations sur les axes x et y .

rotatif ou linéaire par exemple) et un paramètre de contrôle virtuel. Le mapping entre la plage de valeurs du paramètre contrôlé et la plage de valeurs des données MIDI couverte par le contrôleur peut également être édité.

Sur REAPER, chaque paramètre de contrôle et fonction offert par le séquenceur peut être assigné à un organe de la surface matérielle grâce à la fonction « *Learn* » (ou « Apprentissage » en français), qui permet une reconnaissance automatique de cet organe lorsque la valeur du signal MIDI est modifiée (par une action de l’utilisateur). L’assignation peut être effectuée depuis l’onglet « Actions », qui répertorie l’ensemble des paramètres pouvant être contrôlé en MIDI sur le logiciel, ou depuis la fenêtre des effets virtuels (« *FX* ») accessible sur chaque piste créée, onglet « *Param* », puis « *FX parameter list* ». Concernant les trajectoires, comme pour l’automation, la position du curseur de ReaSurround ou ReaSurroundPan sur l’axe x et l’axe y peut être contrôlée en assignant les coordonnées en x et en y à un organe dédié (par exemple, un potentiomètre par axe).

Moins précise que la technique de l’automation, car sujette aux gestes et à la virtuosité du musicien, l’utilisation de la surface de contrôle externe est cependant plus abordable, moins fastidieuse et présente l’option la plus pertinente pour un jeu scénique en temps réel. De plus, certaines surfaces de contrôle offrant un grand nombre d’organes, il est possible de contrôler à la fois les paramètres du module de

spatialisation choisi et ceux des instruments virtuels générant en amont les vibrations (par exemple la fréquence ou l'amplitude) ⁷⁷.

77. Notons qu'il est également possible de combiner les techniques entre elles. Par exemple, dans le cas d'une modulation générée par un LFO, les paramètres de cette modulation, qui influent donc sur la production des trajectoires, peuvent être contrôlés par une surface de contrôle externe.

CHAPITRE 9

Étude n° 1 : La *dégradation* des émotions exprimées par la musique lors de la Substitution Audio-Tactile (SAT) : une étude comparative entre individus sourds et individus non sourds

Sommaire du présent chapitre

9.1 Avant-propos	328
9.2 Introduction	328
9.3 Méthode expérimentale	333
9.3.1 Participants	333
9.3.2 Stimuli	334
9.3.3 Matériel	335
9.3.4 Procédure	337
9.4 Résultats	343
9.4.1 Reconnaissance des dimensions émotionnelles exprimées	344
9.4.2 Analyses des données qualitatives	348
9.5 Discussion	353
9.6 Limites de l'étude	355
9.7 Conclusion	356

9.1 Avant-propos

L'hypothèse théorique testée dans cette étude correspond à l'hypothèse n° 1 (cf. 7.2.2) selon laquelle les émotions exprimées par la musique sont *dégradées* lors de la SAT et que cette dégradation s'observe dans la correspondance entre les émotions exprimées par la musique et les émotions perçues chez les populations sourdes et non sourdes.

9.2 Introduction

Les technologies audio-tactiles, et en particulier les gilets vibrants, s'inscrivent aujourd'hui dans une panoplie d'outils techniques pour les professionnels du spectacle vivant désirant mettre en place un accès ciblant les Publics Sourds ou Malentendants (PSM) aux concerts musicaux (cf. 7.1.1). Un nombre croissant d'acteurs et de structures de diffusion musicale, salles de concert, festivals ou autres organismes associatifs, opèrent ainsi à leur acquisition chaque année et déploient cet équipement lors de concerts spécifiques, d'actions de médiation, d'information ou de sensibilisation autour des surdités, ou encore lors d'événements visant à faire découvrir des modes de perception alternatifs de la musique. Concernant plus particulièrement les actions visant les PSM, les gilets vibrants viennent ainsi étoffer l'arsenal technologique des dispositifs d'accessibilité déjà en place, tels que les BIM ou, dans une certaine mesure, l'interprétation en chansigne. Dans ce cadre, le rôle fonctionnel de cet équipement est de renforcer l'accès à l'expérience de concert et, par extension, au patrimoine musical, par l'exploitation de la modalité tactile, composante reconnue comme fondamentale de l'expérience musicale sourde¹.

Or, tel que nous l'avons mis en lumière précédemment dans cette thèse de doctorat, l'usage de ces technologies n'est, dans ce cadre, pas exempt de critiques et introduit de nombreux aspects problématiques (cf. 7.1.1), à savoir : un statut subsidiaire, un éloignement du principe d'accessibilité universelle, et un accès inégalitaire à l'expérience musicale. Ce dernier aspect est principalement induit par la SAT en tant que principe de codage utilisé par ces technologies pour restituer des signaux audio en signaux vibrotactiles. Par essence, la SAT, et plus globalement la substitution sensorielle « transforment des stimuli propres à une modalité sensorielle [l'audition] en des stimuli d'une autre modalité sensorielle [le toucher] »².

1. BRÉTÉCHÉ, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et "expérience musicale Sourde" ».

2. LENAY *et al.*, *op. cit.*

Toutefois, ce processus d'adaptation de l'expérience « réelle » en une expérience « simulée »³ provoque une perte d'informations qui peut impacter différentes dimensions musicales ou visuelles dans le cadre de l'expérience musicale vécue en concert (cf. 7.1.3). Si certaines de ces dimensions occupent une place récurrente à travers les témoignages courants des usagers sur le terrain, les émotions musicales sont, en revanche, une dimension qui présente un statut relativement ambigu dans le contexte de l'usage des technologies audio-tactiles décrit précédemment. En outre, bien que des travaux existent sur l'étude des émotions musicales médiées par la SAT, les dispositifs utilisés par les chercheurs restent globalement des prototypes expérimentaux éloignés de l'équipement disponible dans le commerce et déployé dans les salles de spectacle à l'heure actuelle.

À la lumière des témoignages que nous avons pu glaner au cours de concerts caractérisés par une mixité des publics (présence de sourds, de malentendants et d'entendants) ou encore des données qualitatives récoltées par Hénault-Tessier et son équipe⁴, le fait que « les vibrations donnent des émotions »⁵ semble former une proposition communément admise. Cependant, comme nous l'avons évoqué précédemment dans cette thèse (cf. 7.1.2) et selon les publics sourds ou malentendants interrogés par les auteurs et pour lesquels cela fait consensus, le « plaisir » que procurent les vibrations ressenties à travers la musique ne prend forme que dans la situation spécifique où ces vibrations viennent articuler et soutenir les informations visuelles et auditives transmises lors de l'expérience de concert⁶. Les auteurs suggèrent ainsi que : « ressenties seules, les vibrations ont une capacité d'émouvoir qui reste limitée »⁷.

Plusieurs éléments de discussion peuvent néanmoins être dégagés à partir de cette proposition et des travaux menés par Hénault-Tessier et son équipe. D'une part, les spécificités des terrains d'observation dans lesquels les chercheurs ont mené leur enquête (environnements spécifiques, dispositions et moyens mis en place, publics ciblés, etc.), couplées à la méthodologie employée pour récolter des données (observations *in situ*, entretiens individuels et données autodéclaratives), ne permettent pas de conclure quant à la capacité des vibrations, en particulier émises par des gilets vibrants, à produire des réponses émotionnelles dans un contexte musical. D'autre part, la formulation utilisée attribue la cause de l'effet (capacité d'émouvoir limitée) aux vibrations sans interroger en amont les limites des outils (système audio traditionnel ou gilet vibrant) et des techniques utilisées (principe de codage, caractéristiques musicales) pour leur diffusion. Or, comme nous l'avons vu et tel que l'ont

3. AUVRAY *et al.*, *op. cit.*

4. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

5. *Ibid.*

6. *Ibid.*

7. *Ibid.*

suggéré de nombreux travaux⁸, la prise en compte de ces facteurs amène à formuler des conclusions plus nuancées, voire en contradiction avec cette proposition. Enfin, l'expérience vécue à travers l'usage des gilets vibrants n'est différente de l'expérience perceptive des vibrations transmises dans l'air par les systèmes audio traditionnels qu'à travers un facteur extramusical lié aux libertés de déplacement dans l'espace que ces gilets offrent à l'utilisateur. Dans cette perspective, qui s'inscrit pleinement dans les problématiques mises précédemment en lumière de la SAT (cf. 7.1.1), le gilet vibrant n'est alors compris que comme un outil de mobilité et « d'amplification des vibrations sonores »⁹.

Ainsi, cette perspective nécessite selon nous d'être approfondie, dans la mesure où celle-ci introduit une ambiguïté quant au fonctionnement réel de ces technologies¹⁰ et ignore les variabilités potentielles dues au principe du codage utilisé (origine et traitement du signal appliqué). En outre, attribuer au gilet vibrant un apport strictement extramusical lui confère un rôle passif face aux réponses émotionnelles potentiellement vécues chez un individu au contact de la musique diffusée en concert.

Au regard de l'état des connaissances actuelles, il n'est donc pas certain que les gilets vibrants puissent avoir un rôle actif dans la transmission du contenu émotionnel de la musique et que cette dernière, à l'image des critiques visant le TVSS, conserve sa signification émotionnelle à l'issue de cette transmission¹¹. De manière générale, les connaissances sur la transmission du contenu émotionnel de la musique à travers des stimuli vibrotactiles restent approximatives¹².

Les rares données existantes sur l'usage des gilets vibrants proviennent des travaux de Schmitz et ses collègues mentionnés précédemment (cf. 6.3.2). Bien que ces travaux n'aient pas été soumis au processus d'évaluation par les pairs¹³, les auteurs offrent un cadre méthodologique et des résultats pouvant fournir des pistes intéressantes. En l'occurrence, l'objectif de cette étude était de comprendre dans quelle mesure les personnes sourdes profondes pouvaient percevoir les émotions musicales à travers les vibrations délivrées par un gilet vibrant du commerce (SubPac M2X). Au total, seize

8. Par exemple, comme le suggèrent Maria Karam et son équipe à travers leurs travaux sur le MHC : « les résultats montrent que les modalités auditive et vibratoire ne transmettent pas l'émotion (activation et valence) et le plaisir de la même manière ». Notre traduction. Voir : KARAM, RUSSO et FELS, *op. cit.*

9. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

10. Selon nous, le terme utilisé dans l'article de « vibrations sonores » est sujet à interprétation. L'attribution de l'adjectif « sonores » aux vibrations semble ici renvoyer plus particulièrement aux vibrations acoustiques transmises dans l'air. Si tel est le cas, alors le gilet vibrant est perçu comme un dispositif de captation – par exemple microphonique – de ces ondes sonores, d'amplification et de reproduction, traduisant, de fait, un mode de fonctionnement qui ne correspond pas au fonctionnement réel.

11. FOURNEY et FELS, *op. cit.*

12. REMACHE-VINUEZA *et al.*, « Mapping monophonic MIDI tracks to vibrotactile stimuli using tactile illusions ».

13. SCHMITZ, HOLLOWAY et CHO, *op. cit.*

participants britanniques sourds profonds congénitaux ont été interrogés et testés. La tâche principale était basée sur l'évaluation de vingt extraits de musiques pour piano – issus des travaux de Vieillard et son équipe¹⁴ – à partir des approches dimensionnelle (couple activation-valence) et catégorielle (identification de l'émotion discrète parmi une liste de quatre items).

Tout d'abord, à l'issue des entretiens qualitatifs, la plupart des participants ont déclaré que le gilet vibrant utilisé avait amélioré leur expérience de la musique dans le cadre de l'étude¹⁵, voire avait, chez certains, augmenté le plaisir lors de l'écoute. Ces résultats semblent ainsi corroborer les propos rapportés par Hénault-Tessier et son équipe dans un contexte géographique et culturel différent¹⁶. Ensuite, les résultats de l'étude suggèrent que le tempo et l'intensité sont les caractéristiques musicales impliquées dans le processus de distinction des émotions musicales. Par exemple, la plupart des participants ont été en mesure de distinguer les extraits associés à la colère ou à la joie (intensité élevée, tempo rapide) des extraits associés à la tristesse ou à la tranquillité (intensité faible, tempo lent) à partir de ces caractéristiques. Cette distinction a également été soulignée dans le jugement de l'activation, jugée plus forte pour les extraits associés à la colère ou à la joie que pour les extraits associés à la tristesse ou à la tranquillité. Ce résultat suggère ainsi que l'activation serait une dimension conservée lors de la SAT de musiques chez les publics sourds.

Néanmoins, de nombreuses limites ont également été soulignées. À l'image de nos observations et des critiques que nous avons formulées précédemment (cf. 7.1.3), la principale limite exprimée concernait la faiblesse des informations fournies par le gilet vibrant, au point de pouvoir compromettre la tâche de distinction des émotions musicales. Cette limite a notamment été mise en lumière par le jugement de la valence chez les participants. En effet, la plupart des participants ont, d'une part, eu tendance à donner une valence positive à la majorité des extraits et ont, d'autre part, échoué à distinguer les extraits associés à la tristesse des extraits associés à la tranquillité. De ce fait, selon les auteurs : « bien que les sourds profonds semblent percevoir les vibrations comme positives dans l'ensemble, le retour vibrotactile n'a pas pu faire en sorte que les participants ressentent réellement toutes les émotions musicales prévues »¹⁷.

Dès lors, les résultats de l'étude de Schmitz et ses collègues suggèrent que l'ensemble des dimensions émotionnelles de la musique ne semble pas conservé lors de la SAT appliquée aux participants sourds. En outre, si l'activation semble conservée, la valence apparaît, quant à elle, dégradée à l'issue du processus. Ainsi, la capacité de ces technologies – dont le principe de fonctionnement repose sur la SAT – à véhiculer des réponses émotionnelles semblables à celles suscitées lors d'une écoute auditive

14. VIEILLARD *et al.*, *op. cit.*

15. SCHMITZ, HOLLOWAY et CHO, *op. cit.*

16. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

17. Notre traduction. Voir : SCHMITZ, HOLLOWAY et CHO, *op. cit.*

et leur capacité à transmettre les émotions exprimées par la musique ne sont pas clairement établies.

La présente étude n° 1 de cette thèse de doctorat propose donc d'explorer la capacité des gilets vibrants, dispositifs couramment utilisés dans le cadre de l'accessibilité des personnes sourdes ou malentendantes à l'expérience de concert aujourd'hui, à transmettre les émotions exprimées par la musique chez un panel de participants mixte (participants sourds et non sourds). Plus globalement, il s'agit, au regard de la question de recherche principale de cette thèse de doctorat, d'interroger la pertinence de cet équipement à être utilisé en tant que dispositif lié à l'accessibilité. Au regard des critiques sur la substitution sensorielle et la SAT précédemment soulevées, l'hypothèse théorique testée dans cette étude correspond à l'hypothèse n° 1 (cf. 7.2.2) selon laquelle les émotions exprimées par la musique sont *dégradées* lors de la SAT et que cette dégradation s'observe dans la correspondance entre les émotions exprimées par la musique et les émotions perçues chez les populations sourdes et non sourdes.

Pour tester cette hypothèse théorique, nous avons examiné, à partir d'un paradigme expérimental modifié des travaux de Nineuil et ses collègues¹⁸, les performances de reconnaissance des émotions musicales exprimées par un ensemble d'extraits de musiques de film connu de la littérature¹⁹ que nous avons diffusé à des participants sourds et non sourds (entendants ou malentendants) à travers deux conditions d'écoute différentes (variables indépendantes) impliquant chacune la diffusion tactile *via* le gilet vibrant. Cependant, l'une de ces conditions présente une diffusion auditive des extraits et l'autre présente un stimulus de masquage auditif neutralisant les indices dans cette modalité. Afin de caractériser les émotions musicales des extraits diffusés, nous avons utilisé le modèle dimensionnel en invitant les participants à donner leur jugement sur deux dimensions : l'activation et la valence (variables dépendantes). Les participants ont été également invités à exprimer le plaisir ressenti à l'écoute des extraits.

Ainsi, concernant les résultats attendus, nous dressons les hypothèses opérationnelles suivantes :

1. L'activation est conservée à l'issue de la SAT.
2. La valence se trouve, quant à elle, dégradée à l'issue de la SAT. Nous nous attendons à observer un taux d'échec significativement élevé dans l'identification de la valence chez les participants à l'issue de la présentation des stimuli en condition d'écoute [audio + masquage audio].

18. NINEUIL, Clémence, DELLACHERIE, Delphine et SAMSON, Séverine, « French adaptation of a film music stimulus set : Normative emotional ratings of valence and arousal prompted by music excerpts », in : *Psychology of Music* 50.5, 2022, p. 1707-1715.

19. EEROLA et VUOSKOSKI, *op. cit.*

Enfin, sans formuler d'hypothèse opérationnelle à part entière sur ces aspects, nous nous attendons également à ce que l'hypothèse précédente s'observe chez les participants sourds lorsque les stimuli sont présentés en condition d'écoute [audio + vibrations]. Du fait des situations de surdité, les indices auditifs ne permettront pas aux participants sourds d'identifier la valence des extraits, suggérant un taux d'échec élevé chez ces participants, quelle que soit la condition d'écoute proposée. De plus, il est possible que certaines caractéristiques intramusicales (tempo, intensité, procédés de composition spécifiques, etc.), particulièrement bien reproduites par la SAT, puissent agir comme des indices clés dans la reconnaissance des émotions exprimées par certains extraits, conformément aux suggestions faites par Schmitz et ses collègues²⁰.

9.3 Méthode expérimentale

9.3.1 Participants

Les passations ont eu lieu entre mars et avril 2024 au sein du bâtiment Imaginarium situé à la Plaine Images (Tourcoing, France). Une campagne de recrutement a été menée une semaine avant le début des tests, à travers différents canaux de communication :

- sur les réseaux sociaux utilisés par les sourds (groupe « Sourdscope Hauts-de-France » sur Facebook) et sur le réseau social professionnel LinkedIn;
- par l'intermédiaire des associations locales s'adressant à des usagers sourds ou malentendants (Signes de Sens; Surdi 59);
- de personne à personne, en transmettant l'information à notre propre réseau de connaissances personnelles (artistes et personnalités en lien avec les milieux sourds, etc.);
- par affichage de tracts (« *flyers* ») mis à disposition dans des lieux de passage (campus universitaires et commerces locaux de la Métropole Européenne de Lille) (cf. A);
- directement sur le site de passation des tests, *via* un support visuel (affiche) et par annonces vocales.

La lettre d'information présentant les modalités de l'étude a été fournie aux participants, accessible *via* un lien de téléchargement, puis consultable sur place. Afin de rendre parfaitement intelligible l'ensemble des informations contenues dans cette lettre, un texte synthétique a été rédigé et traduit en LSF par un traducteur professionnel sourd. La vidéo produite a été augmentée de sous-titres adaptés (police de caractère sans empattement, de couleur blanche sur fond contrasté semi-opaque

20. SCHMITZ, HOLLOWAY et CHO, *op. cit.*

noir), hébergée sur une plateforme vidéo en ligne (YouTube) et fournie en complément de la lettre d'information²¹. Toujours dans le but de faciliter la venue des participants potentiels – notamment sourds ou malentendants – une page web a été créée (*via* le logiciel Notion) pour indiquer, en utilisant des photographies avec annotations visuelles (fléchage), l'accès au lieu de passation de l'étude depuis les transports en commun.

9.3.2 Stimuli

Les stimuli sélectionnés consistent en des extraits de musiques de film instrumentales issues du « FMSS » introduit par Eerola et Vuoskoski²². Bien que la musique de film ne soit pas un genre musical joué de manière prédominante en concert, celui-ci est particulièrement reconnu pour sa fonction émotionnelle²³ et pour être une puissante source d'émotions²⁴. De plus, plusieurs travaux ont exploité le FMSS pour mener des études à grande échelle dans le domaine des sciences cognitives et affectives, contribuant à forger une base de connaissances robuste et connue de la littérature. Une étude récente a notamment souligné la validité interculturelle des réponses émotionnelles autodéclarées à l'écoute de ces musiques dans différents pays d'Europe de l'Ouest, incluant la France, en comparant les résultats obtenus dans d'autres études avec ceux issus d'un panel de participants français²⁵. Les résultats de ces travaux suggèrent également que le FMSS est particulièrement bien adapté aux jugements émotionnels mesurés à partir du modèle dimensionnel fondé sur le couple activation et valence²⁶. Ainsi, bien que cet ensemble d'extraits n'ait été validé qu'auprès de populations entendant en France, il fournit une base standardisée pertinente pour notre thèse de doctorat.

De ce fait, le paradigme expérimental utilisé a été repris des travaux de Nineuil et son équipe²⁷ et a été modifié pour correspondre aux spécificités de la présente étude. Pour la phase de test principale, 16 extraits ont été sélectionnés parmi les 110

21. Pour visionner la vidéo, voir : https://www.youtube.com/watch?v=4_z4S7DuvFw

22. EEROLA et VUOSKOSKI, *op. cit.*

23. ROSSI, Jérôme, *L'Analyse de la musique de film : histoire, concepts et méthodes*, Lyon : Symétrie, 2021.

24. COHEN, Annabel J., « Chapter 31. Music as a source of emotion in film », in : JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 879-908.

25. NINEUIL, DELLACHERIE et SAMSON, *op. cit.*

26. *Ibid.*

27. NINEUIL, Clémence, « Neuropsychologie des émotions et de la mémoire musicale dans l'épilepsie du lobe temporal », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Séverine SAMSON et de Delphine DELLACHERIE, Lille, Université de Lille, 2022, p. 112-148.

présentés dans le FMSS²⁸. Ces extraits ont été classés en groupes de quatre correspondant aux quatre combinaisons émotionnelles d'activation-valence : activation forte et valence positive [A+ ; V+] ; activation forte et valence négative [A+ ; V-] ; activation faible et valence positive [A- ; V+] ; ainsi qu'activation faible et valence négative [A- ; V-]. L'ensemble des extraits choisi est présenté dans le TAB. 9.1. Trois extraits supplémentaires – non visibles dans le TAB. 9.1 – ont également été choisis pour être diffusés comme stimuli de démonstration pendant une phase d'entraînement préalable, amenant le nombre total d'extraits sélectionnés à 19. À l'instar des précautions courantes appliquées aux émotions musicales dans les travaux psychométriques, les musiques les plus célèbres ou comportant des paroles chantées ont été écartées dans la procédure de sélection afin de contrôler l'effet de familiarité²⁹. En outre, pour contrôler le biais dû à la perception d'indices par le système auditif *via* la propagation des stimuli vibrotactiles à travers le corps (cf. 1.2.2) chez les participants entendants ou présentant une surdité de transmission, un stimulus de masquage auditif (bruit blanc) a été appliqué³⁰. La durée de chacun des extraits a été fixée à 15 s (± 1 s) selon la méthodologie expérimentale utilisée par Nineuil et son équipe³¹ et les suggestions de standardisation faites par les auteurs dans d'autres travaux³². Enfin, le niveau sonore de l'ensemble des extraits a été préalablement normalisé.

9.3.3 Matériel

La figure FIG. 9.1 présente une illustration schématique du dispositif expérimental utilisé pour l'étude. Au regard des dispositifs audio-tactiles musicaux disponibles dans le commerce et utilisés dans le cadre de l'accessibilité des personnes sourdes ou malentendantes au concert, plusieurs choix possibles se sont présentés pour délivrer les stimuli lors de l'expérience. Notre choix final s'est porté sur un gilet vibrant Subpac M2, gracieusement mis à disposition par la salle de concert lilloise L'Aéronef³³

28. Ces 16 extraits ont été sélectionnés parmi les 32 extraits « ayant obtenu le plus haut degré d'accord inter-juges » selon Nineuil. Voir : *ibid.*, p. 120-121.

29. L'effet de familiarité implique que lorsqu'une musique est connue d'un individu, les émotions induites peuvent être renforcées chez ce dernier par des événements liés à son expérience personnelle plutôt qu'aux caractéristiques de la musique elle-même. De ce fait, les émotions exprimées par les participants peuvent être décrites comme étant plus intenses lorsque la musique est familière que lorsqu'elle ne l'est pas, ce qui peut représenter un biais méthodologique. Voir : JANATA, Petr, TOMIC, Stefan T. et RAKOWSKI, Sonja K., « Characterization of music-evoked autobiographical memories », in : *Memory* 15.8, 2007, p. 845-860.

30. HOPKINS, Carl *et al.*, « Perception and learning of relative pitch by musicians using the vibrotactile mode », in : *Musicae Scientiae* 27.1, 2023, p. 3-26.

31. NINEUIL, *op. cit.*, p. 112-148.

32. NINEUIL, DELLACHERIE et SAMSON, *op. cit.*

33. La convention de mise à disposition temporaire est disponible dans les annexes de cette thèse de doctorat (cf. A).

No FMSS ^b	Album (année)	No Titre	Min :Sec ^c	Activation	Valence	Comb. émotionnelle
22	Batman : Original Motion Picture Score (1989)	18	00 :55 – 01 :10	Forte	Positive	A+V+
23	Shallow Grave (1995)	6	02 :02 – 02 :17	Forte	Positive	A+V+
25	Oliver Twist (2005)	1	00 :17 – 00 :32	Forte	Positive	A+V+
57	Shakespeare In Love (1998)	21	00 :03 – 00 :18	Forte	Positive	A+V+
1	Lethal weapon 3 (1992)	8	04 :15 – 04 :30	Forte	Négative	A+V-
2	The Rainmaker (1997)	7	01 :45 – 02 :00	Forte	Négative	A+V-
3	The Alien Trilogy (1996)	9	00 :03 – 00 :18	Forte	Négative	A+V-
69	Hellraiser (1987)	5	00 :00 – 00 :15	Forte	Négative	A+V-
26	The Omen (1976)	9	00 :00 – 00 :15	Faible	Positive	A-V+
29	The Portrait of a Lady (1996)	3	00 :23 – 00 :38	Faible	Positive	A-V+
30	Nostradamus (1994)	2	01 :09 – 01 :24	Faible	Positive	A-V+
47	Oliver Twist (2005)	8	01 :15 – 01 :30	Faible	Positive	A-V+
31	The English Patient (1996)	18	00 :07 – 00 :22	Faible	Négative	A-V-
32	Running Scared (1986)	15	02 :06 – 02 :21	Faible	Négative	A-V-
64	The Fifth Element (1997)	9	00 :00 – 00 :15	Faible	Négative	A-V-
87	Road to Perdition (2002)	16	00 :17 – 00 :32	Faible	Négative	A-V-

TABLERAU 9.1 – Extraits musicaux du FMSS sélectionnés, à partir de la méthodologie employée dans les travaux de Nineuil^a, comme stimuli de la phase de test principale.

^a NINEUIL, *op. cit.*, p. 120-121.

^b EEROJA et VUOSKOSKI, *op. cit.*

^c Durée standardisée à 15 s.

pour l'étude et qui est l'un des HMP les plus couramment utilisés pour cet usage aujourd'hui³⁴. Le modèle utilisé présente un poids total de 2,3 kg, une bande passante allant de 1 à 200 Hz et embarque un total de deux vibreurs alignés selon un axe vertical³⁵. Contrairement aux modèles plus récents qui peuvent être couplés avec une application dédiée sur smartphone, le gilet vibrant utilisé ne possède pas d'interface de contrôle graphique permettant de régler précisément les paramètres d'écoute, en particulier le volume de sortie des signaux audio (casque) et tactile. De ce fait, pour la phase de test de cette étude, le volume de sortie du signal tactile a été réglé au maximum sur le contrôleur matériel intégré (potentiomètre rotatif).

En parallèle du gilet vibrant, un casque audio de qualité studio professionnel Beyerdynamic DT770 Pro fermé a été utilisé pour délivrer, en fonction des conditions opératoires, les extraits musicaux (sortie casque du gilet vibrant) ou le stimulus de masquage auditif (générateur de bruit blanc). Pour diffuser ce dernier, nous avons utilisé une carte de programmation audio embarquée Bela Mini – indépendante du reste du système – sur laquelle a été téléchargé un patch PureData conçu pour générer un bruit blanc en continu. De cette manière, la commutation entre la lecture des extraits musicaux et le stimulus de masquage auditif s'effectue par de simples changements de connexion entre la sortie casque du gilet vibrant et la sortie casque de la carte Bela.

9.3.4 Procédure

Le protocole a été conduit conformément aux principes éthiques définis par la Déclaration d'Helsinki³⁶. Les participants ont été testés individuellement. Après avoir été accueilli, chaque participant s'est vu remettre une copie de la lettre d'information décrivant les modalités de l'étude et deux exemplaires du formulaire de déclaration de consentement. La transmission et la compréhension des informations fournies en vue d'obtenir un consentement éclairé des participants sourds dans le cadre des travaux scientifiques peuvent être une source connue d'obstacles et d'échecs dans la conduite

34. Avec le Subpac M2X, version plus récente, et le gilet Woojer Vest Edge, ces deux modèles étant distribués par l'entreprise française TiMMPI auprès des professionnels en France. Il convient de noter que les fabricants de ces produits ont récemment commercialisé de nouvelles générations : le Vest 3 pour Woojer et le X1 pour SubPac. De ce fait, le modèle de gilet vibrant utilisé pour cette étude n'est plus proposé au catalogue chez TiMMPI, mais reste encore utilisé à l'heure actuelle, que ce soit en salle de concert ou en festival.

35. L'ensemble des caractéristiques techniques de ce modèle peut être retrouvé sur le site web du fabricant. Voir : <https://subpac.com/subpac-m2/>, (visité le 15-03-2023).

36. WORLD MEDICAL ASSOCIATION, « World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects », in : *JAMA* 310.20, 2013, p. 2191-2194.



FIGURE 9.1 – Schéma du dispositif expérimental, avec : (A) le logiciel OpenSesame fonctionnant sur ordinateur; (B) le générateur du stimulus de masquage; (C) le gilet vibrant Subpac M2; (D) le casque audio Beyerdynamic DT770 Pro; (E) l'émetteur du téléavertisseur. La connexion du casque audio peut être permutée manuellement entre (1) le gilet vibrant et (2) le générateur du stimulus de masquage. La connexion entre la source du signal audio (ordinateur) et le gilet vibrant est assurée en Bluetooth.

des tests expérimentaux³⁷. De ce fait, l'ensemble des informations contenues sur ces documents a été rédigé en français en suivant les recommandations formulées par les *National Institutes of Health* (NIH)³⁸. Parmi les principales recommandations que nous avons appliquées, le niveau de langue utilisé a volontairement été simplifié, les termes techniques trop complexes ont été bannis et des éléments visuels (puces typographiques, images d'illustration) ont été introduits afin de faciliter l'intelligibilité et la compréhension de ces informations auprès des participants sourds. Une vidéo explicative en LSF, réalisée par un traducteur sourd professionnel diplômé, a également été mise à disposition des participants utilisant cette langue comme modalité de communication principale. Aucun détail sur l'hypothèse théorique testée dans l'étude n'a été donné. En revanche, l'objectif concret de l'étude – améliorer l'accessibilité des personnes sourdes ou malentendantes à l'expérience de la musique en concert

37. ANDERSON, Melissa L. *et al.*, « Deaf ACCESS : Adapting consent through community engagement and state-of-the-art simulation », in : *Journal of Deaf Studies and Deaf Education* 25.1, 2020, p. 115-125.

38. NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, *Guidelines on communicating informed consent for individuals who are deaf or hard-of-hearing and scientists*, 2019, URL : <https://www.nih.gov/health-information/nih-clinical-research-trials-you/guidelines-communicating-informed-consent-individuals-who-are-deaf-or-hard-hearing-scientists> (visité le 26/10/2023).

– a été souligné à plusieurs reprises afin de renforcer l’engagement et la motivation des participants tout en limitant le risque d’abandons éventuels. Un spécimen de la lettre d’information et du formulaire de déclaration de consentement sont visibles en annexe de cette thèse de doctorat (cf. A). En cas de questions ou de remarques, les participants disposaient également d’une ardoise blanche et de feutres pour pouvoir communiquer par écrit si besoin.

Après avoir donné leur consentement éclairé, les participants ont été invités à rejoindre une salle à l’environnement calme, sans fenêtres donnant sur l’extérieur ou éléments pouvant représenter une source de distraction visuelle potentielle. Pendant toute la durée de l’étude, un système de téléavertisseur lumineux permettait aux participants d’appeler les chercheurs à distance afin de demander de l’aide ou de poser une question, limitant ainsi les effets perturbateurs liés à la présence des instigateurs de l’étude au sein de la pièce de passation. Une fois assis sur une chaise et installés à une table en face d’un ordinateur, les participants ont été invités à fournir de manière anonyme³⁹ des informations démographiques, médicales, relatives à leur niveau d’expertise⁴⁰ et d’hédonisme musical, ou à leur niveau de connaissance des gilets vibrants en répondant à un questionnaire administré sur ordinateur *via* le logiciel OpenSesame (version 4.0 *Melodramatic Milgram*). Les questions médicales portaient sur le degré d’audition, la nature de la surdité éventuelle, ou encore le port ou non d’un appareil audioprothétique (prothèse, implant, nombre, localisation, etc.). Les questions relatives au niveau d’hédonisme musical sont issues de la traduction française validée⁴¹ du « *Barcelona Music Reward Questionnaire* (BMRQ) »⁴².

Concernant l’échelle de réponse utilisée pour mesurer la valence et l’activation, notre choix s’est porté sur une échelle de Likert à 5 points (FIG. 9.2) basée sur la

39. Un code d’identification unique a été attribué à chaque participant à l’issue de la déclaration de consentement.

40. Le niveau d’expertise (de formation) musicale est une variable systématiquement contrôlée dans les études expérimentales sur les émotions musicales. Toutefois, comme le suggèrent Bigand et son équipe, les réponses émotionnelles à la musique (occidentale) ne dépendent pas significativement du niveau d’expertise. Voir : BIGAND *et al.*, *op. cit.*

41. SALIBA, Joe *et al.*, « French validation of the Barcelona Music Reward Questionnaire », in : *PeerJ [Online]* 4 :e1760, 2016, URL : <https://peerj.com/articles/1760/>.

42. MAS-HERRERO, Ernest *et al.*, « Individual differences in music reward experiences », in : *Music Perception* 31.1, 2013, p. 118-138.

« SAM »⁴³, appelée « UC3M4Safety »⁴⁴. Initialement proposées par Lang⁴⁵, les échelles SAM ont été développées pour permettre aux personnes interrogées d'exprimer leurs jugements émotionnels en utilisant une technique de notation non verbale des différentes dimensions principalement basées sur des images⁴⁶. Cet outil permet ainsi de pallier les problèmes liés aux échelles de notation verbales, telles que, par exemple, la nécessité de devoir interpréter des informations écrites dans une langue étrangère, de les traduire et de faire valider leur traduction, ou encore d'induire des obstacles chez les populations dont le niveau de langue est insuffisant, présentant des difficultés à la lecture ou des troubles liés à la compréhension. De ce fait, les échelles SAM sont particulièrement utilisées dans la littérature scientifique et dans de nombreux travaux sur les émotions musicales pour évaluer plusieurs dimensions⁴⁷. Pour toutes ces raisons, le recours à une échelle SAM semblait donc particulièrement bien approprié dans le cadre d'une étude testant des participants sourds. De plus, bien qu'elle soit issue de travaux récents, la SAM UC3M4Safety a été spécifiquement choisie afin d'éviter les biais potentiels d'évaluation émotionnelle liés au genre des participants⁴⁸. En revanche, bien que la plupart des études exploitant les échelles SAM intègrent la « dominance »⁴⁹ comme une dimension à part entière de la valence et de l'activation⁵⁰, nous avons fait le choix, à l'image d'autres travaux⁵¹, de n'utiliser que ces deux dernières dimensions et d'écarter la dominance afin de limiter, comme le suggèrent Nineuil et son équipe⁵², les problèmes de compréhension potentiels chez les participants.

Une fois la phase préliminaire accomplie, la seconde phase de l'étude consistait en une tâche de familiarisation avec le dispositif expérimental, incluant notamment

43. BRADLEY, Margaret M. et LANG, Peter J., « Measuring emotion : The self-assessment manikin and the semantic differential », in : *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 25.1, 1994, p. 49-59.

44. SAINZ-DE-BARANDA ANDUJAR, Clara *et al.*, « Gender biases in the training methods of affective computing : Redesign and validation of the Self-Assessment Manikin in measuring emotions *via* audiovisual clips », in : *Frontiers in Psychology* 13.955530, 2022.

45. LANG, P. J., « Behavioral treatment and bio-behavioral assessment », in : SIDOWSKI, J. B., JOHNSON, J. H. et WILLIAMS, T. A., *Technology in Mental Health Care Delivery Systems*, Norwood : Ablex Publishing Corporation, 1980, p. 119-167.

46. BRADLEY et LANG, *op. cit.*

47. IMBIR, Kamil et GOŁĄB, Maria, « Affective reactions to music : Norms for 120 excerpts of modern and classical music », in : *Psychology of Music* 45.3, 2016, p. 432-449.

48. SAINZ-DE-BARANDA ANDUJAR *et al.*, *op. cit.*

49. La dominance est définie comme : « la mesure dans laquelle les sensations et les réactions affectives évoquées par un stimulus sont contrôlables ». Notre traduction. Voir : IMBIR et GOŁĄB, *op. cit.*

50. FONTAINE, Johnny R. J. *et al.*, « The world of emotions is not two-dimensional », in : *Psychological Science* 18.12, 2007, p. 1050-1057.

51. MAZZONI, Antonella et BRYAN-KINNS, Nick, « Mood Glove : A haptic wearable prototype system to enhance mood music in film », in : *Entertainment Computing* 17, 2016, p. 9-17.

52. NINEUIL, DELLACHERIE et SAMSON, *op. cit.*

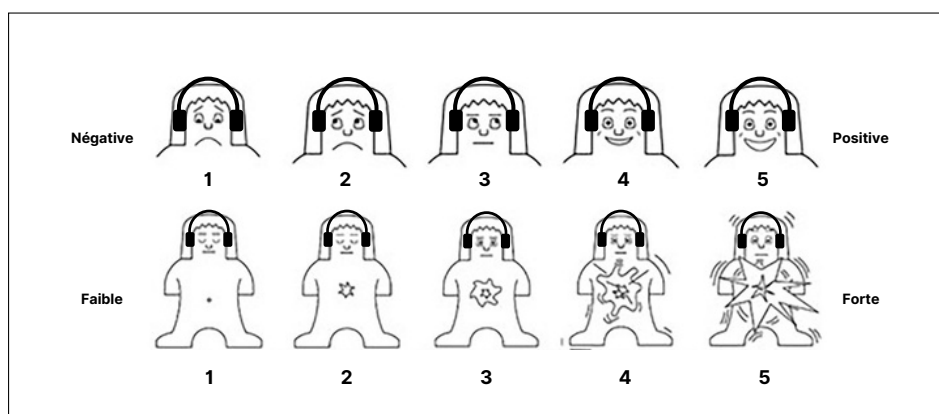


FIGURE 9.2 – Illustration de l'échelle SAM « UC3M4Safety » utilisée et adaptée au mode opératoire de l'étude, avec : évaluation de la valence (en haut) et de l'activation (en bas).

les stimuli vibrotactiles délivrés par le gilet vibrant – porté à l'avant, en configuration ventrale dans cette étude⁵³, ainsi qu'avec les échelles de réponse SAM utilisées et leurs différentes dimensions permettant d'évaluer les jugements émotionnels. Au préalable, une instruction demandait aux participants de mettre leur smartphone ou leur montre connectée en mode avion, afin d'éviter toute source de distractions ou de stimulation incontrôlée (vibrations, sonnerie, notifications lumineuses). Afin d'aider les participants dans cette tâche de familiarisation, des explications ont donc préalablement été présentées à l'écran leur décrivant la chronologie des différentes étapes, à savoir : un décompte marquant le début de la tâche, l'écoute d'un extrait, la présentation des questions posées à l'issue de l'écoute, les échelles de réponse et comment les utiliser, ainsi que le temps fixé pour répondre. Les instructions précisaient également que les réponses devaient être spontanées et indépendantes des préférences musicales personnelles. L'ensemble de la procédure, à l'image du questionnaire administré durant la phase préliminaire, a été réalisé à l'aide du logiciel OpenSesame (version 4.0 *Melodramatic Milgram*).

Une première série de cette boucle expérientielle a été réalisée en condition expérimentale avec les trois extraits de démonstration, dans le but que les participants soient définitivement familiarisés avec le dispositif et comprennent bien l'ensemble des tâches demandées. Les deux questions posées à l'issue de chaque écoute et les échelles de réponse correspondantes étaient présentées simultanément à l'écran, à savoir : « L'émotion que la musique veut donner est une émotion négative ou positive ? » (de 0 – Très négative à 4 – Très positive, avec 2 – Neutre) et « L'émotion que la musique

53. Cette configuration, régulièrement visible en situation de concert, étant plus naturelle en position assise et facilitant, de plus, la mise en place autonome du gilet vibrant par le participant dans ce cadre expérimental.

veut donner est une émotion faible ou forte? » (de 0 – Très faible à 4 – Très forte, avec 2 – Neutre). Les participants ont eu 10 s pour donner leurs réponses et les extraits n'étaient diffusés qu'une seule fois. Après quoi, les participants devaient évaluer leur niveau de plaisir (hédonisme musical) induit à l'écoute des extraits⁵⁴ à l'aide d'une échelle SAM UC3M4Safety (FIG. 9.3) à 5 points (de 0 – Très désagréable à 4 – Très agréable, avec 2 – Neutre) modifiée à partir des travaux de Nineuil⁵⁵ pour la mesure de la valence « perçue »⁵⁶. Les participants ont eu également 10 s pour répondre.

La phase de test principale était divisée en deux conditions opératoires d'écoute différentes :

1. Condition n° 1 [vibrations + audio] : d'abord, les participants devaient évaluer huit extraits présentés dans une condition d'écoute mixte à travers le gilet vibrant et le casque audio. Ces huit extraits ont été préalablement sélectionnés et répartis en groupes de deux selon les quatre combinaisons émotionnelles activation-valence (2 A+V+; 2 A+V-; 2 A-V+; 2 A-V-). Les participants sourds appareillés ont été invités à enlever leurs prothèses auditives ou éteindre leurs processeurs d'implant s'ils le souhaitaient et à informer l'investigateur de cette décision;
2. Condition n° 2 [vibrations + masquage audio] : ensuite, les participants devaient évaluer huit autres extraits, répartis selon le même principe que pour la condition n° 1, à travers le gilet vibrant et en étant soumis au stimulus de masquage dans la modalité auditive.

Une fois la procédure accomplie, les participants ont pu enlever le gilet vibrant et le casque, et ont eu l'opportunité de pouvoir fournir librement des commentaires et des remarques sur l'ensemble de l'étude dans un champ de réponse ouverte.

Enfin, en accord avec les participants, un débriefing post-test de 15 min a été conduit à la fin de chaque passation, dans le but d'obtenir des données qualitatives. Cet entretien consistait à inviter les participants à livrer leurs impressions sur l'étude, leurs ressentis, les éléments ayant procuré du plaisir ou provoqué une gêne, leurs préférences musicales, ou encore leur appétence en matière de vibrations lors de concerts. Au-delà du cadrage apporté par ces questions précises, ces entretiens ont été menés en adoptant une posture d'écoute active qui invitait parfois les participants à approfondir certaines de leurs réponses lorsque l'investigateur jugeait cela nécessaire. Après quoi, les participants ont été remerciés et informés des modalités de publication

54. La question présentée à l'écran était : « Pour moi, écouter cette musique était désagréable ou agréable? ».

55. NINEUIL, *op. cit.*, p. 121.

56. À l'image des travaux de Song et ses collègues et comme nous l'avions précédemment mentionné dans cette thèse de doctorat (cf. 6.1.2), la valence et l'activation sont des dimensions permettant d'évaluer distinctement, en fonction des questions posées, les émotions musicales perçues et les émotions musicales induites. Voir : SONG *et al.*, *op. cit.*

des résultats avant d'être raccompagnés. L'ensemble de la procédure a duré environ 30 min par participant.

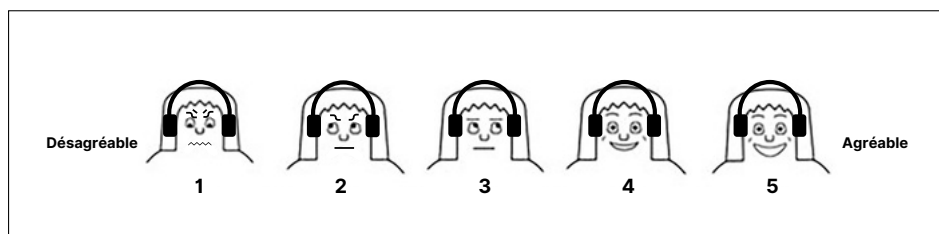


FIGURE 9.3 – Échelle SAM UC3M4Safety modifiée à partir des travaux de Nineuil ^a pour l'évaluation du niveau d'hédonisme musical.

a. NINEUIL, op. cit.

9.4 Résultats

Au total, 20 personnes ont répondu à l'appel à participation. Sur ces 20 personnes volontaires, quatre individus n'ont pas accédé à la passation : deux ne correspondaient pas aux critères de sélection (nationalité étrangère extra-européenne; allophone; absence de maîtrise du français et de la lecture; absence de maîtrise de la LSF; acuité visuelle insuffisante) et deux n'étaient plus disponibles au moment de la passation. Ainsi, 16 personnes ont participé à l'étude ($N = 16$) : incluant 8 hommes (dont 1 homme autodéclaré transgenre) et 8 femmes d'âge compris entre 22 et 54 ans (moyenne $\mu \pm$ écart-type $\sigma = 37,88 \pm 10,36$); de nationalité française (à l'exception d'une participante de nationalité italienne, francophone et travaillant en France); ayant obtenu un diplôme d'éducation dont le niveau est compris entre 3 et 8 selon le Répertoire National des Certifications Professionnelles (RNCP) (niveau RNCP $\mu \pm \sigma = 5,88 \pm 1,59$); et de niveau d'éducation musicale varié (12 non-musiciens et 4 musiciens incluant : 1 musicien amateur, 1 musicien professionnel; 1 musicien semi-professionnel et étudiant en musicologie à l'Université; 1 musicienne ayant recours à une pratique musicale dans son activité professionnelle).

Parmi les participants : 11 personnes sont entendantes; 3 personnes sont sourdes (toutes oralistes et signantes) dont 2 présentent une surdité totale (congénitale avec appareillage bilatéral; acquise avec un implant cochléaire) et 1 personne présente une surdité profonde (congénitale avec implant cochléaire bilatéral); 2 personnes sont malentendantes et présentent une surdité légère (acquise), dont l'origine provient pour ces deux individus d'une déficience auditive unilatérale. Au regard des connaissances préalablement convoquées dans cette thèse de doctorat et des réalités

très différentes entre les populations sourdes et non sourdes, nous avons fait le choix de regrouper les participants entendants et les participants malentendants au sein d'un échantillon de population commun. Enfin, 6 participants avaient connaissance des gilets vibrants et 3 d'entre eux les avaient déjà utilisés lors d'un concert de musique. Les données démographiques et musicales sur l'ensemble des participants sont consignées dans le TAB. 9.2.

	Participants total <i>N</i> =16	Participants E <i>n</i> = 13	Participants S <i>n</i> = 3
Genre (homme/femme/personnalisé)	8/8	7/6	1/2
Age (Moy. année $\pm$ Écart type)	37,88 $\pm$ 10,36	40,08 $\pm$ 9,44	28,33 $\pm$ 10,12
Éducation (Moy. niveau RNCP $\pm$ Écart type)	5,88 $\pm$ 1,59	6,38 $\pm$ 1,19	3,67 $\pm$ 1,15
Score BMRQ (min = 0; max = 12) ^a	9,88 $\pm$ 2,70	10,00 $\pm$ 2,77	9,33 $\pm$ 2,89
Éducation musicale (musiciens/non-musiciens)	4/12	4/9	0/3
Connaissances des gilets vibrants (oui/non)	6/10	4/9	2/1
Usage des gilets vibrants (oui/non)	3/13	2/11	1/2

TABLEAU 9.2 – Données démographiques et musicales des participants.

a. Score $\mu \pm \sigma$ calculé à partir des réponses sur trois questions du BMRQ.

Les participants ayant évalué les 16 extraits à travers 3 dimensions (valence, activation et plaisir), nous avons ainsi obtenu entre 39 et 48 (score maximal) jugements par participant ($\mu \pm \sigma = 45,8 \pm 3,1$). Parmi les causes identifiées d'absence de réponse à certaines questions : trois participants ont déclaré (en commentaire et lors de l'entretien post-test) que la durée limite pour répondre était trop courte ; deux participants ont enlevé le gilet vibrant à l'issue de l'écoute en condition n° 1 ; un participant a rencontré une perte de connexion sans-fil du gilet à l'ordinateur pendant un bref instant au début de l'écoute en condition n° 2 ; un participant a quitté momentanément le poste de passation pour venir interroger l'instigateur au début de l'écoute en condition n° 2 ; un participant a appelé l'instigateur avec le téléavertisseur pour demander un renseignement pendant l'écoute au début de la condition n° 2.

9.4.1 Reconnaissance des dimensions émotionnelles exprimées

Moyennes des jugements

Les valeurs moyennes et les écarts-types d'activation et de valence ont été calculées à partir des jugements émotionnels fournis par les participants à travers l'écoute des différents extraits et dans les deux conditions. L'ensemble de ces valeurs est rapporté dans le TAB. 9.3.

En condition d'écoute n° 1, les valeurs moyennes calculées démontrent que les dimensions émotionnelles ont été globalement reconnues dans la population globale *N*.

Aucune discordance n'a par exemple été révélée en ce qui concerne le jugement de la valence. En revanche, deux discordances ont été rencontrées en ce qui concerne l'activation sur le jugement de deux extraits (n° 29 et n° 32) à activation faible et les valeurs observées des deux autres extraits qui expriment cette activation (n° 26 et n° 31) sont particulièrement proches de la valeur neutre ($\mu = 2$).

Ces discordances sont plus nombreuses lorsque les moyennes des jugements sont calculées et comparées pour chaque échantillon de population n , c'est-à-dire entre participants sourds et non sourds. Par exemple, l'ensemble des extraits à activation faible a été jugé comme étant à activation forte dans le groupe entendant. De plus, des écarts de valeur particulièrement importants sont visibles entre populations entendant et sourde sur certains extraits, tels que, par exemple, l'extrait n° 31 (jugé à activation très faible chez l'ensemble des participants sourds). Enfin, les jugements de la valence dans le groupe sourd apparaissent plus discordants que dans le groupe entendant, avec trois discordances rencontrées chez les participants sourds contre aucune chez les participants entendants.

En condition d'écoute n° 2, si des discordances subsistent dans le jugement des extraits exprimant une activation faible, de nombreuses autres apparaissent cette fois en ce qui concerne le jugement de la valence dans la population globale N . Ces discordances semblent s'établir en particulier sur les extraits à valence positive.

Après distinction des valeurs moyennes entre les deux groupes n , les résultats démontrent de nombreuses discordances dans le jugement de la valence chez le groupe entendant, jusqu'alors inexistantes en condition d'écoute n° 1. Sur quatre extraits exprimant une valence positive, seul un a été reconnu comme tel dans ce groupe (extrait n° 30). Ce constat est également partagé dans le groupe sourd et à propos des mêmes extraits. Enfin, les moyennes démontrent que les discordances sur le jugement de l'activation révélées en condition n° 1 dans le groupe entendant ont été conservées en condition n° 2. En revanche, dans le groupe sourd, l'ensemble des extraits à activation forte n'a pas été reconnu comme tel dans cette dernière condition. Au regard des valeurs moyennes comparées entre les deux conditions d'écoute et les deux échantillons de population, les résultats semblent, à ce stade, renforcer nos hypothèses opérationnelles.

Échecs dans l'identification des dimensions émotionnelles

Afin de vérifier ces premiers résultats et nos hypothèses opérationnelles, le nombre d'échecs des participants N dans l'identification des dimensions émotionnelles exprimées par les extraits a été comptabilisé dans les deux conditions d'écoute. Le TAB. 9.4 présente les taux d'échecs et de réponses neutres ou indécises pour chacune des dimensions évaluées et selon les deux conditions d'écoute. Ces taux ont été calculés à partir du nombre de participants ayant échoué à identifier la dimension émotion-

	No FMSS	Comb. émotionnelle exprimée	Participants total N = 16		Participants E n = 13		Participants S n = 3		Nb. de jugements (max = 48) ^a
			Activation	Valence	Activation	Valence	Activation	Valence	
Condition n° 1	22	A+V+	2,38 ± 0,81	3,00 ± 0,63	2,38 ± 0,87	3,08 ± 0,49	2,33 ± 0,58	2,67 ± 1,15	48
	23	A+V+	3,20 ± 0,77	3,69 ± 0,60	3,17 ± 0,83	3,77 ± 0,60	3,33 ± 0,58	3,33 ± 0,58	47
	1	A+V-	3,25 ± 1,24	1,73 ± 1,16	3,54 ± 0,88	1,77 ± 1,09	2,00 ± 2,00	1,50 ± 2,12	47
	2	A+V-	3,23 ± 1,09	1,63 ± 1,20	3,50 ± 0,53	1,54 ± 1,13	2,33 ± 2,08	2,00 ± 1,73	45
	26	A-V+	1,93 ± 0,88	2,81 ± 1,05	2,08 ± 0,90	2,92 ± 0,95	1,33 ± 0,58	2,33 ± 1,53	47
	29	A-V+	2,44 ± 0,73	2,50 ± 0,73	2,46 ± 0,78	2,46 ± 0,66	2,33 ± 0,58	2,67 ± 1,15	48
	31	A-V-	1,92 ± 1,38	1,47 ± 1,19	2,27 ± 1,19	1,23 ± 1,09	0,00 ± 0,00	3,00 ± 0,00	44
	32	A-V-	2,64 ± 0,74	1,53 ± 0,83	2,73 ± 0,79	1,38 ± 0,77	2,33 ± 0,58	2,50 ± 0,71	45
Condition n° 2	25	A+V+	3,00 ± 1,07	1,64 ± 1,28	3,33 ± 0,65	1,75 ± 1,29	1,67 ± 1,53	1,00 ± 1,41	43
	57	A+V+	2,31 ± 0,70	1,69 ± 0,79	2,38 ± 0,65	1,62 ± 0,77	2,00 ± 1,00	2,00 ± 1,00	48
	3	A+V-	2,38 ± 1,04	1,93 ± 0,73	2,64 ± 0,81	2,00 ± 0,43	1,00 ± 1,41	1,50 ± 2,12	41
	69	A+V-	2,88 ± 1,02	1,50 ± 0,89	3,08 ± 0,76	1,54 ± 0,88	2,00 ± 1,73	1,33 ± 1,15	48
	30	A-V+	2,63 ± 1,31	1,63 ± 1,02	2,92 ± 1,19	1,62 ± 0,96	1,33 ± 1,15	1,67 ± 1,53	48
	47	A-V+	1,87 ± 1,19	2,20 ± 0,94	1,92 ± 1,16	2,17 ± 0,83	1,67 ± 1,53	2,33 ± 1,53	46
	64	A-V-	2,15 ± 0,90	1,38 ± 0,65	2,27 ± 0,90	1,45 ± 0,52	1,50 ± 0,71	1,00 ± 1,41	39
	87	A-V-	2,75 ± 0,86	1,56 ± 0,96	2,92 ± 0,76	1,46 ± 0,97	2,00 ± 1,00	2,00 ± 1,00	48

TABLEAU 9.3 – Moyennes et écarts-types des jugements émotionnels (activation; valence) fournis par les participants (population totale N; échantillon n entendants; échantillon n sourds) à travers les deux conditions d'écoute. Sont mis en exergue (en gras) les résultats discordants entre les dimensions exprimées et les dimensions perçues.

a. Ce score prend également en compte la dimension du plaisir, dont les résultats ne sont pas présentés dans ce tableau.

nelle exprimée ou ayant répondu de manière neutre sur le nombre total de réponses possible pour chaque dimension.

	Taux d'échecs ^a (%)						Réponses neutres / indécises (%)			
	Activation	Valence	A+	A-	V+	V-	A+	A-	V+	V-
Condition n° 1	21,09	14,06	9,38	32,81	4,69	23,44	12,50	42,19	23,44	25,00
Condition n° 2	25,78	21,88	7,81	43,75	35,94	7,81	29,69	31,25	40,63	51,56

TABLEAU 9.4 – Taux d'échecs et de réponses neutres des participants (N) dans la reconnaissance des dimensions émotionnelles exprimées (activation; valence) par les extraits musicaux en fonction de la condition d'écoute.

a. Nombre de participants ayant échoué à identifier la dimension émotionnelle exprimée sur le nombre total de réponses possible.

Pour pouvoir comparer statistiquement ces données, un test de normalité de Shapiro-Wilk a en premier lieu été réalisé. Ce test a permis de déterminer une distribution globalement anormale des données ($p < .05$)⁵⁷. De ce fait, un test non paramétrique des rangs signés de Wilcoxon a été appliqué dans le but de comparer le

57. À l'exception de [A-] en condition n° 2 ($p = .487$).

nombre d'échecs pour chaque dimension et à travers les deux conditions d'écoute (TAB. 9.5). Le test n'a pas révélé de différence significative entre les deux conditions concernant les extraits à activation forte ($p = .85$; $r = .2$) et les extraits à activation faible ($p = .143$; $r = -0.643$). Toutefois, des différences significatives ont été révélées concernant les extraits à valence positive ($p = .008$; $r = -1$) et les extraits à valence négative ($p = .01$; $r = 1$), provoquant ainsi le rejet de l'hypothèse nulle. L'intensité de l'effet donné par la valeur de r démontre que le nombre d'erreurs progresse de manière significative concernant les extraits à valence positive entre les deux conditions, tandis que le nombre d'erreurs régresse concernant les extraits à valence négative. Ce résultat est également appuyé par les valeurs du taux d'échecs calculées pour chacune des dimensions et dans chaque condition d'écoute (TAB. 9.4). Le test de Wilcoxon suggère ainsi que la valence diffère significativement selon la condition d'écoute et selon un effet important, contrairement à l'activation.

Une explication possible pour la différence d'orientation donnée par ces valeurs de r est que les participants ont eu tendance à noter négativement la valence en l'absence d'indices auditifs en condition d'écoute n° 2. De ce fait, le taux d'échecs concernant cette dimension chute significativement de la condition n° 1 à la condition n° 2, tandis que celui-ci augmente significativement concernant les extraits à valence positive. Ce résultat suggère que les musiques à valence positive seraient particulièrement dégradées par la SAT, ce qui nuance notre hypothèse opérationnelle n° 2. Il convient également de noter que, quelle que soit la valence exprimée, négative ou positive, le taux de réponses neutres augmente dans un cas comme dans l'autre en condition d'écoute n° 2.

Concernant l'activation, si cette dimension ne varie statistiquement pas de manière significative entre les deux conditions d'écoute proposées dans notre étude, il est toutefois possible que, en comparant les discordances observées dès la condition n° 1 par rapport aux données fournies par les travaux impliquant le FMSS (condition d'écoute strictement auditive), l'action du gilet vibrant et de la SAT renforcent l'activation perçue chez les participants. En effet, cette hypothèse semble intéressante dans la mesure où, en condition d'écoute n° 1, ces discordances concernent essentiellement les extraits à activation faible qui se trouvent ainsi dégradés, indépendamment de la condition d'écoute proposée dans cette présente étude. Ce résultat est notamment observable dans le groupe entendant. Toutefois, il convient également de souligner que le groupe sourd semble avoir eu davantage de difficultés à identifier les extraits à activation forte en condition d'écoute n° 2, suggérant ainsi qu'il existe des explications supplémentaires à apporter pour mieux comprendre l'origine de cette variation.

Valeurs appariées	Shapiro-Wilk (p)	W de Wilcoxon	p	r
A+ C1 / A+ C2	< .001	6	0.850	0.200
A- C1 / A- C2	.006	5	0.143	-0.643
V+ C1 / V+ C2	.002	0	0.008	-1.000
V- C1 / V- C2	.001	36	0.010	1.000

TABLEAU 9.5 – Tests de normalité de Shapiro-Wilk et test des rangs signés de Wilcoxon pour variables appariées (dimensions émotionnelles entre deux conditions d'écoute). L'hypothèse testée H_a est l'hypothèse nulle qui stipule que les valeurs d'échecs entre les deux conditions d'écoute suivent la même distribution ($\mu_{C1-C2} \neq 0$).

9.4.2 Analyses des données qualitatives

Identification des dimensions exprimées et stimulus de masquage

Afin d'appuyer les résultats obtenus dans l'analyse quantitative, cette section est dédiée à l'analyse des données qualitatives, collectées auprès des participants à l'issue de la procédure et au cours des entretiens post-test. Parmi ces données, les réponses des participants aux questions « Avez-vous rencontré des difficultés particulières? » et « Avez-vous ressenti des différences entre les deux conditions d'écoute? » révèlent que nombre d'entre eux ont trouvé que l'identification des caractéristiques émotionnelles était plus difficile, voire impossible en condition d'écoute n° 2 par rapport à la condition d'écoute n° 1. Ce constat est notamment fait au sein du groupe entendant :

- « Les émotions sont plus difficiles à identifier avec le bruit blanc » (H/E) ;
- « Impossible d'identifier l'émotion avec le bruit blanc » (F/E) ;
- « Le bruit blanc était perturbant. J'ai trouvé que c'était très difficile d'identifier l'émotion avec le bruit blanc » (F/E) ;
- « Je n'arrive pas à percevoir le caractère de l'émotion avec seulement les vibrations » (H/E) ;
- « Très difficile d'identifier les émotions avec le masquage » (F/E) ;
- « Le bruit blanc masque certaines harmoniques produites par le subpack et qui pourraient aider à qualifier la musique » (H/E) ;
- « Les vibrations aident à identifier l'émotion de la musique, avec le bruit blanc c'est plus difficile » (F/E).

Certains propos semblent notamment suggérer que les difficultés dans l'identification concernent plus particulièrement la valence, conformément aux résultats de l'analyse quantitative et à la tendance des participants à juger négativement en condition n° 2 :

- « Je pense avoir bien évalué le caractère positif ou négatif de l'émotion, mais c'est plus difficile avec le bruit blanc » (H/E) ;

- « *Le caractère positif ou négatif était particulièrement difficile à identifier avec le bruit* » (F/E) ;
- « *J'ai seulement ressenti une émotion négative avec le bruit blanc* » (H/E) ;
- « *Je vois les vibrations négativement avec le masquage, car les basses ont un effet dramatique* » (F/E) ;
- « *J'ai eu tendance à noter négativement les émotions avec le gilet et seulement les vibrations* » (F/E).

Gêne provoquée par le stimulus de masquage ou les vibrations

Au-delà des difficultés à identifier la valence exprimée par les extraits en condition n° 2, certains participants ont également souligné la gêne ressentie à l'écoute du stimulus de masquage :

- « *Le bruit blanc est fort, c'est désagréable. On arrive pas à se concentrer sur les vibrations. J'ai dû fermer les yeux pour me concentrer sur ce que je ressentais avec le corps* » (H/E) ;
- « *Le bruit blanc est vraiment impactant, la concentration est alternée* » (H/E) ;
- « *Le bruit blanc était désagréable. On ne peut pas bien ressentir les vibrations avec ce bruit* » (H/E) ;
- « *Le bruit blanc est désagréable* » (F/E) ;
- « *Le bruit est désagréable parce qu'il nous empêche de nous concentrer* » (F/E) ;
- « *J'ai dû enlever le casque, car le bruit blanc était horrible et me gênait trop* » (H/E).

Pour tenter de qualifier plus précisément cette gêne, nous avons tenté d'approfondir cet aspect auprès des participants. À l'exception d'un participant pour qui le stimulus de masquage était trop incapacitant (H/E), tous ont déclaré que le désagrément provoqué était plutôt lié à l'altération de leurs capacités de concentration provoquée par le stimulus.

Cette gêne n'a pas été rencontrée chez les participants sourds. Le stimulus de masquage n'a, par exemple, pas été perçu chez un participant ayant désactivé ses appareils avant le début du test (F/S). Chez les autres participants sourds, le stimulus semble avoir été perçu sans toutefois avoir été identifié clairement :

- « *Je n'ai pas compris le bruit dans le casque. Il y avait quelque chose, mais c'était quoi ?* » (H/S) ;
- « *Je n'ai pas compris le bruit dans le casque, c'était bizarre, déstabilisant. Je n'ai pas compris pourquoi il y avait ce bruit* » (F/S).

Au-delà du masquage, certains participants ont, en revanche, souligné que les vibrations étaient la cause principale de leur gêne, notamment chez l'un des participants sourds :

- « *Les vibrations sont désagréables quand elles sont fortes, elles donnent la nausée* » (F/S);
- « *Pour moi les vibrations étaient trop fortes* » (F/E);
- « *Lorsque les vibrations sont modérées, c'est plus agréable* » (H/E).

D'autres participants ont, au contraire, manifesté davantage d'appétence pour les vibrations à forte intensité :

- « *Je préfère quand les vibrations sont fortes* » (F/E);
- « *L'intensité de la vibration est intéressante* » (H/E).

Par ailleurs, l'un des participants sourds (H/S) a notamment demandé, au cours de la passation, s'il était possible d'augmenter l'intensité. Ces propos contrastants suggèrent que les effets de l'intensité des vibrations ne sont pas vécus de manière homogène et que leur réception dépend ainsi des préférences personnelles de chacun.

Influence des caractéristiques intramusicales et spectrales

Quelle que soit la condition d'écoute, certains participants se sont reposés sur des caractéristiques intramusicales pour établir un jugement émotionnel à l'issue de leur écoute⁵⁸ :

- « *J'ai trouvé que plus les vibrations étaient fortes, plus l'émotion était négative* » (H/E);
- « *Plus les vibrations sont fortes, plus l'émotion est forte selon moi* » (H/E);
- « *Dès qu'il y a des rythmes saccadés ou des variations rythmiques, c'est plus difficile d'identifier l'émotion* » (H/E);
- « *Lorsque le rythme est plus entraînant, l'émotion est plus positive pour moi, tandis que lorsque le rythme est lent, c'est négatif* » (H/E);
- « *Le rythme m'a aidé je pense, c'est un indice pour identifier l'émotion* » (H/E).

Le rythme apparaît ainsi comme un paramètre musical particulièrement utile aux participants dans leur tentative d'identification des dimensions émotionnelles, notamment en l'absence d'indices auditifs en condition d'écoute n° 2.

Nous supposons également que, en supplément des caractéristiques intramusicales, les caractéristiques spectrales des extraits pourraient également avoir une influence sur les jugements émotionnels. Dans la mesure où le signal tactile délivré par les gilets vibrants s'étend sur une bande passante allant jusqu'à 200 Hz, les extraits présentant une densité spectrale plus importante dans cette bande de fréquence pourraient être mieux reproduits par les gilets et ainsi être mieux perçus par les participants. Cette hypothèse pourrait, en outre, permettre de vérifier pourquoi deux extraits appartenant à une même catégorie émotionnelle et diffusés au sein de la même condition d'écoute présentent des jugements contrastés, tel que nous avons

58. Ces propos ont été collectés en réponse à la question « Quelles ont été vos impressions et vos ressentis sur l'étude ou sur votre expérience d'écoute ? ».

pu, par exemple, l'observer à travers les extraits n° 30 et n° 47, appartenant tous les deux à la catégorie [A-V+].

En ce qui concerne les caractéristiques d'écriture de ces extraits, l'extrait n° 30, jugé de manière discordante comme exprimant une valence négative par les participants, présente une nappe sonore sur un accord parfait de Do majeur joué en continu par l'ensemble des cordes de l'orchestre, sans variation rythmique ou pulsation perceptibles. Ce bourdon musical à forte densité spectrale dans les basses fréquences (FIG. 9.4) , formé par la tenue de la note fondamentale Do et de la quinte Sol, est progressivement enrichi par l'ajout d'autres instruments, créant un climax final sur ce même accord. Seul un court motif mélodique de quelques notes émergeant à la harpe se détache de ce bourdon, motif non reproduit par le gilet vibrant.

À l'opposé, l'extrait n° 47 présente une progression d'accords autour de la tonalité de Sol mineur qui, bien qu'étant jouée *legato* par l'orchestre à cordes, laisse davantage de clarté dans la distinction des rythmes et de la pulsation utilisés que l'extrait précédent, tout en présentant une densité spectrale moindre dans les basses fréquences. Au-delà de la clarté des caractéristiques intramusicales pouvant renseigner sur la valence, il est également possible que l'extrait n° 47, par sa faible densité spectrale dans les basses fréquences correspondant à la bande passante du gilet vibrant, ait été perçu de manière moins intense que l'extrait n° 30, ce qui pourrait ainsi expliquer les jugements contrastés concernant l'activation entre les deux extraits.

Au regard de ces résultats, il semble nécessaire d'approfondir cette analyse en conduisant à l'avenir des travaux supplémentaires fondés sur des extraits musicaux partageant une même catégorie émotionnelle, mais présentant des caractéristiques intramusicales et spectrales différentes afin de mieux comprendre comment ces paramètres influent sur la perception des dimensions émotionnelles de la musique après la SAT.

Autres commentaires

Enfin, sans toutefois constituer des propos récurrents pouvant former des thématiques de données qualitatives spécifiques, d'autres commentaires ont pu porter sur différents aspects liés à l'étude ou aux gilets vibrants. Ces commentaires concernent par exemple l'ergonomie du gilet vibrant utilisé :

- « *Je préfère être stimulé dans le dos, le port du gilet dans le dos pourrait donc être plus plaisant* » (H/E) ;
- « *Le gilet est plus agréable devant que dans le dos à mon sens* » (F/E) ;

ou encore l'expérience d'écoute avec le gilet elle-même :

- « *Les vibrations sont poilantes* » (F/E) ;
- « *Je n'aime pas les gilets vibrants et les vibrations seules, mais ça dépend des sourds* » (F/S) ;

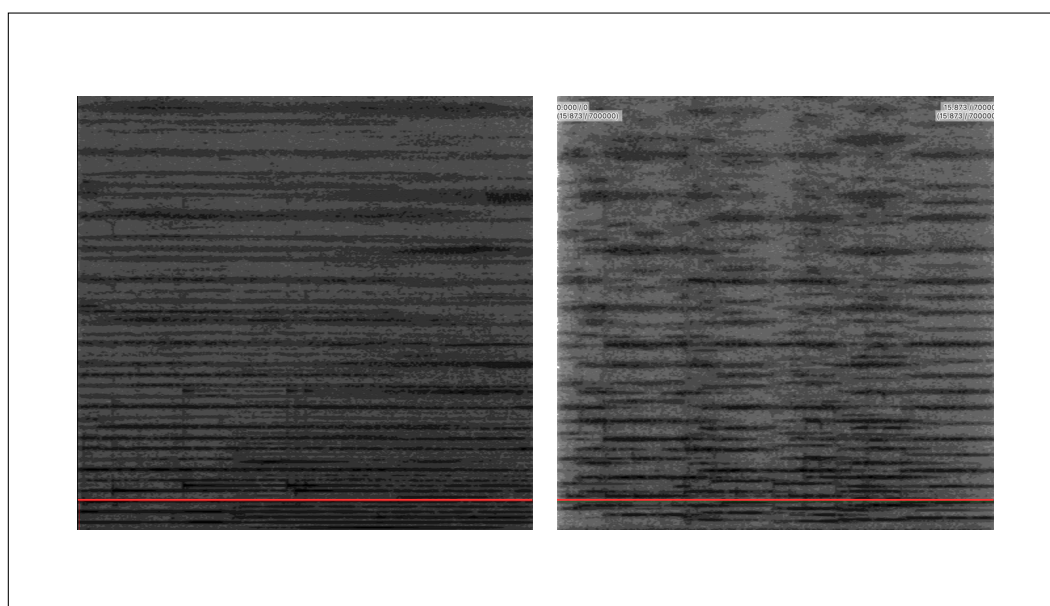


FIGURE 9.4 – Sonagrammes Fréquence (Hz) - Temps (s) des extraits n° 30 (à gauche) et n° 47 (à droite) réalisés à partir du logiciel Sonic Visualiser (fenêtre de 8192 points; échelle des couleurs en Db; échelle des fréquences linéaire). Les lignes rouges représentent la limite de la bande passante du gilet vibrant définie à 200 Hz.

- « *J’ai trouvé l’écoute agréable avec le gilet, ça donne la sensation d’être enveloppé, une sensation d’immersion* » (H/E);
- « *Le gilet est rigolo, mais c’est un peu bourrin* » (H/E);
- « *L’utilisation du gilet est à recontextualiser un peu mieux que l’usage actuel je pense, par exemple dans des environnements plus adaptés type “snoezelen”* » (H/E).

À l’image de l’intensité des vibrations, le caractère parfois dichotomique de ces propos suggère que l’appétence pour les vibrations, mais aussi pour les gilets vibrants et leur usage, semblent tenir également compte des préférences individuelles propres à chaque participant, que ce soit dans le groupe sourd ou le groupe entendant. Par exemple, en réponse à la question « Aimez-vous ressentir des vibrations en concert? », certains participants ont déclaré être indifférents ou ne pas particulièrement apprécier en ressentir. Pour d’autres, en revanche, les vibrations constituaient un élément particulièrement recherché et attendu lors de l’expérience d’écoute, comme a pu le décrire l’un des participants : « *Je suis sensible aux basses, c’est quelque chose que je recherche en concert, car ça me transporte. Je prends plus de plaisir en concert lorsqu’il y a des vibrations fortes* » (F/E).

9.5 Discussion

L'objectif de notre étude était de comprendre comment les émotions exprimées par un ensemble d'extraits de musiques de film sont transmises chez des participants sourds et non sourds à l'issue de la SAT mise en œuvre par un gilet vibrant du commerce, particulièrement bien étudié par la littérature et utilisé dans de nombreux lieux de musique en France. L'hypothèse théorique testée proposait que les émotions exprimées par la musique sont *dégradées* lors de la SAT et que cette dégradation s'observe dans la correspondance entre les émotions exprimées par la musique et les émotions perçues chez les populations sourdes et non sourdes. Pour vérifier cette hypothèse, deux hypothèses opérationnelles ont été établies : (1) l'activation est conservée à l'issue de la SAT ; (2) La valence est dégradée à l'issue de la SAT.

Les résultats ont démontré que des discordances entre les données sur l'activation exprimée fournies par les travaux sur le FMSS et le jugement de l'activation perçue par les participants dès la condition d'écoute n° 1 [vibrations + audio] avec diffusion auditive des extraits. Les analyses n'ont pas rapporté de différence significative concernant le jugement de cette dimension émotionnelle une fois en condition n° 2 [vibrations + masquage]. Ces résultats entraînent ainsi le rejet de notre première hypothèse opérationnelle, dans la mesure où, indépendamment de la variation de la condition d'écoute proposée dans le cadre de cette étude, l'activation exprimée se trouve altérée par l'action du gilet vibrant par rapport à une écoute strictement auditive des extraits mise en œuvre dans les travaux antérieurs. L'activation perçue est ainsi apparue plus forte chez les participants que l'activation exprimée. Ce renforcement semble concerner principalement les extraits exprimant une activation faible et impacter en particulier les participants entendants.

En revanche, nous avons également observé que les participants sourds avaient eu plus de difficultés à identifier les extraits exprimant une activation forte une fois en condition d'écoute n° 2. Sans que nous puissions l'expliquer pleinement, il est possible que cette difficulté soit due à la présence d'une audition résiduelle chez certains participants sourds, aux limites de l'étude concernant le nombre réduit de participants dans cet échantillon, ou encore à des variations de caractéristiques intramusicales ou spectrales spécifiques aux extraits diffusés en condition n° 2. Des travaux supplémentaires doivent ainsi être entrepris pour étudier de manière plus approfondie les effets spécifiques de la SAT sur l'activation, en prenant en compte un nombre plus important de participants par groupe, en diffusant davantage d'extraits exprimant cette activation, ou encore en ajoutant une troisième condition d'écoute uniquement auditive au sein du protocole expérimental.

Concernant le jugement de la valence, les résultats ont mis en évidence une différence significative du taux d'échecs des participants entre la condition d'écoute

n° 1 et la condition d'écoute n° 2. Pour les extraits exprimant une valence positive, ce taux d'échecs croît significativement en condition n° 2, tandis que pour les extraits exprimant une valence négative, ce taux régresse significativement. Ces différences significatives s'accompagnent d'une augmentation du taux de réponses neutres chez les participants en condition d'écoute n° 2, quelle que soit la valence exprimée. Par conséquent, ces résultats valident notre seconde hypothèse opérationnelle, dans la mesure où la SAT mise en œuvre par le gilet vibrant dégrade bel et bien la valence exprimées par les extraits diffusés.

Toutefois, la nature de cette dégradation nuance cette hypothèse. En effet, notre étude a mis en évidence que cette dégradation s'opérait en particulier sur les extraits exprimant une valence positive. De manière générale, en contraste avec les observations de Schmitz et ses collègues⁵⁹, les participants ont eu tendance à noter les vibrations négativement en condition n° 2. Cette tendance pourrait ainsi expliquer pourquoi le taux d'échecs concernant le jugement des extraits à valence négative régresse dans cette condition.

Ainsi que le suggèrent les résultats de notre étude, si les musiques exprimant une valence positive sont particulièrement dégradées par la SAT, l'absence d'indices auditifs et notamment d'indices tonaux semble grandement affecter la reconnaissance de cette dimension. À l'image des résultats rapportés par Schmitz et son équipe⁶⁰, à défaut de percevoir ces indices, la stratégie de compensation adoptée par de nombreux participants a été de se reposer sur des caractéristiques intramusicales, telles que le rythme ou les nuances d'intensité. C'est pourquoi les auteurs suggèrent, par ailleurs, que « la valence nécessite d'être communiquée plus clairement pour susciter les émotions voulues, en particulier pour la musique qui exprime une activation faible par un tempo lent ou modéré [...] »⁶¹. En d'autres termes, la reconnaissance de la valence exprimée par la musique à travers une écoute tactile par le gilet vibrant peut être favorisée par des procédés de composition, des caractéristiques mélodico-rythmiques ou encore – comme nous avons pu le suggérer – des caractéristiques spectrales liées à l'orchestration pouvant être reproduites de manière perceptible et intelligible, c'est-à-dire sans ambiguïté induite. En outre, comme le démontrent d'autres travaux scientifiques, l'architecture du dispositif⁶² ou le principe de codage utilisé⁶³ pourraient également permettre de moduler les performances de reconnaissance des émotions musicales perçues à travers la SAT.

Au-delà des hypothèses testées dans cette étude, les propos collectés à l'issue des tests ont mis en lumière la grande difficulté vécue chez la majorité des partici-

59. SCHMITZ, HOLLOWAY et CHO, *op. cit.*

60. *Ibid.*

61. Notre traduction. Voir : *ibid.*

62. PATÉ *et al.*, *op. cit.*

63. KARAM, RUSSO et FELS, *op. cit.*

pants entendants à faire abstraction du stimulus de masquage auditif en condition d'écoute n° 2 au détriment de l'écoute corporelle visée. La perturbation créée par le stimulus de masquage semble avoir altéré la concentration des participants du groupe dans leur tâche d'écoute. Nous ne sommes pas en mesure de comprendre si cet état de concentration altérée a été provoqué par la contradiction des informations présentées entre la modalité auditive et la modalité tactile, ou par un apprentissage peu développé de l'écoute musicale dans la modalité tactile chez cette population au profit d'une modalité auditive d'ordinaire privilégiée. Il pourrait ainsi être intéressant d'approfondir cette piste dans une nouvelle étude utilisant, par exemple, des stimuli de masquage différents ou prenant en compte les effets de l'apprentissage dans la reconnaissance des dimensions émotionnelles à travers la modalité tactile.

9.6 Limites de l'étude

Il convient de mentionner que la présente étude comporte des limites méthodologiques. Tout d'abord, malgré l'ensemble des précautions prises pour garantir une campagne de recrutement des participants fournie, nous avons rencontré un manque de mobilisation, notamment auprès de la population sourde locale. Au regard des retours d'information que nous avons pu obtenir, il apparaît que les principales contraintes mentionnées par les personnes intéressées par l'étude, mais n'ayant pu accéder à la passation, sont : la distance entre le lieu de vie et le lieu de passation ; ainsi que l'absence de disponibilité (les passations ayant eu lieu en semaine sur des jours et horaires de travail ouverts pour des raisons de normes de sécurité liées aux ERP). Par ailleurs, la présence d'un interprète en LSF au cours de la passation pourrait s'avérer bénéfique afin de faciliter les échanges entre l'expérimentateur et les personnes sourdes utilisant la LSF comme modalité de communication privilégiée. Des échantillons de population plus importants sont ainsi nécessaires pour renforcer la fiabilité des résultats rapportés.

Ensuite, bien que nous ayons contrôlé de nombreux paramètres, nous n'avons pu présenter les stimuli dans un ordre aléatoire en raison d'une limitation technique imposée par le logiciel de passation des tests (OpenSesame), entraînant ainsi l'absence de contrôle des effets d'ordre et d'apprentissage dans cette étude.

Concernant plus précisément les extraits musicaux, bien que le FMSS soit l'un des ensembles de stimuli musicaux les plus utilisés et connus de la littérature, nous avons fait le choix de n'utiliser qu'une sélection réduite parmi la totalité des extraits figurant dans cet ensemble. De plus, les musiques qui y figurent ne sont pas représentatives de la diversité des musiques jouées en concert, notamment dans les différents lieux au sein desquels les gilets vibrants peuvent être utilisés en France. Il pourrait ainsi être intéressant de varier les stimuli utilisés, en utilisant des ensembles d'extraits issus de

répertoires ou de genres musicaux différents, tels que, par exemple, des extraits de musiques actuelles⁶⁴. Dans cette perspective, l'environnement contrôlé dans lequel nous avons réalisé nos passations n'étant pas un environnement à usage musical, il pourrait être pertinent de conduire cette étude dans un environnement consacré et, en particulier, dans lequel les gilets vibrants sont utilisés, tel que, par exemple, une salle de concert.

Concernant le matériel utilisé, notre étude s'est concentrée sur un seul modèle de gilet vibrant. Bien que celui-ci reste à ce jour l'un des modèles les plus couramment utilisés dans les lieux de musique et dans la littérature, il est possible que d'autres modèles utilisant des architectures techniques ou des principes de codage différents puissent apporter des variations par rapport aux résultats obtenus ici. Il conviendrait, le cas échéant, d'intégrer une évaluation comparative de ces différents modèles selon une méthodologie expérimentale unique. Toujours sur ce même aspect, certains participants ont suggéré que le port du gilet en configuration ventrale ou en configuration dorsale pouvait potentiellement moduler leur jugement émotionnel. Ce point pourrait également être davantage étudié, car les effets de cette variation restent inconnus de la littérature.

Enfin, malgré les précautions prises pour concevoir un design expérimental accessible, le nombre de jugements par extrait n'est pas identique pour tous, certains participants n'ayant parfois pas répondu à une ou plusieurs questions après l'écoute d'un extrait. En outre, l'un des participants a souligné que l'accessibilité visuelle de l'interface du logiciel de passation pouvait être améliorée pour faciliter la lecture des textes écrits à l'écran, notamment en renforçant le contraste par l'assombrissement de l'arrière-plan (de couleur grise lors de l'étude).

9.7 Conclusion

La présente étude s'est attachée à examiner les effets de la SAT mise en œuvre à travers un gilet vibrant sur la reconnaissance des dimensions émotionnelles exprimées par un ensemble d'extraits de musiques de film chez des populations sourdes et non sourdes (entendantes ; malentendantes). En introduisant un cadre méthodologique pluridisciplinaire, situé à la croisée de la musicologie et des sciences cognitives et affectives, notre étude contribue à renforcer les connaissances de terrain rapportées par les travaux antérieurs sur la perception de la musique chez les personnes sourdes par l'intermédiaire de la modalité tactile.

Conformément aux conclusions dressées dans les études précédentes, les résultats ont mis en évidence une dégradation significative de la valence exprimée par les

64. SONG *et al.*, *op. cit.*

extraits, entraînant ainsi la validation de l'hypothèse théorique testée dans cette étude. En outre, nous avons démontré que cette dégradation concernait en particulier les extraits exprimant une valence positive, dimension alors perçue comme négative chez les participants sourds et non sourds à l'issue de la SAT délivrée par le gilet vibrant. En revanche, en contradiction avec nos attentes, les résultats ont également mis en lumière un renforcement de l'activation. Ce renforcement est particulièrement localisé dans le groupe des participants entendants, ce dernier ayant jugé que l'activation était forte à l'écoute d'extraits exprimant pourtant une activation faible, indépendamment de la condition d'écoute.

Notre étude suggère ainsi que le gilet vibrant utilisé n'est pas en mesure de pouvoir transmettre de manière fiable toutes les caractéristiques intramusicales et spectrales nécessaires à la reconnaissance des dimensions émotionnelles exprimées par la musique. De ce fait, au regard de l'usage de ce gilet dans le cadre de l'accès des personnes sourdes aux concerts musicaux, cette étude souligne que le degré d'accessibilité doit alors être nuancé lors de l'intégration de cet outil dans les lieux de concert en vue de répondre à un tel objectif. Dans la mesure où les caractéristiques émotionnelles exprimées par la musique ne peuvent pas être transmises de manière fiable par cet équipement, l'expérience vécue par les sourds *via* ces gilets, promus comme moyen technique de compensation des effets des surdités, ne peut être considérée comme égalitaire vis-à-vis de l'expérience vécue par les entendants.

Au regard du nombre réduit de participants formant nos échantillons, il convient de considérer les résultats rapportés comme non généralisables à l'ensemble des populations étudiées : sourdes, malentendantes ou entendants. Toutefois, les résultats présentés ici peuvent permettre d'approfondir notre compréhension des émotions musicales vécues dans la modalité tactile et de favoriser la recherche d'expériences musicales partagées, quel que soit l'état de notre système auditif ou nos différences sur le plan social ou sur le plan culturel.

Remerciements

Ce travail de recherche a été mené avec l'aide de la Fédération de Recherche FR 2052 SCV (CNRS) – Sciences et Cultures du Visuel. Nous remercions également La Plaine Images pour la mise à disposition de ses locaux.

CHAPITRE 10

Étude n° 2 : Exprimer des émotions à travers la musique vibrotactile : évaluation de la *composition trajectorielle* chez des participants sourds et non sourds

Sommaire du présent chapitre

10.1 Avant-propos	360
10.2 Introduction	360
10.3 Méthode expérimentale	362
10.3.1 Participants	362
10.3.2 Stimuli	363
10.3.3 Matériel	367
10.3.4 Procédure	367
10.4 Résultats	370
10.4.1 Influences des variables indépendantes sur la reconnaissance des dimensions émotionnelles exprimées	371
10.4.2 Analyse de la conductance cutanée SC	373
10.4.3 Analyse des données qualitatives	382
10.5 Discussion	386
10.5.1 Effets de l'intensité, de la vitesse et du temps sur les émotions musicales perçues	387

10.5.2 Recommandations sur la conception et l'ergonomie du VMP	390
10.6 Limites	391
10.7 Conclusion de l'étude	392
Remerciements	393

10.1 Avant-propos

Les hypothèses théoriques testées dans cette étude correspondent aux hypothèses n° 2 et n° 3 formulées précédemment (cf. 7.2.2), à savoir :

- l'hypothèse selon laquelle la *composition trajectorielle* permet d'exprimer des émotions musicales pouvant être perçues par des utilisateurs sourds et non sourds ;
- l'hypothèse selon laquelle les émotions musicales exprimées par l'intermédiaire de la *composition trajectorielle* peuvent être identifiées (émotions perçues) et que cette identification est partagée par les individus sourds et non sourds.

10.2 Introduction

Comme nous avons précédemment pu le souligner au sein de cette thèse de doctorat, les études s'appuyant sur un cadre systématique pour fournir des connaissances sur la réception de la musique vibrotactile sont rares (cf. 5.2.4). Cependant, en dehors du cadre de la musique, les émotions transmises par l'intermédiaire de signaux vibrotactiles ne forment pas un objet d'étude totalement inexploré. Par exemple, les travaux sur la médiation du toucher social ont permis de mieux comprendre comment les vibrations peuvent, à travers la manipulation de plusieurs paramètres, permettre de véhiculer des émotions (cf. 6.3.1).

Pour ce faire, plusieurs de ces travaux ont exploité des illusions de mouvements continus (cf. 4.2.4), en se fondant notamment sur l'utilisation du « Tactile Brush algorithm »¹. Si la technique et le domaine d'application composent les éléments de différenciation principaux entre cet outil et la *composition trajectorielle*, tous deux offrent pourtant des paramètres communs pouvant être manipulés (vitesse ; intensité ; fréquence ; etc.). Or, bien que les travaux sur le Tactile Brush algorithm fournissent des résultats et des conclusions intéressants en vue de développer notre principe de

1. ISRAR et POUPYREV, *op. cit.*

composition, ceux-ci ne s'inscrivent pas dans un contexte musical et n'intègrent la participation d'aucune personne sourde.

C'est pourquoi notre présente étude propose d'évaluer les potentialités de la musique vibrotactile, composée selon le principe de la *composition trajectorielle*, pour exprimer des émotions chez des personnes sourdes et non sourdes (malentendantes; entendant). Un dispositif vibrotactile *ad hoc* ayant été conçu afin de pouvoir reproduire cette musique, il s'agira d'évaluer également ce dispositif auprès des populations étudiées. Par conséquent, au regard de la question de recherche principale de cette thèse de doctorat, l'enjeu porté par cette présente étude est de proposer un ensemble d'outils en musique vibrotactile afin de favoriser une expérience musicale également partagée entre sourds et non sourds. Ainsi, les hypothèses théoriques testées dans cette étude (cf. 7.2.2) correspondent à : l'hypothèse n° 2 selon laquelle la *composition trajectorielle* permet d'exprimer des émotions musicales pouvant être perçues par des utilisateurs sourds et non sourds; ainsi que l'hypothèse n° 3 selon laquelle les émotions musicales exprimées par l'intermédiaire de la *composition trajectorielle* peuvent être identifiées (émotions perçues) et que cette identification est partagée entre les individus sourds et non sourds.

Pour tester nos hypothèses théoriques, notre évaluation s'appuie sur un paradigme expérimental issu de la précédente étude (cf. 9) et modifié selon les spécificités de cette présente étude. Les stimuli utilisés consistent en des séquences de musique vibrotactile composées selon le principe de la *composition trajectorielle* et prévues pour exprimer des couples d'activation et de valence spécifiques. Ces séquences ont été diffusées chez des participants sourds et non sourds à l'aide de notre dispositif vibrotactile. À l'issue de leur écoute, les participants devaient évaluer l'activation et la valence perçues, ainsi que le plaisir qu'ils avaient pu ressentir. Par ailleurs, au cours de la passation, la conductance cutanée (SC) a été mesurée à l'aide d'un bracelet connecté.

C'est ainsi que nous dressons, relativement aux résultats attendus, les hypothèses opérationnelles suivantes :

1. L'intensité de la stimulation (variable indépendante) module l'activation perçue (variable dépendante). Selon nous, plus l'intensité est élevée, plus l'activation perçue sera forte. Ce résultat a, par ailleurs, été observé dans une précédente étude²;
2. L'intensité permet également de moduler le plaisir ressenti (variable dépendante). À l'image des résultats rapportés par Israr et Abnoui dans leurs tra-

2. YOO, Yongjae *et al.*, « Emotional responses of tactile icons : effects of amplitude, frequency, duration, and envelope », in : *Proceedings of the 2015 IEEE World Haptics Conference (WHC)*, Evanston : IEEE, 2015, p. 235-240.

vaux³, nous pensons que les participants ressentiront comme plus agréables les stimuli de basse intensité;

3. La vitesse des trajectoires (variable indépendante) module le plaisir, conformément aux résultats des travaux d’Huisman et son équipe⁴. Nous nous attendons, par conséquent, à ce que les vitesses lentes soient ressenties comme plus agréables que les stimuli à vitesse rapide;
4. La vitesse module la valence perçue (variable dépendante). L’expression de la valence dans la modalité vibrotactile étant moins explorée par la littérature, nous proposons ainsi de vérifier cette hypothèse afin de mieux comprendre comment moduler cette dimension.

10.3 Méthode expérimentale

10.3.1 Participants

Les passations ont eu lieu entre mars et avril 2024 au sein du bâtiment Imaginarium situé à la Plaine Images (Tourcoing, France). Au préalable, conjointement à la première étude (cf. 9) une campagne de recrutement a été menée une semaine avant le début des tests, à travers différents canaux de communication :

- sur les réseaux sociaux usités par les sourds (groupe « Sourdscope Hauts-de-France » sur Facebook) et sur les réseaux professionnels (LinkedIn) ;
- par l’intermédiaire des associations locales s’adressant à des usagers sourds ou malentendants (Signes de Sens ; Surdi 59) ;
- de personne à personne, en transmettant l’information à notre propre réseau de connaissances personnelles (artistes et personnalités en lien avec les sourds, etc.) ;
- par affichage de tracts (« *flyers* ») mis à disposition dans des lieux de passage (campus universitaires et commerces locaux) (cf. A) ;
- directement sur le site de passation des tests, *via* un support visuel (affiche) et par annonces vocales.

La lettre d’information présentant les modalités de l’étude a été fournie aux participants, accessible *via* un lien de téléchargement, puis consultable sur place. Afin de rendre parfaitement intelligible l’ensemble des informations contenues dans cette lettre, un texte synthétique a été rédigé et traduit en LSF par un traducteur professionnel sourd. La vidéo produite a été augmentée de sous-titres adaptés (police de

3. ISRAR, Ali et ABNOUSI, Freddy, « Towards pleasant touch : vibrotactile grids for social touch interactions », in : *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, LBW 131, Montréal : Association for Computing Machinery, 2018, p. 1-6.

4. HUISMAN *et al.*, *op. cit.*

caractère sans empattement, de couleur blanche sur fond contrasté semi-opaque noir), hébergée sur une plateforme vidéo en ligne (YouTube) et fournie en complément de la lettre d'information⁵. Toujours dans le but de faciliter la venue des participants potentiels – notamment sourds ou malentendants – une page web a été créée (*via* le logiciel Notion) pour indiquer, en utilisant des photographies avec annotations visuelles (fléchage), l'accès au lieu de passation de l'étude depuis les transports en commun.

10.3.2 Stimuli

Les stimuli consistent en des séquences de compositions musicales vibrotactiles, appelées dans la littérature « *vibetracks* »⁶ – ou « pistes vibrotactiles » – créées en exploitant ici la *composition trajectorielle*. Les trajectoires formant ces *vibetracks* ont été composées en utilisant le séquenceur audionumérique REAPER et le module de spatialisation multicanal ReaSurroundPan, selon les techniques décrites en 8.2. Ces outils ont été choisis pour leurs fonctionnalités, leur simplicité d'utilisation et leur accessibilité financière, ReaSurroundPan étant, de plus, particulièrement efficace pour produire des trajectoires. L'automation a été la principale technique utilisée, car celle-ci permet de faciliter et d'optimiser grandement la composition des *vibetracks* à partir de trajectoires simples⁷. Concernant l'instrument virtuel utilisé pour produire le signal d'entrée destiné à être spatialisé par ReaSurroundPan, nous avons choisi le synthétiseur « Synth1 » développé par Daichi Laboratory, particulièrement populaire en MAO du fait, notamment, de sa gratuité. Cet instrument nous a permis de produire, à partir d'un message MIDI et d'un accordage précis de l'oscillateur, un signal sinusoïdal de fréquence fixée à 50 Hz.

Cette fréquence a été déterminée à partir du ressenti arbitraire des trajectoires délivrées par le dispositif et des travaux d'Israr et Abnoui sur la médiation du toucher social par des stimuli vibrotactiles basés sur le Tactile Brush algorithm⁸. Dans leurs travaux, Israr et Abnoui ont évalué la capacité de stimuli vibrotactiles à provoquer du plaisir chez des participants. Ces stimuli, créés selon le principe du Tactile Brush algorithm, consistaient en des illusions de mouvements continus présentées comme des « caresses » sur l'avant-bras. Les participants testés devaient évaluer le plaisir ressenti

5. Pour visionner la vidéo, voir : https://www.youtube.com/watch?v=4_z4S7DuvFw

6. KARAM *et al.*, « Towards a Model Human Cochlea : sensory substitution for crossmodal audio-tactile displays ».

7. En automatisant les variations des paramètres à partir du contrôle de leur enveloppe. De plus, REAPER offre la possibilité d'enregistrer les variations d'enveloppe sous forme d'« objets d'automation » (« *automation items* »), permettant de rappeler ces objets, et donc les trajectoires, par un simple copier-coller.

8. ISRAR et ABNOUI, *op. cit.*

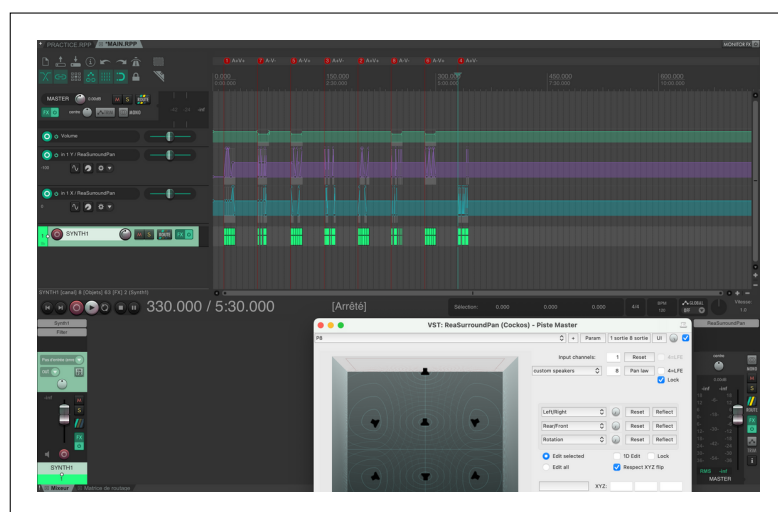


FIGURE 10.1 – Aperçu de la session REAPER de composition et de présentation des *vibetracks*.

lors de la présentation de ces caresses à différentes fréquences (20, 70 et 250 Hz), amplitudes (15 et 30 dB SL) et vitesses (allant de 5,7 à 23 cm s⁻¹). Concernant la fréquence, les résultats obtenus ont démontré que, pour une amplitude et une vitesse données, les participants avaient jugé plus agréables les stimuli de basse et moyenne fréquences que les stimuli de haute fréquence, jugés désagréables. Par ailleurs, pour la fréquence moyenne de 70 Hz, le niveau d'amplitude bas (15 dB SL) a été jugé agréable, tandis que le niveau d'amplitude élevé (30 dB SL) a été jugé désagréable. Cette polarisation corrobore les résultats rapportés par Huisman et ses collègues⁹, selon lesquels les stimuli de faible intensité sont jugés plus agréables que les stimuli de forte intensité, quelle que soit la valeur de la vitesse. En outre, nous avons pris la décision d'abaisser la fréquence de 70 à 50 Hz dans cette étude, les trajectoires étant, selon notre perception arbitraire, plus aisément ressenties à cette fréquence et le signal produit moins audible par le système auditif.

L'ensemble des résultats rapportés par les travaux précédents suggère donc que, dans le cadre de notre étude, le choix de deux valeurs expérimentales d'intensité (variable indépendante), faible et forte, permettrait, pour une fréquence proche de celle choisie, de moduler le plaisir des participants entre agréable et désagréable. Par conséquent, les deux valeurs d'intensité ont été appliquées en ajustant, *via* des automatisations, le niveau numérique de la piste *Master* sur le logiciel REAPER. Ainsi, le signal de sortie pour l'intensité forte a été réglé à 0 dB FS, tandis que le signal pour l'intensité faible a été réglé à -8 dB FS.

9. HUISMAN *et al.*, *op. cit.*

Les valeurs de vitesse (lente vs. rapide) ont été déterminées à partir des travaux de Huisman et son équipe¹⁰, ou encore de McGlone et ses collègues¹¹ sur la médiation du toucher social (cf. 6.3.1). Selon les chercheurs, la plage de vitesse jugée la plus agréable se situe entre 1 et 10 cm s⁻¹, avec une vitesse optimale obtenue à 6,41 cm s⁻¹¹². À la lumière des spécificités de conception du dispositif expérimental utilisé pour délivrer les stimuli dans notre étude (cf. 8.1.2), nous avons choisi d'arrondir cette vitesse à 7 cm s⁻¹ pour la valeur de notre vitesse lente et 21 cm s⁻¹ pour la vitesse rapide. Cette modification a été motivée par le souhait de faciliter l'étalonnage de la vitesse des trajectoires sur le logiciel REAPER et d'obtenir un nombre entier de trajectoires d'une même durée par *vibetrack*¹³.

La durée totale de stimulation des *vibetracks* a été fixée à 15 s. Au total, 11 *vibetracks* ont été produites. À l'image de l'étude n° 1 (cf. 9), 8 *vibetracks* ont été classées par groupes de deux et réparties selon les quatre combinaisons émotionnelles d'activation-valence (A+V+; A+V-; A-V+; A-V-). Au regard des hypothèses opérationnelles testées, la répartition des *vibetracks* au sein des combinaisons émotionnelles a été établie en fonction des deux variables indépendantes (vitesse; intensité) et de leurs deux valeurs respectives (TAB. 10.1). Les *vibetracks* exprimant une activation forte (A+) présentaient la valeur d'intensité forte, tandis que les *vibetracks* exprimant une valence positive (V+) présentaient la valeur de vitesse faible. Les 3 *vibetracks* restantes ont été utilisées comme stimuli pour la phase d'entraînement. Les *vibetracks* ont toutes été composées à partir d'un ensemble commun de trajectoires, comprenant des trajectoires linéaires verticales et horizontales de sens variés (cf. 7.2). Bien que la morphologie des trajectoires ne soit pas étudiée ici, nous avons fait varier l'ordre de présentation des trajectoires, afin de différencier les *vibetracks* du répertoire, notamment celles appartenant à une même catégorie émotionnelle (cf. FIG. 10.1). En outre, différents rythmes ont également été utilisés pour leur composition, afin de musicaliser davantage les *vibetracks* et, de ce fait, de renforcer la correspondance entre ces stimuli et le contexte d'écoute musicale visé.

10. *Ibid.*

11. MCGLONE, WESSBERG et OLAUSSON, *op. cit.*

12. HUISMAN *et al.*, *op. cit.*

13. La colonne centrale de la matrice de transducteur du dispositif présente quatre transducteurs et trois espaces inter-transducteurs (cf. 8.1.3). Comme un espace inter-transducteur mesure 7 cm, l'écartement entre le transducteur situé le plus bas et le transducteur situé le plus haut est donc de 21 cm. En déterminant pour la vitesse lente une valeur de 7 cm s⁻¹, la durée de la stimulation pour cette trajectoire sera alors de 3 s. Nous pouvons alors déduire que la composition d'une *vibetrack* de 15 s permettra de diffuser 5 trajectoires de 3 s chacune. Cette même méthode a été appliquée pour déterminer notre vitesse rapide. Nous obtenons ainsi, pour une vitesse rapide donnée à 21 cm s⁻¹, un nombre de 15 trajectoires d'une durée de 1 s chacune.

No <i>vibetracks</i> ^a	Vitesse (lente ^b vs. rapide ^c)	Intensité (faible ^d vs. forte ^e)	Activation exprimée	Valence exprimée	Comb. émotionnelle exprimée	Nb. de trajectoires	Caractère rythmique ^f	Enchaînement ^g
1	Lente	Fort	Fort	Positive	A+V+	5	Régulier	Continu
2	Lente	Fort	Fort	Positive	A+V+	5	Régulier	Mixte
3	Rapide	Fort	Fort	Négative	A+V-	14	Irrégulier	Mixte
4	Rapide	Fort	Fort	Négative	A+V-	13	Irrégulier	Discontinu
5	Lente	Faible	Faible	Positive	A-V+	5	Régulier	Mixte
6	Lente	Faible	Faible	Positive	A-V+	5	Régulier	Continu
7	Rapide	Faible	Faible	Négative	A-V-	8	Irrégulier	Discontinu
8	Rapide	Faible	Faible	Négative	A-V-	9	Irrégulier	Discontinu

TABLEAU 10.1 – Répertoire des *vibetracks* composé selon le principe de *composition trajectorielle* et utilisé comme ensemble de stimuli pour la phase de test principale de cette étude.

- a. Durée standardisée à 15 s et fréquence fixée à 50 Hz.
- b. 7 cm s⁻¹.
- c. 21 cm s⁻¹.
- d. Niveau de la piste *Master* à -8 dB FS.
- e. Niveau de la piste *Master* à 0 dB FS.
- f. Régulier = pas d'interruption entre les trajectoires ; Irrégulier = comporte des silences.
- g. Caractérise la succession spatiotemporelle des trajectoires, c'est-à-dire le partage ou non des positions de fin et de début de deux trajectoires présentées successivement dans le temps.

10.3.3 Matériel

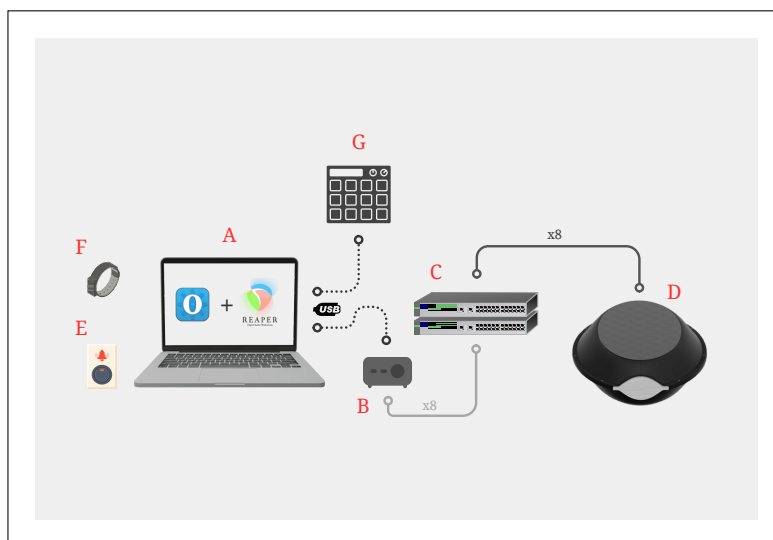


FIGURE 10.2 – Dispositif expérimental de l'étude, avec : (A) Logiciels OpenSesame et REAPER sur ordinateur; (B) Interface audio USB ESI Gigaport eX 8 canaux; (C) x2 Amplificateurs Behringer EPQ304 4 canaux; (D) Enceinte corporelle vibrotactile; (E) Émetteur du téléavertisseur; (F) Bracelet Empatica E4; (G) Surface de contrôle MIDI USB.

La figure FIG. 10.2 présente une illustration schématique du dispositif expérimental utilisé pour l'étude. Le matériel utilisé pour diffuser les *vibetracks* aux participants correspond au système conçu et décrit précédemment dans cette thèse de doctorat (cf. 8.1.2). Pour des raisons d'intelligibilité, notre enceinte vibrante corporelle a été appelée « caisson vibrant » au cours des passations. De plus, dans cette étude n° 2, les réponses psychophysiologiques des participants à l'écoute des *vibetracks* seront collectées afin de renforcer notre analyse et l'interprétation de résultats potentiels. Ces données pourront également constituer une base pour de futurs travaux dans ce domaine. Ainsi, la conductance cutanée SC sera mesurée à l'aide d'un bracelet Empatica E4 ¹⁴.

10.3.4 Procédure

Une procédure semblable à celle décrite dans notre étude n° 1 a été utilisée et modifiée pour correspondre au contexte de la présente étude. Le protocole a été conduit conformément aux principes éthiques définis par la Déclaration d'Helsinki ¹⁵. Les

14. <https://www.empatica.com/en-eu/research/e4/>, (visité le 15-11-2023).

15. WORLD MEDICAL ASSOCIATION, *op. cit.*

participants ont été testés individuellement. Après avoir été accueilli, chaque participant s'est vu remettre une copie de la lettre d'information décrivant les modalités de l'étude et deux exemplaires du formulaire de déclaration de consentement, selon des modalités strictement identiques à celles de l'étude n° 1 (type d'informations fourni, niveau de langue utilisé, nature des questions posées, etc.). Compte tenu des spécificités de la présente étude n° 2, la lettre d'information précisait notamment la description du dispositif expérimental utilisé, ainsi que les informations relatives au port du bracelet Empatica E4. Une fois le consentement éclairé donné, les participants ont été équipés par l'expérimentateur du bracelet Empatica E4 désinfecté entre chaque passation, avant d'être invités à rejoindre une salle à l'environnement calme, sans fenêtres donnant sur l'extérieur ou éléments pouvant représenter une source de distraction visuelle potentielle, et à s'asseoir sur une chaise devant une table sur laquelle se présentait l'ensemble du dispositif.

La phase suivante de l'étude consistait en une tâche de familiarisation avec le dispositif expérimental, les *vibetracks*, le bracelet Empatica, ainsi qu'avec les échelles de réponse SAM utilisées. Ces dernières sont également reprises de l'étude n° 1, à savoir des échelles SAM UC3M4Safety à 5 points visant l'évaluation de trois dimensions : la valence, l'activation, ainsi que le plaisir ressenti. Une instruction préliminaire demandait aux participants de mettre leur smartphone ou leur montre connectée en mode avion, afin d'éviter toute source de distractions ou de stimulation incontrôlée (vibrations, sonnerie, notifications lumineuses). Ensuite, d'autres explications étaient présentées à l'écran, incluant : l'utilisation du bouton d'appel du téléavertisseur, l'existence du décompte marquant le début de l'écoute, l'écoute d'une *vibetrack*, la présentation des questions posées à l'issue de l'écoute, les échelles de réponse et comment les utiliser, ainsi que le temps fixé pour répondre. Les participants étaient invités à répondre de manière spontanée et indépendamment des préférences musicales personnelles. L'ensemble de la procédure a été réalisé à l'aide des logiciels OpenSesame (version 4.0 *Melodramatic Milgram*) et le séquenceur audionumérique REAPER (version 7.08).

Cette boucle d'apprentissage a été réalisée en condition expérimentale avec les trois *vibetracks* d'entraînement, dans le but que les participants soient définitivement familiarisés avec le dispositif et comprennent bien l'ensemble des tâches demandées. L'échantillonneur du logiciel OpenSesame ne prenant pas en charge les fichiers multicanaux, l'écoute des *vibetracks* a été réalisée depuis le logiciel REAPER lancé en arrière-plan. Afin d'y parvenir, il était demandé aux participants d'utiliser au préalable le bouton d'appel du téléavertisseur à disposition afin d'appeler l'expérimentateur. Ce dernier effectuait alors la procédure suivante :

1. demander aux participants s'ils étaient prêts à continuer ;
2. synchroniser le lancement d'un décompte de 15 s sur OpenSesame avec le début de la lecture de la piste des *vibetracks* sur REAPER en utilisant simulta-

nément une touche de l'ordinateur et une surface de contrôle MIDI reliée à REAPER;

3. faire un appui court sur le bouton principal du bracelet Empatica E4 à 13 s du décompte précédent, cette manœuvre ayant pour but de créer un marqueur temporel visible sur la session d'enregistrement des données et facilitant ainsi la synchronisation *a posteriori* des données acquises par le bracelet avec le déroulement parallèle de la procédure.

Deux questions étaient posées à l'issue de chaque écoute et les échelles de réponse correspondantes étaient présentées simultanément à l'écran, à savoir : « L'émotion que la musique veut donner est une émotion négative ou positive? » (de 1 – Très négative à 5 – Très positive, avec 3 – Neutre) et « L'émotion que la musique veut donner est une émotion faible ou forte? » (de 1 – Très faible à 5 – Très forte, avec 3 – Neutre). Les participants ont eu 15 s pour donner leurs réponses et les *vibetracks* n'étaient diffusés qu'une seule fois. Ensuite, les participants devaient répondre à une troisième question¹⁶ concernant le niveau de plaisir ressenti pendant l'écoute à l'aide de l'échelle correspondante (de 1 – Très désagréable à 5 – Très agréable, avec 3 – Neutre). Les participants disposaient d'une durée maximale de 12 s pour répondre à cette question, avant qu'un décompte de 3 s ne s'affiche pour lancer la *vibetrack* suivante¹⁷. Enfin, la phase de test principale consistait à évaluer, selon les mêmes modalités que pour la phase précédente, les 8 *vibetracks* sélectionnées (TAB. 9.2). Comme pour la phase précédente, la procédure de synchronisation entre OpenSesame, REAPER et le bracelet Empatica E4 a été menée avec l'appui de l'expérimentateur.

En accord avec les participants et dans le sillage de l'étude précédente, un débriefing post-test de 15 min a été conduit à la fin de chaque passation, dans le but d'obtenir des données qualitatives. Les questions posées aux participants consistaient à recueillir leurs impressions sur l'étude, leurs ressentis, les éléments ayant procuré du plaisir ou provoqué une gêne, leurs préférences musicales, ou encore leur appétence en matière de vibrations lors de concerts. Au-delà du cadrage apporté par ces questions précises, ces entretiens ont été menés en adoptant une posture d'écoute active qui invitait parfois les participants à approfondir certaines de leurs réponses lorsque l'investigateur jugeait cela nécessaire. Après avoir complété la procédure, les participants ont été remerciés et informés de la publication des résultats avant d'être accompagnés. L'ensemble de la procédure a duré environ 20 min par participant.

16. « Pour moi, écouter cette musique était désagréable ou agréable? »

17. De cette manière, la structure d'une phase d'écoute est construite selon une boucle comprenant : un décompte de 3 s; 15 s de stimulation; 15 s d'un premier écran contenant les deux premières questions; 12 s d'un deuxième écran contenant la troisième question.

10.4 Résultats

Au total, 20 personnes ont répondu à l'appel à participation. Sur ces 20 personnes volontaires, trois individus n'ont pas accédé à la passation : deux ne correspondaient pas aux critères de sélection (nationalité étrangère extraeuropéenne; allophone; absence de maîtrise du français et de la lecture; absence de maîtrise de la LSF; acuité visuelle insuffisante) et une n'était plus disponible au moment de la passation. Ainsi, 17 personnes ont participé à l'étude ($N = 17$) : incluant 8 hommes (dont 1 homme autodéclaré transgenre) et 9 femmes d'âge compris entre 22 et 54 ans (moyenne $\mu \pm$ écart-type $\sigma = 38,41 \pm 10,27$); de nationalité française (à l'exception d'une participante de nationalité italienne, francophone et travaillant en France); ayant obtenu un diplôme d'éducation dont le niveau est compris entre 3 et 8 selon le Répertoire National des Certifications Professionnelles (RNCP) (niveau RNCP $\mu \pm \sigma = 5,94 \pm 1,56$); et de niveau d'éducation musicale varié (12 non-musiciens et 5 musiciens incluant : 1 musicien amateur, 1 musicien professionnel; 2 musiciens semi-professionnels, dont un étudiant en musicologie à l'Université; 1 musicienne ayant recours à une pratique musicale dans son activité professionnelle).

Parmi les participants : 12 personnes sont entendantes; 3 personnes sont sourdes (toutes oralistes et signantes) dont 2 présentent une surdité totale (congénitale avec appareillage bilatéral; acquise avec un implant cochléaire) et 1 personne présente une surdité profonde (congénitale avec implant cochléaire bilatéral); 2 personnes sont malentendantes et présentent une surdité légère (acquise), dont l'origine provient pour ces deux individus d'une déficience auditive unilatérale. À l'image de l'étude précédente, les participants entendants et les participants malentendants sont regroupés au sein d'un échantillon de population commun. Les données démographiques et musicales sur l'ensemble des participants sont consignées dans le tableau TAB. 10.2.

Les participants ayant évalué les 8 *vibetracks* à travers 3 dimensions (valence, activation et plaisir), nous avons ainsi obtenu entre 22 et 24 (score maximal) jugements par participant ($\mu \pm \sigma = 23,8 \pm 0,53$). Globalement, nous constatons ainsi très peu d'absence de réponse chez les participants. Les passations concernant cette présente étude ayant chronologiquement succédé à celles de l'étude précédente, il est possible que, au regard des récurrences de conception dans le protocole expérimental utilisé dans les deux études, les participants aient pu bénéficier d'un apprentissage leur permettant d'améliorer leur performance (effet de rémanence). En outre, cette présente étude comporte également moins d'extraits à évaluer. En revanche, les causes restent ici inconnues en ce qui concerne les rares absences de réponse qui ont pu être observées.

	Participants total <i>N</i> =17	Participants E <i>n</i> = 14	Participants S <i>n</i> = 3
Genre (homme/femme/personnalisé)	8/9	7/7	1/2
Age (Moy. année $\pm$ Écart type)	38,41 $\pm$ 10,27	40,57 $\pm$ 9,25	28,33 $\pm$ 10,12
Éducation (Moy. niveau RNCP $\pm$ Écart type)	5,94 $\pm$ 1,56	6,43 $\pm$ 1,16	3,67 $\pm$ 1,15
Score BMRQ (min = 0 ; max = 12) ^a	9,76 $\pm$ 2,61	10,00 $\pm$ 2,66	8,67 $\pm$ 2,52
Éducation musicale (musiciens/non-musiciens)	5/12	5/9	0/3

TABLEAU 10.2 – Données démographiques et musicales des participants.

a. Score $\mu \pm \sigma$ calculé à partir des réponses sur trois questions du BMRQ.

10.4.1 Influences des variables indépendantes sur la reconnaissance des dimensions émotionnelles exprimées

Moyennes des jugements

Comme pour l'étude précédente, les moyennes et les écarts-types ont été calculés à partir des jugements émotionnels fournis par les participants à l'écoute de chaque *vibetrack* pour les dimensions : activation, valence et plaisir ressenti lors de l'écoute. L'ensemble des valeurs est rapporté pour la population générale *N*, ainsi que pour chaque échantillon *n* (entendant ; sourd), dans le tableau TAB. 10.3.

No <i>vibetracks</i>	Comb. émotionnelle exprimée	Nb. jugements (max = 51)	Participants total <i>N</i> = 17			Participants E <i>n</i> = 14			Participants S <i>n</i> = 3		
			Activation	Valence	Plaisir	Activation	Valence	Plaisir	Activation	Valence	Plaisir
1	A+V+	49	2,69 $\pm$ 0,92	2,00 $\pm$ 0,93	1,94 $\pm$ 1,10	2,79 $\pm$ 0,89	2,07 $\pm$ 0,92	1,86 $\pm$ 1,10	2,33 $\pm$ 1,15	1,00 $\pm$ Nd^a	2,33 $\pm$ 1,15
2	A+V+	51	2,94 $\pm$ 0,83	2,12 $\pm$ 1,05	2,29 $\pm$ 1,10	3,07 $\pm$ 0,73	2,12 $\pm$ 0,96	2,29 $\pm$ 1,05	2,33 $\pm$ 1,15	2,67 $\pm$ 1,53	2,67 $\pm$ 1,53
3	A+V-	51	3,12 $\pm$ 1,05	1,94 $\pm$ 1,20	1,94 $\pm$ 1,14	3,29 $\pm$ 0,99	1,86 $\pm$ 1,23	1,79 $\pm$ 1,19	2,33 $\pm$ 1,15	2,33 $\pm$ 1,15	2,67 $\pm$ 0,58
4	A+V-	51	2,71 $\pm$ 0,85	2,18 $\pm$ 0,88	2,47 $\pm$ 0,94	2,79 $\pm$ 0,80	2,14 $\pm$ 0,86	2,43 $\pm$ 1,02	2,33 $\pm$ 1,15	2,33 $\pm$ 1,15	2,67 $\pm$ 0,58
5	A-V+	51	2,00 $\pm$ 0,71	2,35 $\pm$ 0,79	2,53 $\pm$ 1,07	1,93 $\pm$ 0,73	2,21 $\pm$ 0,80	2,43 $\pm$ 1,16	2,33 $\pm$ 0,58	3,00 $\pm$ 0,00	3,00 $\pm$ 0,00
6	A-V+	50	1,75 $\pm$ 0,93	2,35 $\pm$ 0,86	2,47 $\pm$ 1,01	1,57 $\pm$ 0,85	2,29 $\pm$ 0,91	2,36 $\pm$ 1,08	3,00 $\pm$ 0,00	2,67 $\pm$ 0,58	3,00 $\pm$ 0,00
7	A-V-	51	1,88 $\pm$ 1,05	2,18 $\pm$ 0,81	2,41 $\pm$ 0,80	1,79 $\pm$ 1,05	2,14 $\pm$ 0,86	2,36 $\pm$ 0,84	2,33 $\pm$ 1,15	2,33 $\pm$ 0,58	2,67 $\pm$ 0,58
8	A-V-	51	1,53 $\pm$ 0,94	2,18 $\pm$ 0,88	2,59 $\pm$ 0,94	1,36 $\pm$ 0,84	2,21 $\pm$ 0,97	2,50 $\pm$ 1,02	2,33 $\pm$ 1,15	2,00 $\pm$ 0,00	3,00 $\pm$ 0,00

TABLEAU 10.3 – Moyennes et écarts-types des jugements émotionnels (activation ; valence ; plaisir) fournis par les participants (population totale *N* ; échantillon *n* entendants ; échantillon *n* sourds). Sont mis en exergues, en gras, les résultats discordants entre les dimensions exprimées et les dimensions perçues.

a. Un seul jugement a été fourni dans cet échantillon, rendant le calcul de l'écart-type impossible.

Les moyennes obtenues suggèrent des résultats contrastés en ce qui concerne la reconnaissance des catégories émotionnelles exprimées. Dans la population globale étudiée *N*, l'activation a été globalement reconnue, à l'exception de la *vibetrack* n° 5 qui présente une moyenne neutre (valeur = 2). En revanche, les jugements de valence présentent davantage de discordances, avec trois *vibetracks* qui n'ont pas été reconnues dans cette dimension (n° 1 ; n° 7 et n° 8). Globalement, les moyennes des

jugements pour cette dimension ne sont pas particulièrement prononcées et restent relativement proches de la valeur neutre. Ces premières observations suggèrent ainsi que l'activation semble avoir été mieux reconnue que la valence.

En distinguant les moyennes des jugements entre chaque échantillon n , nous observons que l'activation semble avoir été mieux reconnue dans le groupe entendant, qui ne présente aucune discordance, que dans le groupe sourd, qui présente plusieurs discordances localisées au niveau des *vibetracks* exprimant une activation faible. Les jugements de valence présentent des discordances au sein des deux groupes et se manifestent en particulier sur les *vibetracks* exprimant une valence négative. Ainsi, cette analyse préalable des jugements moyens suggère que l'activation a été perçue de manière renforcée chez les participants sourds, tandis que, concernant la valence, les participants ont eu, dans l'ensemble, tendance à noter positivement.

Enfin, concernant le plaisir ressenti, nous observons une légère polarisation des moyennes obtenues qui semble être relative à l'activation exprimée. En effet, quel que soit le groupe, les moyennes les plus basses concernent les *vibetracks* exprimant une activation forte, tandis que les valeurs les plus élevées concernent les *vibetracks* exprimant une activation faible. De plus, le groupe de participants sourds semble avoir pris un plaisir plus marqué que le groupe entendant.

Afin de vérifier statistiquement ces résultats, l'étude préalable de la normalité par un test de Shapiro-Wilk a révélé une distribution globalement anormale des données ($p < .05$). Une fois la nature de la distribution vérifiée, une batterie de tests U de Mann-Whitney pour des échantillons indépendants a été menée pour chaque *vibetrack* et chaque dimension (activation ; valence ; plaisir). Une seule différence significative a été mise en lumière, avec un effet important, entre les jugements des deux groupes concernant l'activation sur la *vibetrack* n° 6 ($p = .047$; $r = .857$).

Ensuite, plusieurs tests non paramétriques de Friedman ont été appliqués dans le but de vérifier statistiquement la reconnaissance de chaque dimension exprimée. Le test de Friedman appliqué sur les jugements de valence n'a révélé aucune différence significative entre les *vibetracks* dans cette dimension ($\chi^2 = 5.66$; $p = .58$), confirmant que la valence exprimée n'a pas été bien reconnue et suggérant que ni la vitesse ni l'intensité n'ont permis de moduler la valence perçue.

En revanche, concernant l'activation, le test a révélé des différences significatives entre les jugements des *vibetracks* exprimant une activation faible et celles exprimant une activation forte ($\chi^2 = 42.6$; $p < .001$). Un test *post-hoc* des rangs signés de Wilcoxon appliqué sur chaque paire confirme ce résultat ($p < .05$)¹⁸, avec toutefois une différence significative avec effet très important révélée également entre les *vibetracks* n° 1 et n° 3 ($p = .026$; $r = -1$). Si ce contraste est notamment imputable aux jugements émis par le groupe entendant, la raison pour laquelle la *vibetrack* n° 3 a été perçue comme

18. À l'exception des paires de *vibetracks* n° 1 et n° 6 ($p = .051$), ainsi que n° 4 et n° 5 ($p = .063$).

plus forte que la n° 1 reste à ce stade inconnue. Ces résultats soulignent, au demeurant, que l'activation exprimée a bien été perçue comme telle dans la population N et que l'intensité a bien permis de moduler l'activation perçue. En revanche, contrairement aux résultats observés dans les travaux d'Huisman et ses collègues¹⁹, la vitesse des trajectoires n'a pas eu d'effet sur l'activation perçue ($\chi^2 = 5.35$; $p = .148$).

Enfin, le test de Friedman sur les jugements du plaisir ressenti chez les participants révèle des différences significatives entre les *vibetracks* ($\chi^2 = 15.7$; $p = .028$). Le test *post-hoc* des rangs signés de Wilcoxon appliqué sur chaque paire met en lumière les différences significatives suivantes :

- la *vibetrack* n° 1 avec : la n° 4 ($p = .036$; $r = -0.833$); la n° 5 ($p = .037$; $r = -0.833$) et la n° 8 ($p = .029$; $r = -0.727$);
- la *vibetrack* n° 3 avec : la n° 4 ($p = .003$; $r = -1$); la n° 5 ($p = .008$; $r = -1$) et la n° 8 ($p = .048$; $r = -0.641$).

Ces résultats ne permettent pas d'identifier clairement une action de l'intensité ou de la vitesse sur la modulation du plaisir ressenti chez les participants. En outre, nous observons que le plaisir ressenti chez les participants à l'écoute des *vibetracks* n° 2 et n° 4 a été supérieur aux attentes, comme le révèle également le test de Friedman sur le plaisir ressenti à l'écoute des *vibetracks* exprimant une activation forte ($\chi^2 = 10.3$; $p = .016$). En revanche, la différence entre la *vibetrack* n° 1 et la *vibetrack* n° 2 n'est pas significative ($p = .095$). Il conviendra d'approfondir l'analyse de cette dimension et d'identifier les variables responsables de ces différences, notamment à travers la prochaine section consacrée à l'analyse de la conductance cutanée (SC) mesurées.

10.4.2 Analyse de la conductance cutanée SC

Analyse de l'activité électrodermale EDA

Les données de SC brutes ont été obtenues suite à l'étude de l'EDA des participants pendant leur écoute à l'aide du bracelet Empatica E4. Afin de pouvoir comparer la conductance cutanée SC des deux groupes, les moyennes ont été calculées à partir des données de chaque participant pour les deux échantillons n et elles sont présentées dans le tableau TAB. 10.4. Comme le suggèrent les courbes de SC moyenne en fonction de la présentation des *vibetracks* pour chaque groupe (cf. FIG. 10.5; graphique *a*), les résultats présentent quelques différences peu prononcées. La SC baisse continuellement dans le groupe entendant à mesure que les stimuli sont présentés, tandis que la SC augmente progressivement à partir de la *vibetrack* n° 5 dans le groupe sourd, bien que cette évolution reste accidentée. Cependant, un test U de Mann-Whitney pour échantillons indépendants (p Shapiro-Wilk $< .05$) n'a révélé aucune différence significative entre les deux groupes ($p > .05$).

19. HUISMAN *et al.*, *op. cit.*

			No <i>vibetracks</i>								
			n	1	7	5	3	2	8	6	4
Données brutes	Moyennes	E		0,569	0,596	0,538	0,535	0,500	0,503	0,511	0,517
		S		0,316	0,299	0,219	0,405	0,321	0,367	0,272	0,299
	U de Mann-Whitney (valeur <i>p</i>)			0,509	0,432	0,197	0,591	0,591	0,953	0,432	0,509
Données normalisées	Moyennes	E		- 0,848	- 0,147	- 0,083	0,024	- 0,171	0,177	0,453	0,594
		S		- 0,487	- 0,408	- 0,870	0,362	0,133	0,852	0,023	0,394
	U de Mann-Whitney (valeur <i>p</i>)			0,300	0,676	0,006	0,676	0,432	0,300	0,362	0,953
Valeur de <i>r</i>			0,429	0,190	0,952	0,190	0,333	0,429	0,381	0,048	

TABLEAU 10.4 – Valeurs moyennes de la conductance cutanée SC (exprimées en μS) et tests statistiques pour deux échantillons *n* de participants indépendants (entendants; sourds) en fonction des *vibetracks* écoutées.

Dans le but de pouvoir mieux comparer les données entre les deux groupes (les valeurs de conductance cutanée mesurées étant globalement plus basses dans le groupe sourd que dans le groupe entendant), ces dernières ont été normalisées, puis analysées à nouveau selon la même procédure (cf. TAB. 10.4). Comme le souligne la nouvelle courbe obtenue (FIG. 10.3; graphique *b*), les résultats diffèrent des données brutes, avec une augmentation progressive de la SC dans le groupe entendant et dans le groupe sourd. L'augmentation marquée de la SC dans le groupe sourd s'observe toujours à l'issue de l'écoute de la *vibetrack* n° 5. En outre, le test U de Mann-Whitney sur les données normalisées révèle cette fois-ci une différence significative sur cette même *vibetrack* entre les deux groupes, avec un effet très important ($p = .006$; $r = .952$). Ce résultat démontre que l'écoute de la *vibetrack* succédant chronologiquement à la n° 5, c'est-à-dire la *vibetrack* n° 3, a provoqué une réponse électrodermale forte avec une augmentation significative de la SC chez les participants sourds.

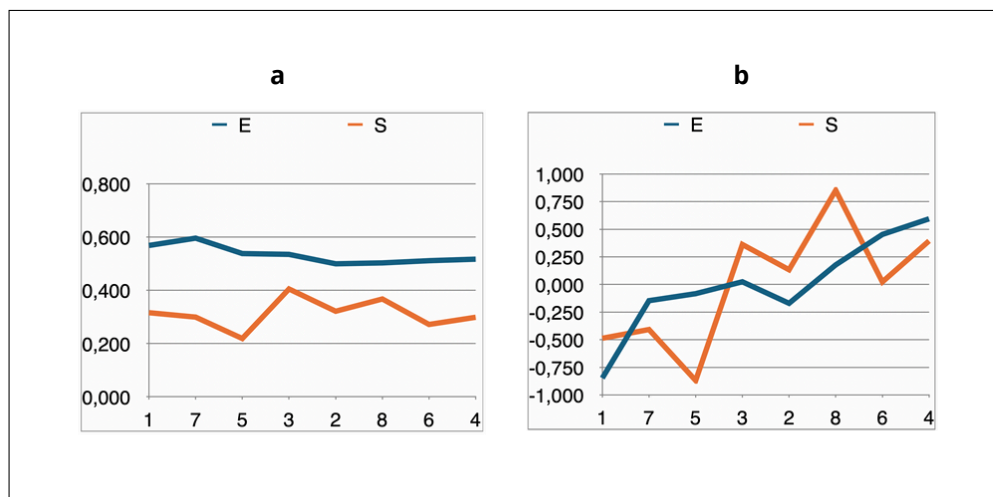


FIGURE 10.3 – Conductance cutanée (SC) (exprimés en μS) en fonction des *vibetracks* présentées (graphique a : données brutes; graphique b : données normalisées).

Plusieurs hypothèses peuvent être dégagées pour tenter d'expliquer ce phénomène observé au sein du groupe sourd. La première concerne l'influence directe d'une ou plusieurs variables indépendantes étudiées. En effet, la *vibetrack* n° 3 présente des trajectoires rapides et intenses (A+V-) selon des motifs rythmiques saccadés. Cela suggère ainsi que l'un de ces paramètres ou leur interaction aient modulé la SC chez les sourds testés (intensité; vitesse; rythme). La deuxième hypothèse concerne un effet temporel provoqué par la chronologie de présentation des *vibetracks* durant l'étude (effet d'ordre). La *vibetrack* n° 5 présente des trajectoires lentes et faiblement intenses (catégorie émotionnelle exprimée A-V+) qui se succèdent selon des rythmes réguliers, contrastant ainsi totalement avec la *vibetrack* n° 3 qui lui succède. En conjonction avec l'hypothèse précédente, il est ainsi possible que ce contraste, provoqué par la présentation successive au cours de la passation de ces deux *vibetracks* aux caractéristiques et aux catégories émotionnelles exprimées strictement opposées, ait engendré cette réponse électrodermale spécifique.

Une observation des jugements fournis par les participants à l'écoute de ces deux *vibetracks* démontre que les moyennes de valence et de plaisir baissent dans les deux groupes. Cette diminution a notamment été confirmée par la différence significative mise précédemment en lumière dans la population *N* concernant le plaisir (Wilcoxon : $p = .008$; $r = -1$), soulignant ainsi que la *vibetrack* n° 5 a bien été jugée plus agréable que la *vibetrack* n° 3. Ce constat concorde avec l'analyse de la SC, notamment dans le groupe sourd : l'activité électrodermale ayant diminué à l'écoute de la *vibetrack* n° 5 avant d'augmenter fortement à l'écoute de la *vibetrack* n° 3.

Il est intéressant de constater une récurrence du phénomène plus loin au cours de la passation, rencontrée une nouvelle fois dans le groupe sourd, lors de l'écoute successive des *vibetracks* n° 6 (A-V+) et n° 4 (A+V-). Comme le révèle le test *post-hoc* des rangs signés de Wilcoxon, l'écoute de la *vibetrack* n° 6 a provoqué une diminution de la SC dans le groupe sourd (bien que non significative), avant que la SC n'augmente à nouveau de manière significative ($p = .045$; $r = -0.556$) dans la population *N*.

Ce résultat suggère ainsi que les *vibetracks* peu intenses et présentant des trajectoires de vitesses lentes auraient pour conséquence une diminution de la SC, tandis que les *vibetracks* intenses et aux trajectoires rapides auraient pour conséquence une augmentation de la SC. Néanmoins, comme nous l'avons révélé précédemment, les jugements de plaisir des participants diffèrent significativement entre les *vibetracks* n° 3 et n° 4 (exprimant pourtant la même catégorie émotionnelle), cette dernière ayant été jugée plus agréable. De plus, comme observé dans les travaux d'Israr et Abnoui²⁰, le test *post-hoc* de Friedman sur les jugements de plaisir appliqué aux *vibetracks* à activation faible n'a démontré aucune différence significative ($\chi^2 = 0.802$; $p = .849$), soulignant que la vitesse n'a pas eu d'impact sur cette dimension.

20. ISRAR et ABNOUSI, *op. cit.*

En revanche, contrairement aux résultats rapportés par les auteurs, l'étude de la SC semble ici appuyer l'hypothèse que le plaisir ressenti ne serait pas principalement modulé par l'activation exprimée, mais par une autre variable indépendante. Cette variable pourrait notamment permettre d'expliquer le renforcement du plaisir observé précédemment à l'écoute de la *vibetrack* n° 4.

Analyse en composantes principales

Afin de pouvoir étudier l'implication d'autres variables pouvant avoir des effets inattendus sur le jugement émotionnel et la conductance cutanée des participants à l'écoute des *vibetracks* au-delà des variables indépendantes étudiées et contrôlées, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée. Cette méthode d'analyse descriptive de réduction de données, qui appartient aux statistiques descriptives multidimensionnelles, permet de traiter simultanément, au sein d'une base de données, un grand nombre de variables afin de les réduire en composantes principales (plus communément appelées « facteurs ») ayant une influence potentielle sur des variables connues (devenant dépendantes)²¹. Nous avons appliqué cette méthode aux données de SC normalisées issues de la population *N* avec comme variables définies les différentes *vibetracks* dans l'ordre dans lequel ces dernières ont été chronologiquement présentées au cours de la passation.

L'étape préalable de l'ACP consiste à déterminer, à l'aide du logiciel Jamovi, des coefficients de corrélation entre chaque variable et de regrouper la valeur de ces coefficients au sein d'une matrice de corrélation. Les données ayant été normalisées, nous appliquons ainsi une analyse de corrélation de Pearson pour calculer ces coefficients. Les coefficients obtenus sont ensuite regroupés dans la matrice de corrélation présentée dans le tableau TAB. 10.5.

La matrice de corrélation obtenue indique plusieurs corrélations significatives ($p < .05$) et démontre que :

- La *vibetrack* n° 1 est très fortement corrélée avec les *vibetracks* n° 6 ($r = - 0.82$) et n° 4 ($r = - 0.81$), fortement corrélée avec la *vibetrack* n° 7 ($r = .68$) et moyennement corrélée avec la *vibetrack* n° 8 ($r = - 0.56$) ;
- La *vibetrack* n° 3 est moyennement corrélée avec la *vibetrack* n° 8 ($r = - 0.5$) ;
- La *vibetrack* n° 6 est très fortement corrélée avec la *vibetrack* n° 4 ($r = .95$) ;
- La *vibetrack* n° 7 est très fortement corrélée avec la *vibetrack* n° 4 ($r = - 0.79$) et fortement corrélée avec les *vibetracks* n° 8 ($r = - 0.63$), n° 6 ($r = - 0.72$) et n° 2 ($r = - 0.51$) ;

21. GUERRIEN, Marc, « L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales : présentation à partir d'une étude sur le Mexique », in : *Cahiers des Amériques latines* 43, 2003, p. 181-192.

- La *vibetrack* n° 8 est fortement corrélée avec les *vibetracks* n° 6 ($r = .54$) et n° 4 ($r = .60$).

Nous constatons que plusieurs intercorrélations apparaissent, par exemple, entre les *vibetracks* n° 1, n° 7, n° 6 et n° 4.

<i>a</i>		V1	V7	V5	V3	V2	V8	V6	V4
V1	<i>r</i> de Pearson	–							
	<i>p</i>	–							
V7	<i>r</i> de Pearson	0.68**	–						
	<i>p</i>	0.002	–						
V5	<i>r</i> de Pearson	- 0.01	0.27	–					
	<i>p</i>	0.966	0.302	–					
V3	<i>r</i> de Pearson	0.12	- 0.04	0.09	–				
	<i>p</i>	0.644	0.891	0.727	–				
V2	<i>r</i> de Pearson	- 0.42	- 0.51*	- 0.04	0.24	–			
	<i>p</i>	0.09	0.035	0.872	0.342	–			
V8	<i>r</i> de Pearson	- 0.58*	- 0.63**	- 0.41	- 0.49*	0.4	–		
	<i>p</i>	0.02	0.007	0.099	0.043	0.111	–		
V6	<i>r</i> de Pearson	- 0.82***	- 0.72**	- 0.27	- 0.34	0.07	0.54*	–	
	<i>p</i>	< .001	0.001	0.298	0.18	0.775	0.027	–	
V4	<i>r</i> de Pearson	- 0.81***	- 0.79***	- 0.37	- 0.29	0.15	0.59*	0.95***	–
	<i>p</i>	< .001	< .001	0.139	0.254	0.571	0.011	< .001	–

TABEAU 10.5 – Matrice de corrélation des variables mesurées (*vibetracks*) calculée à partir des données SC normalisées de la population *N*.

a. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Ensuite, la première étape de l'ACP peut être réalisée. Celle-ci consiste à dégager des facteurs éventuels pouvant influencer les variables traitées. Pour y parvenir, un calcul itératif est appliqué dans le but de déterminer des « valeurs propres », ou « *eigenvalues* », qui caractérisent la quantité de variances (en pourcentage) permettant d'expliquer chacun des facteurs potentiellement dégagés. Selon le critère de Kaiser, seuls les facteurs qui obtiennent une valeur propre supérieure à un sont retenus parmi l'ensemble des facteurs dégagés.

C'est ainsi que, parmi les huit facteurs dégagés dans notre analyse, trois facteurs principaux peuvent être retenues pour la suite de l'analyse selon le critère de Kaiser (cf. TAB. 10.6). Le facteur n° 1 permet d'expliquer 52,4 % de la variance, tandis que les facteurs n° 2 et n° 3 expliquent respectivement 18,3 % et 13 % de la variance totale. Ces trois facteurs cumulés permettent donc d'expliquer 83,7 % de la variance totale. En complément, un scree-test a également été réalisé en triant, à l'aide d'un graphique, la valeur propre pour chaque facteur. Le diagramme d'éboulis obtenu démontre bien

que la courbe chute de manière exponentielle sur les trois premiers facteurs, avant d'observer une rupture sur les facteurs suivants (cf. FIG. 10.4).

Facteur	Valeur propre	% de la variance expliquée	% cumulés
1	4.191	52.4	52.4
2	1.464	18.3	70.7
3	1.041	13	83.7
4	0.849	10.6	94.3
5	0.249	3.11	97.4
6	0.167	2.09	99.5
7	0.037	0.47	100
8	2.3e-17	2.88e-16	100

TAB. 10.6 – Valeur propre calculée et pourcentage de la variance expliquée pour chaque facteur principal.

Afin d'identifier au mieux les trois facteurs retenus, la deuxième étape de notre analyse consiste à étudier la corrélation entre ces facteurs et chacune des variables mesurées. La matrice des facteurs obtenue démontre que le facteur principal n° 1 est corrélée avec l'ensemble des *vibetracks*, tandis que le facteur n° 2 n'est corrélé qu'avec les *vibetracks* n° 7, n° 3 et n° 2, et le facteur n° 3 n'est corrélé qu'avec les *vibetracks* n° 1 et n° 5 (cf. TAB. 10.7). En revanche, nous observons que, pour le premier facteur, les corrélations sont très fortes et opposées entre les *vibetracks* n° 1 et n° 7, et les *vibetracks* n° 8, n° 6 et n° 4. De plus, nous observons également que peu de variables corréleront de manière simultanée avec plusieurs facteurs et que les coefficients calculés dans chaque facteur présentent bien des écarts distinctifs. Ce résultat suggère que les facteurs sont bien indépendants.

Cependant, il reste difficile d'établir une interprétation au regard du grand nombre de corrélations sur le facteur principal n° 1. C'est pourquoi nous avons appliqué une rotation des facteurs en utilisant la procédure de rotation analytique de Varimax (cf. TAB. 10.7). La rotation Varimax démontre ainsi que la force et l'opposition des corrélations observées précédemment sont conservées entre les *vibetracks* n° 1 et n° 7, et les *vibetracks* n° 6 et n° 4. La *vibetrack* n° 8 connaît, en revanche, une baisse de la valeur de son coefficient de corrélation, tandis que les *vibetracks* n° 5 et n° 3 ne sont plus corrélées avec ce facteur. En outre, la rotation Varimax diminue légèrement la part de variance expliquée dans cette condition à 47,5 % de la variance totale expliquée, au profit du facteur n° 3 qui augmente. La contribution du facteur n° 2 reste, quant à elle, globalement stable.

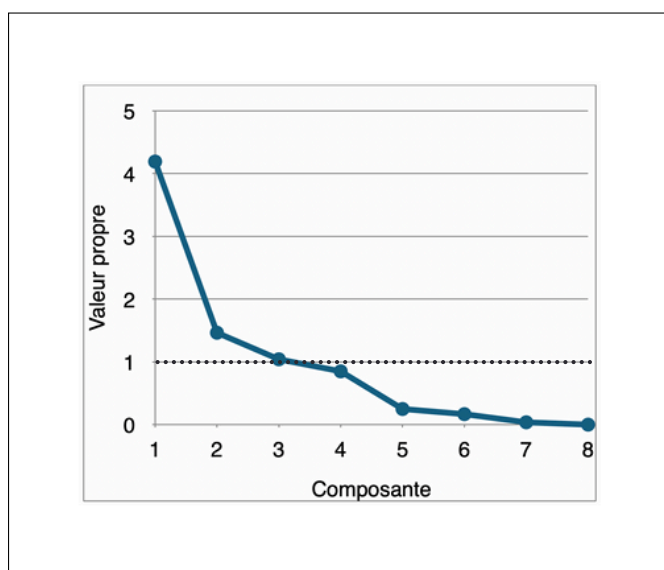


FIGURE 10.4 – Diagramme d'ébouilissement des valeurs propres en fonction des facteurs dégagés.

La nature du premier facteur peut désormais être interprétée. Il s'agit de comprendre quel est le facteur qui permet d'expliquer les corrélations observées. Une première méthode pour effectuer cette interprétation consiste à comparer les modulations appliquées par les variables indépendantes identifiées dans cette présente étude (contrôlées ou non) avec les corrélations obtenues à partir des variables mesurées.

L'élément le plus remarquable qui a été mis en lumière dans ce facteur par la matrice de rotation Varimax est l'opposition des très forts coefficients de corrélation entre les *vibetracks* n° 1 et n° 7, et les *vibetracks* n° 6 et n° 4. Cette opposition suggère qu'il existe une variable commune à ces deux couples de *vibetracks* dont la modulation pourrait entraîner le changement d'orientation de la corrélation. Les caractéristiques des *vibetracks* diffusées, telles que les caractéristiques données dans le TAB. 10.1 ou encore la morphologie des différentes trajectoires utilisées, ne permettent pas d'identifier un paramètre ou une variable indépendante communs à chaque couple de *vibetracks*. De ce fait, les paramètres et les variables indépendantes mis en œuvre pour composer les *vibetracks* ne suffisent pas à expliquer les corrélations et la polarisation observées dans ce facteur.

Il semble alors possible que le facteur n° 1 puisse correspondre à une variable inattendue et indépendante des caractéristiques intrinsèques aux *vibetracks*. Nous observons que les coefficients de corrélation suivent une évolution linéaire (corrélation négative vers positive) proportionnelle à l'ordre chronologique dans lequel les *vibetracks* ont été présentées au cours de la passation. Par conséquent, en étiquetant ce premier facteur comme étant le temps (d'écoulement réel lors de la passation),

	Avant rotation			Après Varimax		
	Facteur			Facteur		
	1	2	3	1	2	3
V1	- 0.856		- 0.374	- 0.939		
V7	- 0.865	- 0.322		- 0.799	- 0.379	
V5	- 0.371		0.816			0.93
V3	- 0.308	0.792			0.768	
V2	0.398	0.742		0.31	0.802	- 0.58
V8	0.792			0.632		
V6	0.9			0.926		
V4	0.938			0.914		

TABLEAU 10.7 – Table des corrélations (avant et après rotation Varimax) entre les facteurs principaux retenus et les variables mesurées (*vibetracks*).

cette évolution caractéristique pourrait ainsi mettre en lumière un effet d'ordre ou d'apprentissage par habitude chez les participants.

L'effet d'apprentissage par habitude (apprentissage dit « non associatif ») se traduit par une diminution progressive de la réponse à un stimulus qui est répété dans le temps²². Cette habitude devrait donc se manifester par une réduction progressive de la réponse électrodermale chez les participants à l'écoute des *vibetracks*. Or, comme nous l'avons observé précédemment, les résultats révèlent le phénomène inverse, puisque la conductance cutanée (SC) augmente progressivement dans les deux groupes.

Ce phénomène pourrait alors correspondre à l'effet inverse de sensibilisation : la réponse à un stimulus augmente bel et bien à mesure que celui-ci est répété²³. Cependant, ces effets, habitude et sensibilisation, ne s'appliquent que lorsque le stimulus répété est singulier et non variable²⁴, ce qui n'est pas le cas dans cette présente étude, comme le soulignent les différences révélées précédemment entre les deux échantillons.

En prenant en compte ces résultats, l'ACP suggère donc que l'augmentation progressive de la conductance cutanée mesurée dans la population *N* ne serait pas principalement engendrée par une variable manipulée dans l'étude, telle que l'intensité, ou un paramètre spécifique aux *vibetracks*, mais provoquée d'abord par l'écoulement

22. GROVES, P. M. et THOMPSON, R. E., « Habituation : a dual-process theory », in : *Psychological Review* 77.5, 1970, p. 419-450.

23. ÇEVİK, Münire Özlem, « Habituation, sensitization, and Pavlovian conditioning », in : *Frontiers in Integrative Neuroscience* 8, 2014, p. 511-514.

24. CONNOLLY, John F. et FRITH, Christopher D., « Effects of a varying stimulus context on habituation and sensitization of the OR », in : *Physiology & Behavior* 21.4, 1978, p. 511-514.

du temps (facteur principal n° 1) lors de la passation. Ce phénomène pourrait alors correspondre à un effet d'ordre (succession dans le temps de *vibetracks* aux caractéristiques distinctes qui ont une influence les unes sur les autres) ou à une sommation temporelle (cf. 4.2.4) s'appliquant sur la SC des participants.

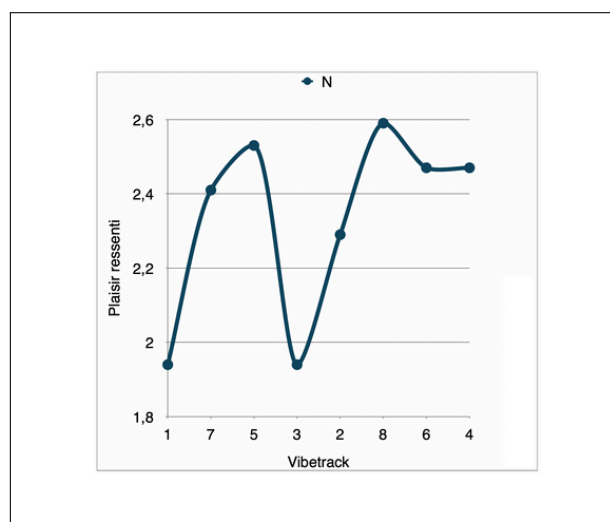


FIGURE 10.5 – Jugements du plaisir ressenti chez les participants (N) en fonction de l'ordre d'écoute chronologique des *vibetracks*.

Toutefois, au regard des résultats précédents, nous privilégions la piste d'un effet d'ordre. En effet, nous suggérons que les contrastes provoqués par la succession dans le temps (c'est-à-dire l'ordre) de *vibetracks* d'intensité faible et forte (n° 5 et n° 3 ; puis n° 6 et n° 4), à l'origine des augmentations brusques de la SC chez les participants (notamment sourds), ont pu contribuer à l'augmentation globale dans le temps de la SC et aux jugements renforcés du plaisir ressenti chez les participants au cours de la passation (FIG. 10.5).

Ainsi, en adoptant une approche gestaltique d'ensemble consistant à prendre en compte les *vibetracks* non pas de manière isolée les unes par rapport aux autres, mais comme des séquences qui, dans leur globalité, composent une musique vibrotactile, les résultats de cette présente étude portent à croire que l'association de *vibetracks* ou de trajectoires contrastées en intensité peuvent générer un effet proche du phénomène de tension-détente en musique. Ce phénomène, le cas échéant, susciterait ainsi un plaisir accru chez les participants sourds ou non sourds au fil de leur écoute.

10.4.3 Analyse des données qualitatives

À l'image de l'étude précédente (cf. 9), cette section est dédiée à l'analyse des données qualitatives, collectées auprès des participants à l'issue de la procédure et au cours des entretiens post-test.

Perception des variables indépendantes et effets sur les dimensions émotionnelles perçues

Dans un premier temps, un tri thématique des différents commentaires collectés auprès des participants a été effectué afin de regrouper les réponses à différentes questions en thématiques analytiques communes.

Les questions « Quels ont été vos impressions et vos ressentis sur l'étude ou sur votre expérience d'écoute ? » et « Avez-vous ressenti des différences dans la manière dont les vibrations étaient diffusées ? » ont permis de fournir des renseignements précieux quant à la perception des variables indépendantes et les effets de ces dernières sur les dimensions émotionnelles perçues :

- « Lorsque le déplacement est lent, c'est plus agréable et lorsque les vibrations sont douces, c'est plus agréable. Cela reste toutefois difficile de déterminer si l'émotion est positive ou négative, je me fais un peu au rythme » (H/E) ;
- « Plus c'est subtil, plus c'est agréable. Ça me touche particulièrement lorsque ça vibre près du cœur et du ventre » (F/E) ;
- « Je ressens beaucoup d'émotions avec la musique douce, le caisson vibrant doucement, les sourds n'ont pas besoin de vibrations fortes pour ressentir des émotions » (F/S) ;
- « Lorsque les vibrations sont peu fortes, c'est plus agréable. Lorsque les vibrations sont fortes, c'est désagréable » (H/E) ;
- « Lorsque l'intensité est faible, le plaisir est plus fort et l'émotion est positive » (H/E) ;
- « Lorsque les vibrations sont fortes, c'est plus désagréable » (F/E) ;
- « J'ai senti différentes intensités. Plus les vibrations sont intenses, mieux c'est selon moi » (F/E) ;
- « C'était plus facile selon moi de savoir si l'émotion était positive ou négative dans cette étude » (F/E) ;
- « J'ai surtout aimé quand il y avait des saccades, des petites percussions assez aigües. J'ai trouvé cela plus nuancé et j'ai associé ces caractéristiques à des émotions positives » (F/E) ;
- « On ressent les vibrations fortes qui font le rythme boum boum, comme si j'étais en festival, en teuf ou si j'écoutais du rap. Les vibrations moins fortes pour les

chansons d'amour, plus douces, c'est pas mal. J'aime toutes les vibrations, quand elles sont fortes et moins fortes » (F/S).

En accord avec les résultats de l'analyse quantitative, plusieurs participants ont souligné que l'intensité avait un effet sur le plaisir ressenti, ce dernier étant plus fort à mesure que l'intensité de la stimulation est faible. Seul un participant a fourni un commentaire contradictoire sur cet aspect. Or, ce participant a déclaré avoir une appétence particulièrement forte pour les vibrations ressenties en concert, démontrant que le plaisir ressenti dépend également et de manière subjective des appétences individuelles dans un contexte musical.

Ensuite, conformément à l'étude précédente, certains participants se sont appuyés sur le rythme pour tenter d'identifier la valence. La difficulté de l'identification de cette dimension a, par ailleurs, été particulièrement rapportée :

- « *Difficile d'identifier le caractère de l'émotion* » (F/E) ;
- « *Je suis resté dans l'ensemble neutre. C'est difficile d'identifier le caractère positif ou négatif de l'émotion avec seulement les vibrations* » (H/E) ;
- « *Les nuances de vibrations sont assez imperceptibles. C'est très subjectif d'évaluer une émotion avec seulement des vibrations. J'ai essayé d'imaginer. J'ai répondu de manière neutre souvent, pour le caractère positif ou négatif et faible ou fort* » (H/E) ;
- « *Je n'ai pas ressenti d'émotion particulière avec le gilet et le caisson, car pour moi c'est difficile sans autres médiums* » (H/E).

Enfin, l'un des participants a suggéré que l'apprentissage pouvait avoir un effet positif sur le plaisir ressenti : « *Je pense que l'apprentissage doit jouer, car j'ai trouvé que j'appréciais plus les vibrations avec le caisson à la fin qu'au début. C'était de moins en moins désagréable au fil du temps* » (F/E). Ce commentaire renforce particulièrement les résultats mis précédemment en lumière à travers l'analyse quantitative.

Cependant, certains participants ont également déclaré que les vibrations ne suscitaient chez eux aucune émotion, appuyant ainsi les limites précédemment rapportées à propos des capacités de ce matériau à émouvoir²⁵. Or, si les émotions musicales exprimées n'ont pas été perçues de manière immanente dans cette présente étude, nous soutenons que, au regard des résultats, l'apprentissage pourrait – relativement au principe de composition exploité – jouer un rôle dans la perception des caractéristiques émotionnelles de la musique vibrotactile et sur l'impact des émotions que celle-ci suscite.

Perception des trajectoires

La deuxième thématique de réponses concerne la perception des trajectoires sur le corps. Globalement, les propos collectés démontrent que de nombreux participants

25. HÉNAULT-TESSIER, CHRISTOPHE et NEGREL, *op. cit.*

ont perçu les mouvements, bien que cette perception soit plus ou moins précise suivant le participant. En outre, plusieurs participants ont associé les mouvements provoqués par la diffusion des trajectoires au plaisir ou encore à la valence :

- « *On sent les vibrations changer de positions du haut vers le bas, ou même dans tout le corps* » (H/E) ;
- « *Les mouvements provoquent du plaisir* » (H/E) ;
- « *On sent les vibrations qui roulent, c'est très agréable. Il y a des mouvements qui se déploient, comme une marée. Il y a un effet massage. Dès qu'il y a du mouvement, c'est mieux.* » (F/E) ;
- « *J'apprécie quand ça passe dans tout le corps* » (F/E) ;
- « *J'ai ressenti différents mouvements, ça allait parfois verticalement, de haut en bas ou horizontalement, de droite à gauche et inversement. J'ai trouvé que lorsque le mouvement était vertical, l'émotion était plutôt négative, et lorsque le mouvement était horizontal, c'était positif, ça gambade et c'est joyeux* » (H/E) ;
- « *On sent que ça voyage et que ça se déplace. Ça me fait penser à un massage et ça a parfois un effet érogène* » (H/E) ;
- « *On sent qu'il y a des intensités variées et des mouvements particuliers* » (H/E).

Ces propos suggèrent que la stimulation dynamique provoque davantage de plaisir que la stimulation statique, bien que cette présente étude n'ait pas été conçue pour vérifier cette hypothèse. En outre, quelques participants ont comparé l'effet que leur procurait la stimulation dynamique à un « massage », ou encore, chez un participant, à un effet « érogène ». De manière surprenante, une participante a déclaré que les mouvements provoqués par les vibrations étaient comparables à la sensation d'être enceinte : « *Ça donne une sensation de grossesse, d'être enceinte. Ça m'a rappelé la grossesse!* » (F/E).

En revanche, aucun commentaire n'évoque l'influence de la vitesse sur une dimension émotionnelle, conformément aux résultats obtenus dans l'analyse quantitative. Ainsi, il conviendrait, dans une future étude, de vérifier au préalable – à l'image du protocole mis en place par Giordano et son équipe sur les *tactons*²⁶ – le taux de reconnaissance des trajectoires diffusées par le caisson vibrant chez les participants et de comparer les effets des deux types de stimulation sur le plaisir ressenti.

Comparaison avec le gilet vibrant

Bien que les deux technologies soient très différentes, les participants ont eu naturellement tendance à comparer, du fait de la succession des deux études lors des séances de test, ce qu'ils avaient ressenti durant la première étude avec le gilet vibrant aux sensations vécues dans cette présente étude :

- « *Le gilet est moins vibrant que le caisson de l'étude n° 2* » (F/E) ;

26. GIORDANO, SULLIVAN et WANDERLEY, *op. cit.*

- « *Le caisson c'est mieux que le gilet* » (F/S) ;
- « *Les vibrations du caisson sont plus agréables que le gilet* » (H/E) ;
- « *On ressent plus physiquement avec le caisson qu'avec le gilet* » (F/E) ;
- « *Le caisson est vraiment mieux par rapport au gilet. C'est très chouette. Les vibrations sont plus complexes tandis qu'avec le gilet elles sont plus simplistes* » (F/E) ;
- « *On ressent mieux les vibrations avec le caisson qu'avec le gilet. Le gilet est là, contre le corps, mais on ne le ressent pas forcément* » (F/E) ;
- « *Les vibrations avec le caisson sont plus agréables qu'avec le gilet* » (F/E) ;
- « *J'ai préféré le caisson* » (F/S) ;
- « *J'ai préféré le caisson au gilet, les vibrations étaient moins dérangeantes* » (F/E) ;
- « *Les vibrations avec le caisson sont plus intéressantes, [...]. J'ai ressenti plus d'intérêt et d'engagement pour les vibrations avec le caisson, les vibrations sont plus fines* » (H/E).

Les participants semblent ainsi avoir trouvé l'expérience d'écoute plus intéressante et agréable avec le caisson qu'avec le gilet vibrant, notamment chez les participants sourds. Seul un participant a trouvé le caisson plus désagréable que le gilet : « *J'ai eu du mal avec le caisson. On sent que les vibrations sont plus précises, mais quand elles atteignent le haut du corps, ça donne envie de vomir* » (H/E).

Ergonomie du caisson vibrant

Dans le sillage des propos comparant le dispositif de la présente étude au gilet vibrant de l'étude précédente, les participants ont fourni de nombreux commentaires sur l'ergonomie du caisson vibrant :

- « *C'est plus contraignant de tenir l'objet en main, j'ai préféré le gilet sur ce point* » (H/E) ;
- « *Lorsque les vibrations sont fortes, c'est troublant, surtout parce que l'on entend la mécanique à l'intérieur du caisson, ça me sort un peu de l'immersion de l'écoute* » (F/E) ;
- « *La sensation avec le caisson sur la peau facilite le ressenti* » (F/E) ;
- « *Le geste d'enlacer le caisson est super agréable. On peut moduler l'intensité en serrant plus ou moins fort, ça peut avoir un intérêt thérapeutique* » (F/E) ;
- « *Il y a une relation plus tactile et affective avec le caisson. J'ai apprécié le fait de faire un câlin au caisson, c'est plus naturel et agréable. Il y a une dimension plus cocon* » (F/E) ;
- « *Le geste d'enlacer le caisson est particulièrement surprenant, même si l'ergonomie pourrait être améliorée je pense, car on a envie de le prendre avec les deux bras sans que le caisson appuie sur l'un plus que sur l'autre. J'ai eu tendance à forcer plus avec un bras que l'autre* » (H/E) ;

- « *Il faudrait le rendre portable* » (H/S) ;
- « *La taille est trop grosse et c'est compliqué de le tenir, parce que on ne peut plus signer. Avec une sangle comme le gilet ça serait mieux pour laisser les mains libres. Pour écouter à la maison c'est bien, mais pas si on doit sortir avec. Placer le caisson devant c'est mieux, on est plus sensible que le dos* » (F/S) ;
- « *Je pense que dans le dos ça serait plus intéressant* » (F/E) ;
- « *Le caisson est un peu encombrant. La position dans les bras est peu naturelle pour un moment long d'écoute* » (H/E) ;
- « *Le caisson pourrait être plus modulable en taille et en fonction de la morphologie* » (H/E).

Le geste consistant à tenir le caisson dans les bras a particulièrement été apprécié chez de nombreux participants pour la sensation affective qu'il procure, sans toutefois que cette ergonomie fasse l'unanimité. L'un des participants a, par ailleurs, souligné qu'il était possible de moduler l'intensité de la stimulation en fonction de la pression exercée sur le dispositif contre le corps.

Les participants sourds ont manifesté beaucoup d'intérêt et de satisfaction pour le dispositif, bien que des points d'amélioration aient été évoqués, concernant notamment la possibilité de rendre le dispositif portatif afin de libérer les mains pour permettre la communication en LS. Concernant la zone de stimulation, les propos sont ambivalents entre la stimulation dorsale ou ventrale et soulignent que cet aspect dépend des préférences individuelles.

10.5 Discussion

L'objectif de cette présente étude était d'évaluer les capacités de séquences de musique vibrotactile, composées selon le principe de la *composition trajectorielle*, à exprimer des émotions musicales chez des participants sourds et non sourds (entendants et malentendants). Selon nos hypothèses opérationnelles : l'intensité de la stimulation module l'activation perçue (1), ainsi que le plaisir ressenti (2) ; la vitesse des trajectoires module le plaisir (3) et la valence perçue (4). Pour vérifier ces hypothèses, les jugements des participants sur trois dimensions émotionnelles, l'activation, la valence, ainsi le plaisir ressenti, ont été collectés après que les participants aient écouté plusieurs *vibetracks* composées pour cette étude et reproduites à travers notre dispositif vibrotactile *ad hoc*. Afin de renforcer l'interprétation de ces jugements, nous avons également mesuré la conductance cutanée (SC) des participants au cours de leur séance de passation, et organisé des entretiens post-tests pour recueillir des commentaires qualitatifs. Notre procédure a permis d'examiner l'impact de plusieurs variables sur les émotions musicales perçues et le plaisir ressenti à l'écoute de la musique vibrotactile chez les participants.

10.5.1 Effets de l'intensité, de la vitesse et du temps sur les émotions musicales perçues

Tout d'abord, les résultats de cette étude ont mis en évidence un effet de l'intensité sur l'activation. Conformément à notre première hypothèse opérationnelle, les participants ont perçu une activation faible à l'écoute des *vibetracks* à intensité faible, tandis qu'ils ont perçu une activation forte à l'écoute des *vibetracks* à intensité forte, confirmant que l'intensité a bien permis de moduler l'activation perçue. En revanche, ces jugements étaient surtout imputables au groupe entendant, l'activation ayant été moins bien perçue dans le groupe sourd, qui a perçu une activation forte, quelle que soit l'intensité de la stimulation. De plus, contrairement aux résultats rapportés dans les travaux d'Huisman et son équipe²⁷, la vitesse n'a pas eu d'effet sur l'activation perçue.

Concernant la valence exprimée, aucune des variables manipulées n'a permis de moduler significativement cette dimension, entraînant ainsi le rejet de notre hypothèse opérationnelle n° 4. Les commentaires des participants rapportés dans l'analyse qualitative soutiennent que l'identification de la valence a présenté une difficulté. Toutefois, certains participants ont déclaré s'être reposés sur l'intensité, les rythmes ou la morphologie des trajectoires pour évaluer cette dimension. De manière contradictoire avec ces propos, cette présente étude n'a révélé aucun effet de l'intensité sur la valence.

Cependant, à l'image de l'étude précédente (cf. 9) ou des travaux sur le *Model Human Cochlea* (MHC)²⁸, il est possible que les rythmes utilisés aient pu influencer les jugements. Par ailleurs, l'effet de la morphologie des trajectoires (caractéristiques spatiales) sur cette dimension n'a pas été étudiée ici. Les commentaires des participants rapportés par Maria Karam et ses collègues dans leurs travaux avec le MHC suggèrent que la localisation de la stimulation sur le corps influencerait le jugement de la valence²⁹. Nous soutenons ainsi que ces variables doivent être testées indépendamment dans de futurs travaux afin de mieux comprendre leurs potentiels effets sur la valence.

Conformément à certains résultats rapportés dans la littérature dans d'autres contextes que musical³⁰, l'intensité de la stimulation a eu un effet sur le jugement du plaisir ressenti chez les participants, confirmant ainsi notre hypothèse opérationnelle n° 2. Comme le démontre l'analyse quantitative sur les jugements, ainsi que les nom-

27. HUISMAN *et al.*, *op. cit.*

28. KARAM *et al.*, *op. cit.*

29. *Ibid.*

30. SALMINEN, Katri *et al.*, « Emotional responses to haptic stimuli in laboratory versus travelling by bus contexts », in : *Proceedings of the 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops (ACII 2009)*, Amsterdam : IEEE, 2009, p. 1-7.

breux commentaires fournis par les participants durant les entretiens, les *vibetracks* à intensité forte étaient considérées comme moins plaisantes que les *vibetracks* à intensité faible, bien que ce résultat semble, quel que soit le groupe testé, également dépendre des appétences individuelles en contexte musical. En revanche, la polarisation observée par Israr et Abnoui dans leur étude avec le Tactile Brush algorithm³¹ n'a pas été aussi franche dans cette présente étude.

De manière surprenante, le plaisir ressenti à l'écoute de certaines *vibetracks* à intensité forte a été supérieur aux attentes. L'analyse de la SC mesurée chez les participants a permis de fournir une explication relative à ce renforcement du plaisir. C'est ainsi que les résultats ont mis en lumière un effet du temps sur l'activité électrodermale (EDA) des participants. En l'occurrence, la SC des participants augmentait à mesure que ces derniers progressaient dans la passation, quel que soit le groupe testé. Nous suggérons que ce phénomène est dû à une interaction entre deux variables indépendantes : le temps et l'intensité. Toutefois, nous avons exclu la possibilité d'un effet d'un apprentissage non associatif par habituation ou par sensibilisation – les *vibetracks* formant des stimuli variés – ou préféré écarter l'effet d'une sommation temporelle³².

En effet, notre étude a permis de mettre en lumière que la succession dans le temps (effet d'ordre) d'une *vibetrack* à intensité faible et d'une *vibetrack* à intensité forte générerait un contraste (effet de saillance) à l'origine d'une augmentation brusque de la SC rencontrée chez les participants. Sans être davantage investi à ce jour dans la littérature, il est intéressant de constater que, en contexte musical dans la modalité vibrotactile, ce phénomène avait déjà pu être commenté par des participants à travers l'utilisation du MHC. Comme le rapportent Maria Karam et ses collègues : « un participant a déclaré que certaines vibetracks provoquaient un sentiment de surprise lorsque les vibrations passaient soudainement de faibles, lentes et régulières à rapides, fortes et variées. Un autre participant a déclaré que pendant les vibrations faibles, il était en suspens, anticipant l'apparition de vibrations “plus fortes et intéressantes” »³³.

Selon nous, il est possible que les contrastes provoqués par l'ordre chronologique spécifique de diffusion des *vibetracks* au cours de la passation aient pu, selon un principe d'alternance de tension et de détente, aboutir à une réponse émotionnelle suscitant un plaisir renforcé chez les participants au fil de leur écoute. Une telle hypothèse impliquerait que la diffusion ordonnée des différentes *vibetracks* au cours de la passation ait été perçue, de manière plus ou moins induite, comme une structure musicale chez les participants. Cette théorie s'ancre fortement dans le sillage de la loi de continuité de la théorie de la Gestalt et qui, en musique *auditive*, permet d'assembler les fondements théoriques des émotions musicales définis par Meyer (cf. 6.1.2).

31. ISRAR et ABNOUI, *op. cit.*

32. GESCHIEDER *et al.*, *op. cit.*

33. KARAM *et al.*, *op. cit.*

Sur la base de nos résultats, l'hypothèse que nous soutenons suggère ainsi que le principe de tension-détente pourrait s'appliquer également en musique vibrotactile. De futurs travaux peuvent être entrepris pour tester cette hypothèse et déterminer de nouvelles variables capables de provoquer ce résultat. En outre, nous suggérons qu'il serait intéressant d'étudier les effets de l'apprentissage en musique vibrotactile, afin de déterminer s'il est possible de générer des « attentes perceptives »³⁴ pouvant susciter, par leur respect ou leur transgression³⁵, des émotions musicales chez les participants.

Enfin, l'un des objectifs de cette présente étude était d'évaluer les capacités de la *composition trajectorielle* à exprimer des émotions musicales. Si nous avons pu mettre en lumière un effet de l'intensité sur l'activation ou le plaisir, ou encore un effet entre l'interaction du temps et de l'intensité sur le plaisir ressenti, la vitesse n'a pas eu d'effet sur l'activation, sur la valence, ou encore sur le plaisir, comme observé dans les travaux d'Israr et Abnoui pour cette dernière dimension³⁶. Ce résultat entraîne donc le rejet de notre hypothèse opérationnelle n° 3. De ce fait, notre étude n'a donc pas permis de mettre en évidence l'effet d'un *paramètre trajectoriel* spécifique sur les dimensions émotionnelles perçues chez les participants et de vérifier si la *composition trajectorielle* permet bien d'exprimer ou de susciter des émotions musicales.

Néanmoins, comme nous avons pu le souligner précédemment, les commentaires fournis par les participants suggèrent que les mouvements provoqués par les trajectoires (stimulation dynamique) ont bien modulé le plaisir ressenti. Par ailleurs, les participants ayant accédé à cette présente étude à la suite de l'étude précédente utilisant un gilet vibrant comme dispositif pour délivrer la stimulation (cf. 9), les commentaires permettent également de supposer que la stimulation dynamique serait plus agréable et intéressante que la stimulation statique délivrée par le gilet. Nous encourageons ainsi la réalisation d'une étude comparative entre les effets de la stimulation dynamique et de la stimulation statique – diffusées par un dispositif de reproduction de la musique vibrotactile (VMP) – sur le plaisir ressenti chez les participants. L'observation de l'influence de la morphologie des trajectoires sur cette dimension pourrait également être investie.

Ainsi, les résultats de recherche présentés dans cette étude demeurent néanmoins encourageants pour constituer un principe de composition de la musique vibrotactile qui favorise un partage égal de l'expérience musicale entre personnes sourdes, malentendantes et entendantes.

34. MOUSSARD, ROCHETTE et BIGAND, *op. cit.*

35. ZENTNER et EEROLA, *op. cit.*

36. ISRAR et ABNOUI, *op. cit.*

10.5.2 Recommandations sur la conception et l'ergonomie du VMP

Si le développement de la *composition trajectorielle* représente le principal objectif de ce travail de thèse de doctorat, une autre contribution majeure a été de concevoir un nouveau VMP *ad hoc* respectant les principes de l'accessibilité universelle. Notre protocole a ainsi pu permettre aux participants d'apporter de nombreux retours sur l'expérience d'écoute vécue à travers l'utilisation du dispositif et de prodiguer des conseils pour des améliorations potentielles.

Les résultats démontrent que les participants ont globalement été enthousiastes et ont particulièrement apprécié leur expérience d'écoute. Du fait de la succession des passations entre l'étude n° 1 (cf. 9) et cette présente étude, les participants ont naturellement eu tendance à comparer les dispositifs utilisés. Face à l'environnement et au contexte dans lesquels leur écoute s'est concrétisée – écoute en position assise et dispositif en configuration ventrale, les participants ont marqué une nette préférence pour notre enceinte vibrotactile (appelée « caisson vibrant » dans la procédure de test) par rapport au gilet vibrant. En effet, les vibrations délivrées ont ici été globalement ressenties comme étant « plus agréables » ou encore qualifiées de « plus complexes » et « plus intéressantes » que celles reproduites par le gilet vibrant. Cependant, l'utilisation du dispositif en configuration ventrale était parfois discutée au regard des préférences individuelles rencontrées chez quelques participants pour une stimulation dorsale. Cette recommandation suggère ainsi que, à l'image du gilet vibrant, la conception du VMP doit permettre d'alterner son utilisation selon les deux configurations.

Sur un autre aspect, l'ergonomie de notre VMP a suscité des commentaires plus ambivalents. D'un côté, de nombreux participants ont déclaré avoir pris du plaisir à serrer avec les bras l'enceinte contre leur corps, un geste qui évoquait chez eux une sensation agréable et affective. En outre, l'un des participants a, par exemple, souligné que ce geste pouvait revêtir un aspect pratique pour moduler avec les bras l'intensité de la stimulation en fonction de la pression exercée contre le corps. Notons également que l'ergonomie n'a présenté aucune contrainte liée au genre des participants. De l'autre, plusieurs participants ont trouvé contraignant de ne pas avoir les mains libres et de devoir tenir l'enceinte dans les bras. La gêne associée à cette contrainte était notamment due à la fatigue musculaire ou au manque d'affordance sur la manière la plus optimale de tenir l'enceinte.

Toutefois, les commentaires fournis par les participants sourds (oralistes et signants) soulignent que ce geste entravait la communication en LS, suggérant que le dispositif doit, de manière préférentielle, offrir la possibilité d'être maintenu contre le corps à l'aide d'un système de serrage dédié (par exemple : une sangle). Cette conception pourrait également permettre à l'utilisateur musicien de jouer en parallèle d'un instrument de musique ou d'utiliser tout autre dispositif musical matériel (DMI, contrôleur, ordinateur, etc.). Enfin, les critiques concernant cet aspect étaient parfois

associées à l'encombrement général de l'enceinte, jugée trop important par quelques participants, ainsi que la connectique filaire qui contraint l'usage à un espace défini.

L'ensemble de ces retours nous apparaît particulièrement important afin de concevoir un VMP utilisable de manière égale par tous. Ainsi, une prochaine version améliorée de notre enceinte pourrait apporter des modifications bénéfiques en ajoutant un système adaptable de maintien contre le corps, tel qu'une sangle ; en réduisant les dimensions globales du boîtier ; ainsi qu'en permettant l'usage du dispositif en configuration ventrale et dorsale selon la préférence de l'utilisateur. L'affordance de la conception du boîtier pourrait également être renforcée afin d'indiquer plus clairement à l'utilisateur quelle surface de l'enceinte doit être en contact avec le corps.

Enfin, d'un point de vue industriel, l'architecture technique, basée sur une chaîne électroacoustique classique encombrante et qui contraint l'utilisation du dispositif à un usage individuel, pourrait également être améliorée et viabilisée. Une conception technique plus optimisée et permettant une utilisation collective et partagée pourrait être envisagée, par exemple en se basant sur une électronique exploitant le réseau informatique numérique (dite en « Audio sur réseau » ou « AoIP ») ou encore en développant un système sans-fil, tel que le propose, par exemple, la norme WiSA.

10.6 Limites

La présente étude comporte néanmoins plusieurs limites méthodologiques. Pour commencer, à l'instar de la précédente étude (cf. 9), il convient d'interpréter l'ensemble des résultats avec retenue du fait de l'échelle relativement faible de participants, notamment sourds. Des échantillons plus importants doivent être recrutés à l'avenir et prenant également en compte l'hétérogénéité sociale, culturelle et clinique des populations sourdes.

Ensuite, comme nous l'avons souligné précédemment, la reconnaissance des trajectoires diffusées à travers notre VMP n'a pas été contrôlée au préalable. De ce fait, bien que les participants aient rapporté avoir ressenti le caractère dynamique de la stimulation ou, chez certains, la morphologie des trajectoires, nous ignorons si chaque trajectoire a été individuellement reconnue et quels sont les effets potentiels sur les jugements émotionnels et la réponse électrodermale. Une nouvelle évaluation du VMP est donc nécessaire pour pouvoir vérifier cet aspect, en utilisant, par exemple, le protocole d'évaluation utilisé par Giordano et ses collègues dans leurs travaux sur les *tactons*³⁷.

Concernant les stimuli utilisés, la composition des *vibetracks* s'est appuyée sur des variables non contrôlées qui ont complexifié l'interprétation des résultats, telles que

37. GIORDANO, SULLIVAN et WANDERLEY, *op. cit.*

le rythme ou l'enchaînement des trajectoires utilisées. Notre protocole aurait ainsi pu bénéficier de l'homogénéisation de ces variables en constantes afin de réduire les risques d'effets parasites inattendus et de faciliter l'analyse des résultats. D'autres données psychophysologiques auraient également pu être prises en compte dans la conception du protocole afin de renforcer la validité de notre étude, telles que, par exemple, la fréquence cardiaque (HR) et sa variabilité (HRV).

En outre, bien que celui-ci ait généré un résultat particulièrement intéressant, l'effet d'ordre n'a pas été contrôlé dans cette étude du fait des difficultés liées au logiciel de passation et au logiciel de lecture des *vibetracks* pour aboutir à une présentation de ces dernières dans un ordre aléatoire. Il pourrait ainsi être intéressant de reconduire ces travaux en modifiant l'ordre de présentation des *vibetracks* afin de valider ou d'invalidier l'effet d'ordre sur les résultats obtenus.

Parmi les résultats que nous n'avons pas pu traiter, concernant notre ACP, bien qu'expliquant chacune une part non négligeable de la variance totale, nous n'avons pas été en mesure d'interpréter la nature des facteurs principaux n° 2 et n° 3 – et donc de les étiqueter – au regard du faible nombre de variables affecté par celles-ci. Les tentatives d'appliquer d'autres rotations à la table des corrélations ont également échoué.

Enfin, dans le sillage de l'étude précédente, l'accessibilité visuelle de l'interface du logiciel de passation aurait pu être améliorée pour faciliter la lecture des textes écrits à l'écran, notamment en renforçant le contraste par l'assombrissement de l'arrière-plan (de couleur grise lors de l'étude).

10.7 Conclusion de l'étude

Cette présente étude visait à évaluer les capacités des séquences de musique vibrotactile, composées selon le principe de *composition trajectorielle*, à faire ressentir des émotions musicales chez des participants sourds et non sourds (entendants ou malentendants). Les résultats ont mis en évidence un effet de l'intensité sur l'activation – cette dimension ayant été particulièrement bien reconnue chez les participants entendants – ainsi que sur le plaisir, mais pas sur la valence. En outre, et contre toute attente, l'effet d'ordre relatif à la succession chronologique des stimuli dans le temps a engendré, chez les participants, une augmentation de la SC par l'intermédiaire de l'alternance de *vibetracks* à activation faible et à activation forte. Les résultats suggèrent également que ces contrastes sont à l'origine du renforcement du plaisir suscité chez les participants au cours du temps, laissant ainsi penser qu'un principe de tension-détente peut aussi être appliqué à la musique vibrotactile.

En revanche, la vitesse n'a pas permis de moduler les dimensions émotionnelles ou d'influencer le plaisir ressenti et aucune variable n'a permis de moduler significativement la valence perçue. Au regard de ces résultats et des limites de cette étude, d'autres investigations doivent être entreprises, fondées par exemple sur l'étude d'autres *paramètres trajectoriels* ou sur les effets de l'apprentissage, afin d'évaluer plus en profondeur les capacités de la *composition trajectorielle* à faire ressentir des émotions musicales.

Cette étude présente néanmoins des preuves supplémentaires que les vibrations peuvent être considérées comme un matériau compositionnel intéressant pour exprimer des émotions musicales à travers la musique vibrotactile. Si notre contribution est avant tout musicologique, les résultats présentés dans ce travail peuvent investir de nombreux autres domaines, tels que l'IHM ou les sciences cognitives et affectives, et encourager un potentiel impact positif sur le plan social. La *composition trajectorielle* révèle ainsi un potentiel intéressant pour permettre à tous de vivre une expérience musicale plus également partagée.

Pour terminer, bien que cet objectif soit encore loin d'être atteint, nous soutenons que l'exploration de la modalité tactile pour le développement de nouveaux outils et nouvelles pratiques musicales partagés pourrait ouvrir une voie vers un renouvellement de « l'expérience spectateur »³⁸. Les interactions entre la musique vibrotactile et d'autres modalités invitent à être davantage étudiées, par exemple en couplant la diffusion de musiques vibrotactiles à de la musique auditive, à des dispositifs de visualisation sonore ou encore à du chansigne. Enfin, la gestion de la diffusion de la musique vibrotactile au sein des salles de concert pourrait également faire l'objet d'expérimentations et de recherches communes entre chercheurs, professionnels, industriels et populations, à l'image des approches de « Recherche-Action Collaborative (RAC) », de la « co-innovation » ou encore de l'« anthropotechnologie »³⁹.

Remerciements

Ce travail de recherche a été mené avec l'aide de la Fédération de Recherche FR 2052 SCV (CNRS) – Sciences et Cultures du Visuel. Nous remercions également La Plaine Images pour la mise à disposition de ses locaux.

38. THIELLAY, *op. cit.*

39. NANCHEN *et al.*, *op. cit.*

Conclusion générale et perspectives

Sommaire du présent chapitre

Synthèse des travaux	396
Perspectives de recherche futures	400

Les sourds nous apprennent beaucoup de choses sur nous-mêmes. [...]. Les sourds nous prouvent que nous restons des audiocentristes. C'est le propre de l'ethnocentrisme, partout et toujours, que de définir l'autre par ce qu'il a en moins par rapport à soi. Parce que l'audition est pour nous la source de la majeure partie des informations que nous recevons, à commencer par les informations langagières, nous ne parvenons pas à concevoir qu'elles puissent être transmises par un autre canal⁴⁰.

Sans prêter à son auteur cette intention, force est de constater que, encore de nos jours, la portée de ces propos s'étend fort bien à *la* musique. À travers leur riche expérience musicale, les sourds nous démontrent que les obstacles liés aux modalités du sensible dans nos conceptions courantes et dominantes de ce que nous appelons « musique » ou encore « son » relèvent davantage du « point de vue »⁴¹ que de l'altération biologique. D'une part, c'est en faisant leur rencontre que nos propres limites et notre incapacité à les dépasser peuvent être mises en lumière. D'autre part, à travers la démocratisation des outils numériques⁴² et leur appropriation dans les pratiques artistiques sourdes, le spectre sémantique de la musique se nuance davantage et laisse entrevoir des bifurcations possibles.

40. DELAPORTE, *op. cit.*, p. 361.

41. GOFFMAN, *op. cit.*, p. 7.

42. RIOUAL, *op. cit.*

Au-delà des paradigmes descriptifs visant à faire du sourd un « déficient auditif » ou un « être visuel », porter un regard sur l'expérience musicale sourde nous a permis de mettre non pas en valeur nos différences physiologiques ou culturelles, mais bien ce que nous avons en commun : le corps. Comme le précisent Patiño-Lakatos, Navarret et Genevois : « l'expérience des vibrations est une modalité sensorielle primordiale qui peut réunir des personnes dans différentes conditions perceptives pour partager des sensations induites par l'événement musical »⁴³.

C'est ainsi que, à travers ce présent travail de thèse de doctorat, nous nous sommes attaché, à partir de l'étude de l'expérience musicale sourde et de l'usage des technologies audio-tactiles, à proposer, à concevoir et à étudier l'impact de la musique vibrotactile, composée selon un nouveau principe de composition appelé *composition trajectorielle*, dans le but que cette dernière puisse constituer une expérience plus également partagée entre personnes sourdes et personnes non sourdes (malentendants ; entendants).

Synthèse des travaux

En conjuguant recherche fondamentale et recherche appliquée, nos travaux apportent ainsi de multiples contributions. Du fait de sa grande hétérogénéité et sa polysémie, la complexité de notre objet d'étude initial – à savoir l'expérience musicale sourde – nous a orienté vers l'adoption d'une approche fondamentalement interdisciplinaire pour pouvoir mieux cerner l'ensemble de ses spécificités, mais également comprendre de la manière la plus holistique possible les enjeux actuels en vue de discuter de la pertinence de faire de la musique vibrotactile un horizon commun.

C'est pourquoi notre **première partie** s'est consacrée, dans les **deux premiers chapitres**, à la présentation des différents paradigmes épistémologiques de description des sourds *via* le croisement des connaissances fondamentales issues de différentes disciplines qui les composent. Après quoi, les multiples réalités sous-jacentes au rapport entre les sourds et la musique et les enjeux d'accessibilité associés ont été explorés dans le **chapitre 3**. Cette lecture de l'expérience musicale sourde et des pratiques musicales sourdes nous a permis de comprendre comment et sous quelle forme s'actualisent les représentations issues de ces différents paradigmes de description – biomédical et culturel – dans le vécu musical des sourds et d'identifier les principaux réductionnismes existants en musique. Au-delà de l'audiocentrisme ou de l'oculocentrisme donc, conceptions excluantes visant à réduire l'expérience de la musique à une perception par un sens privilégié (respectivement l'ouïe et la vue), c'est à partir du principe de « corpauralité » comme fondement de l'expérience musicale sourde qu'a

43. PATIÑO-LAKATOS, Gabriela, NAVARRET, Benoît et GENEVOIS, Hugues, « Paradigmes et expériences pour une sémiotisation des sensations vibrotactiles », in : *Alter* 13.3, 2019, p. 155-167.

émergé notre problématique initiale visant à développer une conception musicale commune et partagée.

Pour y parvenir, nous avons tout d'abord rappelé, au sein du **chapitre 4** qui ouvre la **seconde partie** de cette thèse de doctorat, les principaux mécanismes neurophysiologiques et perceptifs de la modalité vibrotactile en vue de mieux comprendre les potentialités offertes par cette modalité dans un contexte musical. En outre, toujours dans l'objectif de faire du corps le socle commun d'une nouvelle conception de la musique au bénéfice de tous, ce chapitre nous a également permis de vérifier l'absence de différences majeures entre les capacités perceptives des personnes sourdes et des personnes entendant. C'est à ce stade que le besoin de développer un nouveau principe de codage pour la musique vibrotactile s'est trouvé renforcé, car, comme le souligne Sylvain Brétéché face aux capacités sensibles que notre corps *nous* offre : « nous ne distinguons plus sourds et entendants, qui chacun dans leur corporéité, *vivent* le musical. Certes, pour les premiers, le corps est source primaire de la réception de la musique, mais il n'est pas un *autre* corps que celui de l'entendant »⁴⁴.

Le **chapitre 5** se présente comme un état de l'art sur les paramètres constitutifs des signaux vibrotactiles et les différentes applications qui en résultent dans des contextes variés, notamment en musique. Nous nous sommes alors appuyé sur la typologie tripartite définie par Giordano, Sullivan et Wanderley⁴⁵ pour identifier, au regard de la littérature scientifique, mais également des usages actuels des technologies audio-tactiles dans les salles de concert à destination des personnes sourdes, les types de signaux vibrotactiles utilisés.

Après quoi, animé par une dynamique de partage et la recherche de commun entre populations sourdes et non sourdes, nous souhaitons explorer la musique vibrotactile à travers une dimension qui peut être partagée : celle des émotions musicales. Le **chapitre 6** propose, de ce fait, une revue de la littérature permettant d'éclaircir nos connaissances sur plusieurs aspects : de la terminologie aux méthodes usuelles de mesure des émotions musicales, pour terminer sur l'étude de la transmission d'émotions musicales à travers les signaux vibrotactiles.

Ces fondements théoriques, ainsi que nos échanges multiples avec les professionnels du spectacle vivant et avec les usagers de ces technologies au cours de notre parcours doctoral, nous ont permis, dans le **chapitre 7**, de dresser, au regard des enjeux d'accessibilité à la musique, un ensemble de critiques à l'égard de ces usages, en prenant les gilets vibrants comme exemple d'équipement le plus couramment utilisé. L'ensemble de ce préalable théorique justifiant à ce stade pleinement le développement d'un nouveau principe de codage pour la composition de la musique vibrotactile (VMC), nous avons, dans ce sillage, exposé en quoi consiste la *composition*

44. BRÉTÉCHÉ, « L'Incarnation musicale : l'expérience musicale sourde », p. 610.

45. GIORDANO, SULLIVAN et WANDERLEY, *op. cit.*

trajectorielle en donnant sa définition et également en dotant ce principe de plusieurs paramètres spécifiques.

La constitution de ces paramètres, nommés *paramètres trajectoriels*, s'appuient, d'une part, sur les paramètres de contrôle spatiotemporels des signaux vibrotactiles manipulés dans la littérature – en particulier dans le domaine d'application visant à « médier » le toucher social – et, d'autre part, sur l'actualisation des propriétés spatiales du son en musique électroacoustique. La contribution apportée à travers la *composition trajectorielle* représente ainsi un principe de codage théorique inédit pour la composition de la musique vibrotactile, elle-même largement sous-explorée dans la littérature scientifique et particulièrement en musicologie.

Toutefois, la réponse à notre problématique principale ne pouvait limiter le développement de la *composition trajectorielle* à la seule contribution théorique, c'est pourquoi nous avons entrepris, dans la **troisième partie** de cette thèse de doctorat, d'apporter également une contribution expérimentale à ce travail de recherche. C'est ainsi que, en ouvrant ce volet expérimental, nous nous sommes consacré à une approche systématique propre à la psychologie cognitive et affective. Nous avons défini cette approche expérimentale à travers plusieurs hypothèses théoriques formulées en vue de répondre à notre question de recherche expérimentale.

Cependant, ce passage d'une contribution théorique à une contribution expérimentale a représenté une première source d'interrogations importante quant aux solutions pragmatiques et concrètes pour reproduire la musique vibrotactile composée selon notre principe. Pour cela, nous avons, dans le **chapitre 8**, dressé un état de la technique concernant les dispositifs expérimentaux utilisés dans la littérature scientifique. En croisant ces connaissances techniques avec les connaissances précédemment établies sur l'expérience musicale sourde, mais également au regard du contexte et des contraintes envisagées dans notre approche expérimentale, nous avons alors décidé de concevoir notre propre dispositif vibrotactile en respectant un ensemble de principes et de contraintes défini dans notre cahier des charges.

Trois prototypes ont ainsi été conçus entre 2020 et 2023. Si une première version a d'abord abouti à un prototype fonctionnel dans le but de tester la faisabilité, la fabrication de la deuxième version est restée inachevée pour laisser la place à une troisième version (enceinte vibrotactile corporelle) qui constitue l'actuel dispositif d'étude de ce travail de recherche. La conception de cette technologie matérielle de reproduction de la musique vibrotactile formalise ainsi la deuxième contribution majeure de cette thèse de doctorat. En outre, il semble important de souligner à ce stade que la *composition trajectorielle* et notre technologie vibrotactile ont fait

l'objet d'un processus de valorisation de la recherche concrétisée notamment par la rédaction et le dépôt d'une Déclaration d'Invention⁴⁶.

Pour finir, deux études expérimentales comparatives entre individus sourds et non sourds ont ainsi été menées. Notre première étude, présentée dans le **chapitre 9**, visait à évaluer la capacité d'un gilet vibrant du commerce, particulièrement utilisé en salle de concert à destination des publics sourds, à transmettre les caractéristiques émotionnelles d'un ensemble de musiques de film. Notre protocole proposait deux conditions d'écoute distinctes qui présentaient respectivement le signal musical dans la modalité auditive (casque audio) et la modalité tactile (gilet vibrant), puis uniquement dans la modalité tactile avec diffusion d'un stimulus de masquage (bruit blanc) dans la modalité auditive. Selon le modèle dimensionnel appliqué aux émotions musicales, les participants devaient ainsi évaluer l'activation et la valence des extraits écoutés dans chacune de ces deux conditions. Les résultats ont mis en lumière une *dégradation* significative des émotions exprimées par les extraits, impactant notamment leur valence. En outre, l'activation s'est également vue être renforcée par l'action du gilet vibrant dans le groupe d'entendants testé.

Enfin, notre seconde étude, exposée dans le **chapitre 10**, proposait d'évaluer des émotions exprimées par des séquences de musique vibrotactile – appelées *vibetracks* selon la littérature – composées selon le principe de *composition trajectorielle* et reproduites à travers notre dispositif. Pour ce faire, le paradigme expérimental utilisé dans l'étude précédente a été adapté en ajoutant notamment la mesure de la conductance cutanée (SC) des participants. Deux variables indépendantes ont été testées : l'intensité de la stimulation, ainsi que la vitesse de déplacement des trajectoires vibrotactiles. Les résultats ont démontré un effet significatif de l'intensité sur l'activation perçue, ainsi que sur le plaisir, mais pas sur la valence. La vitesse, quant à elle, n'a eu d'effet sur aucune dimension émotionnelle ni sur le plaisir, soulignant que d'autres investigations doivent être menées en prenant comme variables d'autres *paramètres trajectoriels*.

En revanche, notre étude a révélé que la conductance cutanée mesurée chez les participants était particulièrement affectée par l'effet d'ordre de présentation chronologique des *vibetracks* au cours de la passation, avec des contrastes importants rencontrés lors de la présentation successive de stimuli à intensité différente. L'augmentation progressive de la conductance cutanée s'est accompagnée d'un renforcement du plaisir ressenti chez les participants à mesure que les *vibetracks* étaient présentées lors de la passation. Ce résultat suggère que les contrastes provoqués par des intensités différentes engendraient, à mesure que l'écoute des *vibetracks* se déploie dans le temps, une augmentation du plaisir, soulignant ainsi qu'un principe de tension-détente serait

46. Déclaration d'Invention en cours de dépôt et d'enregistrement par l'ensemble des parties concernées : l'Université de Lille ; le laboratoire CEAC ; le laboratoire SCALab ; ainsi que la Société d'Accélération du Transfert de Technologie Nord (SATT Nord).

applicable en musique vibrotactile et pertinent pour exprimer des émotions. Bien que nos deux études soient limitées notamment par le petit nombre de participants, en particulier sourds, les résultats ouvrent ainsi des perspectives intéressantes pour envisager à l'avenir la musique vibrotactile comme un bien commun pouvant aboutir à partager plus également l'expérience de la musique, quel que soit notre niveau d'audition.

Perspectives de recherche futures

Perspectives à court et moyen terme

Sur un plan musicologique, notre thèse de doctorat ouvre de larges perspectives sur différents aspects permettant de mieux caractériser, inscrire et transmettre la musique vibrotactile. Il n'existe à ce jour pas plus de système de symbolisation pour cette musique, notamment au regard de la *composition trajectorielle*, que de méthode d'analyse. Du fait de la proximité entre la spatialisation des musiques électroacoustiques et la *composition trajectorielle*, il serait intéressant de savoir dans quelle mesure les méthodes d'analyse de ces musiques pourraient s'adapter à la musique vibrotactile. De plus, au-delà de la composition, l'interprétation de musiques vibrotactiles soulève un ensemble d'interrogations quant aux interfaces à utiliser ou encore aux gestes adoptés à travers la performance scénique. C'est pourquoi, à l'instar des travaux de Baijal et son équipe⁴⁷, la mise en place d'ateliers de composition visant des populations mixtes pourrait, dans une perspective de recherche-crédation, permettre, d'une part, d'évaluer plus concrètement le potentiel de la musique vibrotactile comme modalité de création musicale commune et partagée, ainsi que, d'autre part, d'observer les processus de création mis en œuvre par les participants.

Du point de vue des résultats obtenus dans notre seconde étude (cf. 10), plusieurs axes peuvent faire l'objet d'investigations par de futurs travaux de recherche dans les domaines de la psychologie cognitive et affective ou de l'Interaction Homme-Machine (IHM). En premier lieu, si l'effet d'ordre dans la présentation des *vibetracks* a provoqué un effet de contraste et un effet de renforcement du plaisir inattendus, il serait pertinent de faire varier cet ordre de présentation entre chaque participant et de comparer les résultats afin de renforcer ou de réfuter les conclusions de notre étude. En outre, si un principe de tension-détente peut également s'appliquer à la musique vibrotactile, la tension pourrait alors constituer, dans un futur protocole, une dimension émotionnelle plus pertinente à évaluer que le couple activation-valence,

47. BAIJAL *et al.*, *op. cit.*

tel que le préconise le modèle de Thayer⁴⁸ ou encore le modèle tridimensionnel de Schimmack et Grob⁴⁹.

Sur un autre aspect lié à notre étude, il pourrait être intéressant d'étudier les effets de l'apprentissage non seulement sur la perception des émotions musicales exprimées à travers les *vibetracks*, mais également sur la reconnaissance des trajectoires diffusées. Le protocole d'évaluation décrit par Giordano et ses collègues⁵⁰ pourrait, par exemple, être adapté afin d'étudier la manière dont les trajectoires sont perçues et apporter d'éventuelles améliorations matérielles au dispositif ou aux logiciels permettant de composer les *vibetracks*. Par ailleurs, l'étude des effets d'autres *paramètres trajectoriels*, tels que les paramètres morphologiques des trajectoires, sur les émotions musicales perçues constituerait une piste de recherche intéressante pour poursuivre notre évaluation de la *composition trajectorielle*. Il serait également pertinent d'intégrer à l'avenir d'autres paramètres de mesure psychophysique au protocole expérimental, tels que la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV), afin de renforcer la validité des résultats obtenus.

Enfin, certains commentaires fournis par les participants lors des entretiens qualitatifs nous laissent penser que d'autres champs de la littérature pourraient être investis. Par exemple, la comparaison de l'expérience d'écoute des *vibetracks* avec un « massage » ou une sensation corporelle liée à la grossesse fournit des pistes pour étudier le bien-être lié à l'usage de notre dispositif et de la *composition trajectorielle* dans d'autres domaines que celui de la musique.

Perspectives à long terme

Si la réalisation d'une thèse de doctorat est le fruit d'une initiative individuelle, ces recherches s'inscrivent dans une dynamique fortement collective. Au cours de ces dernières années, nombre d'échanges, d'expérimentations et de tests, menés dans et en dehors du cadre de cette thèse de doctorat, ont été réalisés en lien avec nos travaux et les technologies qui y sont développées.

Tout d'abord, il nous semble intéressant de mentionner que, en parallèle de nos travaux de recherche, nous avons initié à partir de janvier 2023 un projet de création d'entreprise nommé VIBSTRA™, visant à valoriser ces derniers sur le plan industriel. Toujours en cours à l'heure actuelle, cette expérience entrepreneuriale a grandement nourri nos propres travaux en nous permettant d'approfondir nos connaissances vis-à-vis de certaines réalités techniques, économiques ou encore sociales vécues par les équipementiers et les professionnels du spectacle vivant. Ces apports nous ont

48. THAYER, *op. cit.*

49. SCHIMMACK et GROB, *op. cit.*

50. GIORDANO, SULLIVAN et WANDERLEY, *op. cit.*

amené à considérer l'aspect heuristique de cette expérience qui, loin de l'intention initiale, s'est finalement présentée à nous à la manière d'une « recherche par l'entrepreneuriat ». De manière complémentaire aux résultats rapportés dans nos études, la consultation des utilisateurs sourds et non sourds à travers les séances de test de notre dispositif nous a permis d'engranger de nombreux retours sur des améliorations potentielles. À ce jour, une nouvelle version de notre invention est en cours de développement en vue de répondre non seulement aux retours d'expérience des testeurs, mais également d'implémenter la possibilité d'une utilisation collective et partagée du dispositif.

Ainsi, ces actions ont permis non seulement de souligner que la musique vibrotactile disposait d'un fort potentiel artistique partagé, mais également que la contribution sourde aux solutions développées demeurerait indispensable afin d'éviter les écueils pervers et contreproductifs liés à l'« auto-accroissement »⁵¹, à l'entre-soi, ou encore au « prétexte d'assistance »⁵². C'est pourquoi, au regard du sujet traité, mais aussi de l'ensemble de ses dimensions humaines, il convient donc au champ de recherche et d'applications ouvert ici d'être exploré collectivement afin de répondre pleinement aux enjeux sociaux et artistiques soulevés. Poursuivre la quête d'une participation sociale de tous invite non seulement à rendre perméable les frontières entre les disciplines, mais également, et surtout, celles entre les savoirs académiques et les savoirs issus de mondes extra-universitaires, en incluant tout particulièrement les personnes sourdes dans les réflexions.

Nous encourageons la mise en place d'un tel système ouvert en faisant de ces travaux un levier pour la conduite de recherches-actions collaboratives (RAC)⁵³, favorisant la mise en place d'espaces de « co-innovation »⁵⁴ et d'appropriation, pour permettre d'œuvrer ensemble autour du sujet de la musique vibrotactile et des technologies qui s'y rattachent. Ces démarches doivent ainsi permettre à ce *faire ensemble* de se concrétiser non seulement sur le plan des pratiques artistiques (composition, jeu ou encore écoute partagés), mais également à travers l'ensemble du processus

51. Nous faisons ici référence au phénomène d'« auto-accroissement » de la technique développé par Jacques Ellul qui souligne le processus par lequel « la technique s'engendre elle-même ». Comme l'explique l'auteur : « Dans cet auto-accroissement joue une sorte d'appel de la Technique à la Technique : en se développant, elle pose des problèmes tout d'abord techniques, qui, par conséquent, ne peuvent être résolus que par la technique ». Il nous semble que ce phénomène s'applique particulièrement bien aux limites que rencontrent les technologies audio-tactiles actuelles comme solutions d'accès des sourds à la musique, dans la mesure où leur intégration problématise et complexifie d'autres facteurs clés de l'accessibilité. Voir : ELLUL, Jacques, *La Technique ou l'enjeu du siècle*, Classiques des sciences sociales, Paris : Economica, 1990, p. 79-87.

52. MILLS, *op. cit.*

53. LES CHERCHEURS IGNORANTS, *Les recherches-actions collaboratives. Une révolution de la connaissance*, Politiques et interventions sociales, Rennes : Presses de l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP), 2015.

54. NANCHEN *et al.*, *op. cit.*

d'innovation (de la conception au déploiement) ou de la mise en œuvre technique nécessaire à la diffusion des œuvres dans le cadre du concert de musique (aux côtés de la sonorisation ou de l'éclairage). À l'instar du projet TOTEM⁵⁵ mené à l'Aéronef (Lille), l'action culturelle, telle que pratiquée dans les Scènes de Musiques Actuelles (SMAC), pourrait, par exemple, former une instance partagée intéressante pour mener ces recherches communes entre chercheurs, professionnels du spectacle vivant, interprètes en LS, industriels ou équipementiers, artistes et publics.

À l'image du grand chantier de l'accessibilité, il reste encore bien des travaux à mener dans le domaine de la musique vibrotactile, tant sur le plan artistique que sur le plan technique. À travers ce travail de recherche, nous espérons avoir dégagé une voie nous conduisant possiblement à *être ensemble* par le développement d'une nouvelle communauté de pratiques, à la manière du chansigne et de la communauté signante. Cependant, comme le souligne Étienne Verhaegen : « On ne peut épuiser le défi de l'avenir des communs au seul développement d'un ensemble de pratiques sociales unifiées par la volonté de "l'être en commun" ou de "l'agir commun". Il doit déboucher sur des questions [...] de rééquilibrages des rapports entre le privé et le public, et de contrôle démocratique des institutions. Les avancées théoriques, pratiques et politiques sur ces questions constituent le véritable enjeu autour des mouvements se revendiquant des communs »⁵⁶. Nul doute que la recherche commune de solutions ne doit pas se limiter à la composante pragmatique (l'objet comme solution), mais inclure également des réflexions systémiques, notamment autour du politique, pour permettre à nos environnements musicaux d'être, à l'avenir, plus également partagés.

55. <https://aeronef.fr/nos-projets/totem>, (visité le 27-06-2024).

56. VERHAEGEN, *op. cit.*

Références bibliographiques

- ABBE, M., « The spatial effect upon the perception of time », in : *The Japanese Journal of Psychology* 3, 1936, p. 1-52.
- ABE, S., « Experimental study on the correlation between time and space », in : *Tohoku Psychologica Folia* 3, 1935, p. 53-68.
- ADRIAN, E. D. et ZOTTERMAN, Yngve, « The impulses produced by sensory nerve-endings. Part 2. The response of a Single End-Organ », in : *The Journal of Physiology* 61.2, 1926, p. 151-171.
- ALLÉLY, Annie, « L'exposition des petites filles à Rome sous la République et sous le Principat », in : *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest* 3.124, 2017, p. 49-64.
- ALVES ARAÚJO, F., LIMA BRASIL, F., CANDIDO LIMA SANTOS, A. *et al.*, « Auris System : Providing vibrotactile feedback for hearing impaired population », in : *BioMed Research International* 2017, 2017.
- ALVES ARAÚJO, Felipe et EDUARDO BATISTA, Carlos, « Auris : System for facilitating the musical perception for the hearing impaired », in : *Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (Webmedia'16)*, Teresina : Association for Computing Machinery, 2016, p. 135-142.
- AMBERT-DAHAN, Emmanuèle, « Perception des émotions non verbales dans la musique, les voix et les visages chez les adultes implantés cochléaires présentant une surdité évolutive », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Séverine SAMSON et de Daniel PRESSNITZER, Lille, Université de Lille III Charles de Gaulle, 2014.
- AMEMIYA, T., HIROTA, K. et IKEI, Y., « Tactile apparent motion on the torso modulates perceived forward self-motion velocity », in : *IEEE Transactions on Haptics* 9.4, 2016, p. 474-482.
- ANCET, Pierre, « Situation de handicap et normes sociales », in : *Le Carnet PSY* 9.158, 2011, p. 29-31.

- ANDERSON, Melissa L., RIKER, Timothy, HAKULIN, Stephanie *et al.*, « Deaf ACCESS : Adapting consent through community engagement and state-of-the-art simulation », in : *Journal of Deaf Studies and Deaf Education* 25.1, 2020, p. 115-125.
- ARAN, Jean-Marie, « L'amplificateur cochléaire », in : *médecine/sciences* 6.8, 1990, p. 740-742.
- ARBIB, Michael A., « From Monkey-like Action Recognition to Human Language : an Evolutionary Framework for Neurolinguistics », in : *Behavioral and Brain Sciences* 28.2, 2005, p. 125-167.
- ARISTOTE, *De l'âme*, trad. par Richard BODÉÛS, GF, Paris : Flammarion, 2018.
- *De l'âme*, GF - Philosophie, Paris : Flammarion, 2018.
- *Histoire des animaux*, trad. par Pierre PELLEGRIN, GF, Paris : Flammarion, 2017.
- ATOUI, Tarek, *WITHIN*, Les Cahiers ASSN, Paris : Publication Galerie Chantal Crousel, 2017.
- AUER, Edward T., BERNSTEIN, Lynne E., SUNGKARAT, Witaya *et al.*, « Vibrotactile Activation of the Auditory Cortices in Deaf versus Hearing Adults : » in : *NeuroReport* 18.7, mai 2007, p. 645-648, URL : <https://insights.ovid.com/crossref?an=00001756-200705070-00005> (visité le 09/03/2019).
- AUGIER, Charline, « Les formes de l'appropriation musicale. Entre musique graphosphérique et audiovisosphérique », Mémoire de master 2 écrit sous la direction de Vincent TIFFON et Romain BRICOUT, Lille, Université de Lille, 2017.
- AUVRAY, Malika, LENAY, Charles, O'REGAN, Kevin J. *et al.*, « Suppléance perceptive, immersion et informations proprioceptives », in : *Arobse* 1, 2005, p. 94-113.
- AUVRAY, Malika et MYIN, Erik, « Perception with compensatory devices : From sensory substitution to sensorimotor extension », in : *Cognitive Science* 33.6, 2009, p. 1036-1058.
- AYACHE, Denis et EL KOHEN, Asma, « 9. Otospongiose », in : BRASNU, Daniel, AYACHE, Denis, HANS, Stéphane *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 59-65.
- BACH-Y-RITA, Paul, « Chapitre III. Substitution sensorielle et *qualia* », in : PROUST, Joëlle, *Perception et intermodalité. Approches actuelles de la question de Molyneux*, Psychologie et sciences de la pensée, Paris : Presses Universitaires de France (PUF), 1997, p. 81-100.
- BACH-Y-RITA, Paul, COLLINS, Carter C., SAUNDERS, Frank A. *et al.*, « Vision substitution by tactile image projection », in : *Nature* 221, 1969, p. 963-964.
- BACH-Y-RITA, Paul et W. KERCEL, Stephen, « Sensory Substitution and the Human-Machine Interface », in : *Trends in Cognitive Sciences* 7.12, déc. 2003, p. 541-546, URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661303002900> (visité le 09/03/2019).

- BAIJAL, Anant, KIM, Julia, BRANJE, Carmen *et al.*, « Composing vibrotactile music : A multi-sensory experience with the emoti-chair », in : *Proceedings of the 2012 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)*, Vancouver : IEEE, 2012, p. 509-515.
- BAILENSON, Jeremy N., YEE, Nick, BRAVE, Scott *et al.*, « Virtual interpersonal touch : expressing and recognizing emotions through haptic devices », in : *Human-Computer Interaction* 22.3, 2007, p. 325-353.
- BARRAL, Catherine, « La Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé : un nouveau regard pour les praticiens », in : *Contraste* 27, 2007, p. 231-246.
- BARRALON, P., NG, G., DUMONT, G. A. *et al.*, « Design of rhythm-based vibrotactile stimuli around the waist : evaluation of two encoding parameters », in : *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A : Systems and Humans* 39.5, 2009, p. 1062-1073.
- BARSALOU, Lawrence W., « Perceptual symbol systems », in : *Behavioral and Brain Sciences* 22, 1999, p. 577-660.
- BECKER, Howard Saul, *Outsiders*, New York : The Free Press of Glencoe, 1963.
- BEDOIN, Diane, « 1. Qui sont les sourds? », in : *Sociologie du monde des sourds*, Collection Repères, Paris : La Découverte, 2018, p. 7-22.
- « 2. Figures sociohistoriques du “sourd” », in : *Sociologie du monde des sourds*, Collection Repères, Paris : La Découverte, 2018, p. 23-48.
- BEGUE, Jason et CRIPPS, Janis, « The Artwork of Videoediting in Signed Music », in : *Journal of American Sign Languages & Literatures (JASLL)*, 2018, URL : <https://journalofasl.com/the-artwork-of-videoediting/>.
- BEHMER JR, L. P. et JANTZEN, K. J., « Reading sheet music facilitates sensorimotor mu-desynchronization in musicians », in : *Clinical Neurophysiology* 122.7, 2011, p. 1342-1347.
- BEKESY, Georg von, *Experiments in Hearing*, New York : McGraw Hill, 1960.
- BELL, Jonathan, BOLANOWSKI, Stanley et HOLMES, Mark H., « The structure and function of pacinian corpuscles : a review », in : *Progress in Neurobiology* 42, 1994, p. 79-128.
- BENOIT, Hervé et MAUGUIN, Murielle, « Du discours juridique à son application : liberté de choix entre une éducation bilingue et une éducation oraliste pour les sourds », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 75, 2016, p. 31-46.
- BENSMAÏA, Sliman J. et HOLLINS, Mark, « Complex tactile waveform discrimination », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 108.3, 2000, p. 1236-1245.
- BENVENUTO, Andrea, « De quoi parlons-nous quand nous parlons de “sourds”? », in : *Le Télémaque* 1.25, 2004, p. 73-86.
- *Quand le son devient geste*, 2018, URL : <https://philharmoniedeparis.fr/fr/magazine/perspectives/quand-le-son-devient-geste> (visité le 15/11/2018).

- BENVENUTO, Andrea, « Qui sont les sourds? », in : *Les Sourds : aux origines d'une identité plurielle*, sous la dir. de Charles GAUCHER et Stéphane VIBERT, Collection Diversitas 5, Bruxelles : P.I.E. Peter Lang, 2010.
- BENVENUTO, Andrea et SÉGUILLON, Didier, « Des premiers banquets des sourds-muets à l'avènement du sport silencieux 1834-1924 », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 4.64, 2013, p. 135-150.
- « Surdités, langues, cultures, identités : recherches et pratiques. Présentation du dossier », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 9-13.
- BERTIN, Fabrice, « Intégration scolaire des élèves sourds et éducation bilingue (français-LSF) : des objectifs contradictoires? », in : *La nouvelle revue de l'AIS : Adaptation et intégration scolaires* 21, 2003, p. 139-148.
- « Les Sourds, une culture méconnue? », in : *Études. Revue de culture contemporaine* 3, 2019, p. 55-64.
- *Les sourds. Une minorité invisible*, Collection Mutations, Paris : Éditions Autrement, 2010.
- BIGAND, E., VIEILLARD, S., MADURELL, F. *et al.*, « Multidimensional scaling of emotional responses to music : the effect of musical expertise and of the duration of the excerpts », in : *Cognition & Emotion* 19.8, 2005, p. 1113-1139.
- BIRNBAUM, David M. et WANDERLEY, Marcelo M., « A systematic approach to musical vibrotactile feedback », in : *Proceedings of the 2007 International Computer Music Conference*, Copenhagen : International Computer Music Association, 2007, p. 397-404.
- BLAIS, Marguerite et RHÉAUME, Jacques, *Apprendre à vivre aux frontières des cultures sourdes et entendants. Histoires d'enfants entendants issus de parents sourds*, Québec : Les Presses de l'Université Laval, 2009.
- BLARNEY, P. J. et CLARK, G. M., « A wearable multiple-electrode electrotactile speech processor for the profoundly deaf », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 77.4, 1985, p. 1619-1620.
- BOLANOWSKI, S. J., GESCHIEDER, G. A. et VERRILLO, R. T., « Hairy skin : psychophysical channels and their physiological substrates », in : *Somatosensory & Motor Research* 11, 1994, p. 279-290.
- BOLANOWSKI JR, S. J. et ZWISLOCKI, J. J., « Intensity and frequency characteristics of pacinian corpuscles. I. Action potentials », in : *Journal of Neurophysiology* 51.4, 1984, p. 793-811.
- BOLOGNINI, Nadia, CECCHETTO, Carlo, GERACI, Carlo *et al.*, « Hearing Shapes Our Perception of Time : Temporal Discrimination of Tactile Stimuli in Deaf People », in : *Journal of Cognitive Neuroscience* 24.2, fév. 2012, p. 276-286, URL : http://www.mitpressjournals.org/doi/10.1162/jocn_a_00135 (visité le 09/03/2019).

- BONET, Juan Pablo, *Reducción de las letras y arte para enseñar a ablar los mudos*, Madrid : Francisco Abarca de Ángulo, 1620.
- BONNARD, Jean-Baptiste, « L'exposition des nouveau-nés handicapés dans le monde grec, entre réalités et mythes : un point sur la question », in : *Pallas. Revue d'Études Antiques* 106, 2018, p. 229-240.
- BOREL, Stéphanie, « Perception auditive, visuelle et audiovisuelle des voyelles nasales par les adultes devenus sourds. Lecture Labiale, implant cochléaire, implant du tronc cérébral », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Jacqueline VAISSIÈRE, Paris, Université Paris 3 Sorbonne Nouvelle, 2015.
- BOREL, Stéphanie et DODIER, Christophe, « 2. Les modes de communication », in : QUÉREL, Caroline, *Surdité et santé mentale*, Cahiers de Sainte-Anne, Cachan : Lavoisier, 2013, p. 25-43.
- BOUCART, Muriel, « Psychophysique », in : *Encyclopædia Universalis [En ligne]*, URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/psychophysique/> (visité le 12/09/2022).
- BOUCCARA, Didier et COLLET, Lionel, « 4. Méthodes d'explorations fonctionnelles auditives », in : BRASNU, Daniel, AYACHE, Denis, HANS, Stéphane *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 15-23.
- BOURGALAIS, Patrick, *Les miroirs du silence. L'éducation des jeunes sourds dans l'Ouest, 1800-1934*, Histoire, Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR), 2008.
- BOUWER, Anders, HOLLAND, Simon et DALGLEISH, Mat, « The Haptics Bracelets : learning multi-limb rhythm skills from haptic stimuli while reading », in : HOLLAND, Simon, WILKIE, Katie, MULHOLLAND, Paul *et al.*, *Music and Human-Computer Interaction*, Springer Series on Cultural Computing (SSCC), London : Springer, 2013, p. 101-122.
- BRADLEY, Margaret M. et LANG, Peter J., « Measuring emotion : The self-assessment manikin and the semantic differential », in : *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 25.1, 1994, p. 49-59.
- BRANJE, Carmen, « The Vibrochord : Investigating a vibrotactile musical instrument », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Deborah I. FELS et Mark CHIGNELL, Université de Toronto (CA), 2014.
- BRANJE, Carmen et FELS, Deborah I., « Playing vibrotactile music : a comparison between the Vibrochord and a piano keyboard », in : *International Journal of Human-Computer Studies* 72.4, 2014, p. 431-439.
- BRASNU, Daniel, AYACHE, Denis, HANS, Stéphane *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008.
- BRÉTÉCHÉ, Sylvain, « “Ces mains qui chantent”. Vers une pratique musico-gestuelle de la vocalité sourde », in : *Journal de Recherche en Éducation Musicale (JREM)* 12.2, 2021, p. 47-69.

- BRÉTÉCHÉ, Sylvain, « Du corps en-Lieu. Phénoménologie et “expérience musicale Sourde” », in : ESCLAPEZ, Christine, *Ontologies de la création en musique (Volume III)*, Paris : L'Harmattan, 2014, p. 21-48.
- « L'écoute incorporée ou l'émergence du sensible. De la corpauralité à l'écoute musicale sourde », in : HAUTOIS, X., LALIBERTÉ, M., STRANSKY, L. *et al.*, *L'émergence de la musique. Dialogue des sciences*, Arles : Delatour, 2019, p. 191-206.
- « L'Incarnation musicale : l'expérience musicale sourde », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Christine ESCLAPEZ et Jean VION-DURY, Aix-Marseille Université, 24 nov. 2015.
- BREWSTER, Stephen et BROWN, Lorna M., « Tactons : Structured tactile messages for non-visual information display », in : *Proceedings of the 5th conference on Australasian user interface*, t. 28, Dunedin : Australian Computer Society, 2004, p. 15-23.
- BRICENO, Alban, « La “corpauralité” comme point de départ d'un nouveau système musical : la piste du Vibrotactile Space Trajectory Model (VibSTraM) », in : ASTASA [En ligne], 2021, URL : <https://www.astasa.org/2021/12/22/la-corpauralite-comme-point-de-depart-dun-nouveau-systeme-musical/>.
- « La musique au-delà des réductionnismes sensoriels : l'expérience musicale des Sourds comme fondement d'un nouveau paradigme », in : *Journal de Recherche en Éducation Musicale (JREM)* 12.2, 2021, p. 36-46.
- BRISBEN, A. J., HSIAO, S. S. et JOHNSON, K. O., « Detection of Vibration Transmitted Through an Object Grasped in the Hand », in : *Journal of Neurophysiology* 81.4, avr. 1999, p. 1548-1558, URL : <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.1999.81.4.1548> (visité le 09/03/2019).
- BROWN, A. G. et IGGO, A., « A quantitative study of cutaneous receptors and afferent fibres in the cat and rabbit », in : *The Journal of Physiology* 193.3, 1967, p. 707-733.
- BROWNE, Thomas G., « Biofeedback and neurofeedback », in : FRIEDMAN, Howard S., *Encyclopedia of mental health. Volume 1*, Oxford : Academic Press, 2016, p. 170-177.
- BROWNELL, William E., BADER, Charles R., BERTRAND, Daniel *et al.*, « Evoked Mechanical Responses of Isolated Cochlear Outer Hair Cells », in : *Science* 227.4683, 1985, p. 194-196.
- BRULÉ, Pierre, « L'exposition des enfants en Grèce antique : une forme d'infanticide », in : *Enfances & Psy* 3.44, 2009, p. 19-28.
- CALVET, Louis-Jean, « Voisement », in : *Encyclopædia Universalis* [En ligne], URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/voisement/> (visité le 23/07/2020).
- CANTIN, Angélique et CANTIN, Yann, *Dictionnaire biographique des grands sourds en France. Les Silencieux de France (1450–1920)*, Paris : Archives & Culture, 2017.
- CANTIN, Yann, « De l'origine des langues des Signes... », in : *Études sourdes* [En ligne], 2013, URL : <https://etusourdes.hypotheses.org/44>.

- « Le Minitel et son impact sur la communauté sourde française », in : *La Noétomalalie Historique [En ligne]*, 2012, URL : <https://noetomalalie.hypotheses.org/87>.
- « Les Sourds-Muets de la Belle Époque, une communauté en mutation », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Gérard JORLAND, Paris, EHESS, 2014.
- « Quelles représentations historiennes des Sourds historiques? », in : *La Noétomalalie Historique [En ligne]*, 2020, URL : <https://noetomalalie.hypotheses.org/786>.
- CANTIN, Yann et ENCREVÉ, Florence, « La vision des “vaincus” : écrire l’histoire des sourds hier et aujourd’hui », in : *La nouvelle revue de l’adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 29-40.
- CARAGLIO, Martine et DELAUBIER, Jean-Pierre, « La mise en œuvre de la loi du 11 février 2005 dans l’éducation nationale », Rapport n° 2012-100 de l’IGEN/IGAENR, 2012.
- CATIN, Yann, *La question de l’éducation des Sourds-aveugles*, Marie Heurtin, 2014, URL : <https://noetomalalie.hypotheses.org/310>.
- ÇEVİK, Münire Özlem, « Habituation, sensitization, and Pavlovian conditioning », in : *Frontiers in Integrative Neuroscience* 8, 2014, p. 511-514.
- CHATILLON, Jacques, « Perception des infrasons », in : *Acoustique et Techniques* 67, 2011, p. 4-10.
- CHEVEIGNÉ, Alain de, « Modèles de traitement auditif dans le domaine temps », Mémoire d’Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paris 6, 2000.
- HO-CHING, Wai-Ling E, MANKOFF, Jennifer et LANDAY, James A., « Can you see what I hear? the design and evaluation of a peripheral sound display for the deaf », in : *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, t. 5, 1, Lauderdale : Association for Computing Machinery, 2003, p. 161-168.
- CHION, Michel, *L’Audio-vision, son et image au cinéma*, Paris : Nathan, 1990.
- CHOI, Seungmoon et KUCHENBECKER, Katherine J., « Vibrotactile display : perception, technology and applications », in : *Proceedings of the IEEE* 101.9, 2013, p. 2093-2104.
- CHOUARD, Claude-Henri, « Histoire de l’implant cochléaire », in : *Annales françaises d’oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale* 127.6, 2010, p. 288-296.
- CLARAC, François et TERNAUX, Jean-Pierre, *Encyclopédie historique des neurosciences. Du neurone à l’émergence de la pensée*, Neurosciences & cognition, Bruxelles : De Boeck Université, 2008.
- COCROFT, Reginald B. et RODRÍGUEZ, Rafael L., « The Behavioral ecology of insect vibrational communication », in : *BioScience* 55.4, 2005, p. 323-334.
- COHEN, Annabel J., « Chapter 31. Music as a source of emotion in film », in : JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 879-908.

- COLIN, Cécile et RADEAU, Monique, « Les illusions McGurk dans la parole : 25 ans de recherches », in : *L'année psychologique* 103.3, 2003, p. 497-542.
- CONNOLLY, John F. et FRITH, Christopher D., « Effects of a varying stimulus context on habituation and sensitization of the OR », in : *Physiology & Behavior* 21.4, 1978, p. 511-514.
- CORBALLIS, Michael C., *From Hand to Mouth : the Origin of Language*, Princeton : Princeton University Press, 2002.
- « Language Evolution : A Changing Perspective », in : *Trends in Cognitive Sciences* 21.4, 2017, p. 229-236.
- CORINA, David P., SAN JOSE-ROBERTSON, Lucila, GUILLEMIN, Andre *et al.*, « Language Lateralization in a Bimanual Language », in : *Journal of Cognitive neuroscience* 15.5, 2003, p. 718-730.
- CORNETT, Richard Orin, « Cued Speech », in : *American Annals of the Deaf* 112.1, 1967, p. 3-13.
- COSTA, Marco et NESE, Mattia, « Perceived tension, movement, and pleasantness in harmonic musical intervals and noises », in : *Music Perception* 37.4, 2020, p. 298-322.
- COTUGNO, Domenico, *De Aquæductibus auris humanæ internæ anatomina dissertatio*, Naples : Ex Typographia Simoniana, 1761.
- COURTIN, Cyril, JOBARD, Gael, VIGNEAU, Mathieu *et al.*, « A Common Neural System is Activated in Hearing non-signers to Process French Sign Language and Spoken French », in : *Brain Research Bulletin* 84.1, 2011, p. 75-87.
- COX, Olivia D., MUNJAL, Ananya, MCCALL, William V. *et al.*, « A review of clinical studies of electrodermal activity and transcranial magnetic stimulation », in : *Psychiatry Research* 329.115535, 2023.
- CRIPPS, Jody H., LYONBLUM, Ely et SMALL, Anita, « Signed Music in the Deaf Community : Performing *The Black Drum* at Festival Clin d'Oeil », in : *Journal of Festive Studies* 4, 2022, p. 191-215.
- CROWNE, Douglas P. et MARLOWE, David, « A new scale of social desirability independent of psychopathology », in : *Journal of Consulting Psychology* 24.4, 1960, p. 349-354.
- CUNNINGHAM, Joseph G. et STERLING, Rebecca S., « Developmental change in the understanding of affective meaning in music », in : *Motivation and Emotion* 12.4, 1988, p. 399-413.
- CUXAC, Christian, *La Langue des signes française : les voies de l'iconicité*, Bibliothèque de Faits de Langues n° 15-16, Paris : Ophrys, 2000.
- *Le Langage des sourds*, Langues et sociétés, Paris : Payot, 1983.
- CUXAC, Christian et MILLET, Agnès, « Entretien croisé avec Christian Cuxac et Agnès Millet », in : *Langues et cité : bulletin de l'observatoire des pratiques linguistiques* 4, 2004, p. 2-3.

- CUXAC, Christian et PIZZUTO, Elena Antinoro, « Émergence, norme et variation dans les langues des signes : vers une redéfinition notionnelle », in : *Langage & société* 1.131, 2010, p. 37-53.
- DAGNEAUX, Isabelle, « Normativité et surdité : passer d'un déficit à une culture », in : *Alter* 10, 2016, p. 168-180.
- DALLE, Patrice, « La place de la langue des signes dans le milieu institutionnel de l'éducation : enjeux, blocages et évolution », in : *Langue française* 137, 2003, p. 32-59.
- DAUMAN, René, « 1. Physiologie de l'audition », in : BRASNU, Daniel, AYACHE, Denis, HANS, Stéphane *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 3-6.
- DAVIS, Fred, *Passage Through Crisis : Polio Victims and Their Families*, 3^e éd., New York et Abingdon : Routledge, 2017.
- DAWSON, Michael E., SCHELL, Anne M. et FILION, Diane L., « Chapter 10. The Electrodermal system », in : CACIOPPO, John T., TASSINARY, Louis G. et BERNTSON, Gary G., *Handbook of psychophysiology*, Fourth, Cambridge : Cambridge University Press, 2016, p. 217-243.
- DEBRY, Christian, MONDAIN, Michel et REYT, Emile, « 2. Item 86 - Trouble aigu de la parole. Dysphonie », in : *ORL*, 3^e éd., Les Référentiels des Collèges, Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2014, p. 15-24.
- « 3. Item 87 - Altération de la fonction auditive. Item 44 - Dépistage des troubles auditifs chez l'enfant », in : *ORL*, 3^e éd., Les Référentiels des Collèges, Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2014, p. 25-52.
- DECOURCHELLE, Denis, « Surdité, langage et identité. La nouvelle donne des jeunes générations », in : *Sciences Sociales et Santé* 12.3, 1994, p. 101-128.
- DELALEU, Fanny, « Le gilet vibrant comme moyen d'accessibilité à la musique pour un public sourd et malentendant », Mémoire de fin d'étude écrit sous la direction de Béatrice DENÈGRE, Mons, Haute École Condorcet, 2021.
- DELAPORTE, Yves, « La variation régionale en langue des signes française », in : *Marges linguistiques [En ligne]* 10, 2005, p. 118-132, URL : http://www.revue-texto.net/Parutions/Marges/00_ml102005.pdf.
- *Les Sourds c'est comme ça*, Paris : Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2002.
- DEMETRIOU, Constantina, UZUN ÖZER, Bilge et ESSAU, Cecilia A., « Self-report questionnaires », in : CAUTIN, Robin L. et LILIENFELD, Scott O., *The Encyclopedia of clinical psychology. Volume V*, Hoboken : Wiley-Blackwell, 2015, p. 2595-2599.
- DÉMONET, Jean-François et PLANTON, Samuel, « Langage et cerveau : vingt ans d'imagerie fonctionnelle », in : *Revue française de linguistique appliquée* 17.2, 2012, p. 9-18.

- DERRIDA, Jacques, *De la grammatologie*, Collection « Critique », Paris : Les Éditions de Minuit, 1967.
- DESAI, Sheetal, STICKNEY, Ginger et ZENG, Fan-Gang, « Auditory-visual Speech Perception in Normal-hearing and Cochlear-implant Listeners », in : *The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)* 123.1, 2008, p. 428-440.
- DESCARTES, René, *Les Passions de l'âme*, Paris : Chez Henry Legras, 1649.
- DESJARDINS, Renée N. et WERKER, Janet F., « Is the Integration of Heard and Seen Speech Mandatory for Infants? », in : *Developmental Psychobiology* 45.4, 2004, p. 187-203.
- DI PASTENA, Angela, SCHIARATURA, Loris Tamara et ASKEVIS-LEHERPEUX, Françoise, « Joindre le geste à la parole : les liens entre la parole et les gestes co-verbaux », in : *L'Année psychologique* 115.3, 2015, 463 à 493.
- DIOT, Périnne, GAUTRIN, Florian et NAHON, Aurélie, « Le chansigne », in : *Traduire [En ligne]* 243, 2020, URL : <http://journals.openedition.org/traduire/2203>.
- DJOURNO, André, EYRIÈS, Charles et VALLANCIEN, Bernard, « Premiers essais d'excitation électrique du nerf auditif chez l'homme, par micro-appareils inclus à demeure », in : *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 2 juill. 1957, p. 481-483.
- DREMPETIC, Cassandra et POTTER, Leigh Ellen, « Wearable bass tactile sound systems and immersion », in : *Proceedings of the 29th Australian Conference on Computer-Human Interaction*, Brisbane : Association for Computing Machinery, 2017, p. 576-580.
- DROIT-VOLET, Sylvie, RAMOS, Danilo, BUENO, José L. O. *et al.*, « Music, emotion, and time perception : the influence of subjective emotional valence and arousal? », in : *Frontiers in Psychology* 4.417, 2013.
- DU VERNEY, Joseph-Guichard, *Traité de l'organe de l'ouïe, contenant la structure, les Usages & les Maladies de toutes les parties de l'Oreille*, Paris : Estienne Michallet, 1683.
- DUBERTRET, Louis, « Peau », in : *Encyclopædia Universalis [En ligne]*, URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/peau/> (visité le 12/07/2022).
- DUFFY, Elizabeth, « An explanation of "emotional" phenomena without the use of the concept "emotion" », in : *The Journal of General Psychology* 25.2, 1941, p. 283-293.
- DUMONT, Annie et CALBOUR, Christian, *Voir la parole : lecture labiale, perception audiovisuelle de la parole*, Collection d'orthophonie, Paris : Masson, 2002.
- DURANTON, Nicole et GONTHIER-MAURIN, Brigitte, « Culture et handicap : une exigence démocratique », in : *Rapport d'information du Sénat* 648, 2017.
- DUTU, Liviú-Cristian, « Analyse de signaux vibrotactiles et modèles flous de la perception. Application aux interfaces tactiles pour l'automobile et l'aéronautique », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Philippe BOLON et co-encadrée par Gilles MAURIS, Université Grenoble Alpes, 2015.

- EEROLA, Tuomas et VUOSKOSKI, Jonna K., « A comparison of the discrete and dimensional models of emotion in music », in : *Psychology of Music* 39.1, 2011, p. 18-49.
- EISENBERG, Evan, *Phonographies : explorations dans le monde de l'enregistrement*, Paris : Aubier, 1988.
- EKMAN, Paul, FRIESEN, Wallace V. et ELLSWORTH, Phoebe, *Emotion in the human face. Guidelines for research and an integration of findings*, New York : Pergamon Press Inc., 1972.
- ELLIOTT, E. A. et JACOBS, A. M., « Facial Expressions, Emotions, and Sign Languages », in : *Frontiers in Psychology [Online]* 4.115, 2013, URL : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2013.00115/full> (visité le 11/03/2019).
- ELLUL, Jacques, *La Technique ou l'enjeu du siècle*, Classiques des sciences sociales, Paris : Economica, 1990.
- ENCREVÉ, Florence, *Les sourds dans la société française au XIX^e siècle. Idée de progrès et langue des signes*, Grâne : Créaphis éditions, 2012.
- « Réflexions sur le congrès de Milan et ses conséquences sur la langue des signes française à la fin du XIX^e siècle », in : *La Découverte* 2.223, 2008, p. 83-98.
- ENRIQUEZ, Mario, MACLEAN, Karon E. et CHITA, Christian, « Haptic phonemes : basic building blocks of haptic communication », in : *Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces*, Banff : Association for Computing Machinery, 2006, p. 302-309.
- ERBER, Norman P., « Auditory, Visual, and Auditory-Visual Recognition of Consonants by Children with Normal and Impaired Hearing », in : *Journal of Speech and Hearing Research* 15.2, 1972, p. 413-422.
- ERREMSI, *Le Chansigne, c'est quoi?! #PPSB - Épisode 3*, 2020, URL : <https://youtu.be/xmk2aGG89jc>.
- ESCLAPEZ, Christine et BRÉTÉCHÉ, Sylvain, « L'objet (du) musicologique. Réflexion métamusicologique », in : *Itamar. Revista de investigación musical* 6, 2020, p. 236-260.
- FAVREAU, Emmanuel, *GRM Tools Spaces. Manuel de l'Utilisateur*, version 3.7, INA GRM, 2018.
- FLETCHER, Mark D., « Can haptic stimulation enhance music perception in hearing-impaired listeners? », in : *Frontiers in Neuroscience* 15.723877, 2021.
- FLOM, Ross, GENTILE, Douglas A. et PICK, Anne D., « Infants' discrimination of happy and sad music », in : *Infant Behavior & Development* 31.4, 2008, p. 716-728.
- FONTAINE, Johnny R. J., SCHERER, Klaus R., ROESCH, Etienne B. *et al.*, « The world of emotions is not two-dimensional », in : *Psychological Science* 18.12, 2007, p. 1050-1057.
- FONTAINE, Sébastien, « Enquêter auprès des sourds. Implications éthiques, méthodologiques et statistiques de l'adaptation d'enquêtes d'opinion au public sourd », in : *Revue de la communication* 1.1, 2018, p. 1-12.

- Thèse de doctorat écrite sous la direction de Marc JACQUEMAIN, Belgique, Université de Liège, 2015.
- FOUGEYROLLAS, Patrick, *La funambule, le fil et la toile. Transformations réciproques du sens du handicap*, Société, cultures et santé, Québec : Presses de l'Université Laval, 2010.
- FOURNEY, David W. et FELS, Deborah I., « Creating access to music through visualization », in : *Proceedings of the 2009 IEEE Toronto International Conference on Science and Technology for Humanity (TIC-STH)*, Toronto : IEEE, 2009, p. 939-944.
- FRANCE CRÉATIVE, *L'économie mosaïque : 3^e Panorama des Industries Culturelles et Créatives en France*, Paris : Ernst & Young Advisory (EY), 2019.
- FRANCIS, Geoffrey, *Up and Running : a REAPER user guide v 7.08*, 2024, URL : <https://www.reaper.fm/userguide.php> (visité le 10/01/2024).
- FUENTES-SÁNCHEZ, Nieves, PASTOR, Raúl, EEROLA, Tuomas *et al.*, « Musical preference but not familiarity influences subjective ratings and psychophysiological correlates of music-induced emotions », in : *Personality and Individual Differences* 198.111828, 2022.
- GARCIA, Brigitte, « Scripturisation, grammatisation et modélisation linguistique à la lumière du cas des langues des signes », in : *Dossiers d'Histoire, Épistémologie et Langage (HEL)* 9, 2016, p. 238-253.
- GARCIA, Brigitte et DERYCKE, Marc, « Introduction », in : *Langage & société* 1.131, 2010, 5 à 17.
- GARCIA, Brigitte et PERINI, Marie, « Normes en jeu et jeu des normes dans les deux langues en présence chez les sourds locuteurs de la langue des signes française », in : *Langage & société* 1.131, 2010, 75 à 93.
- GARCÍA LÓPEZ, Álvaro, CERDÁN, Victor, ORTIZ, Tomás *et al.*, « Emotion elicitation through vibrotactile stimulation as an alternative for deaf and hard of hearing people : An EEG study », in : *Electronics* 11.2196, 2022.
- GARDOU, Charles, « Enjeux et dérives de la relation aux personnes en situation de handicap », in : *Spirale* 27, 2001, p. 125-133.
- GAUCHER, Charles, « Le corps sourd face aux réductionnismes », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 93-104.
- « Les Fondements de l'identité sourde », in : *Les Sourds : aux origines d'une identité plurielle*, sous la dir. de Charles GAUCHER et Stéphane VIBERT, Collection Diversitas 5, Bruxelles : P.I.E. Peter Lang, 2010.
- « Les sourds comme figures de tensions identitaires », in : *Anthropologie et Sociétés – Le mythe aujourd'hui* 29.2, 2005, p. 151-167.
- GAUDIN, Antoine, « Le clip comme forme d'expression musico-visuelle : pour une esthétique de la relation musique-images », in : *Volume! [En ligne]* 2.14, 2018, p. 97-110, URL : <http://journals.openedition.org/volume/5556>.

- GEFFROY, Véronique et LEROY, Élise, « La didactique de la langue des signes française : Naissance ou reconnaissance d'une discipline à part entière? », in : *TIPA. Travaux Interdisciplinaires sur la Parole et le Langage [En ligne]* 34, 2018, URL : <http://journals.openedition.org/tipa/2653>.
- GELDARD, Frank A., « Some neglected possibilities of communication », in : *Science* 131.3413, 1960, p. 1583-1588.
- « The mutability of time and space on the skin », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 77.1, 1985, p. 233-237.
- GELDARD, Frank A. et SHERRICK, Carl E., « The Cutaneous "Rabbit" : A Perceptual Illusion », in : *Science* 178.4057, 1972, p. 178-179.
- « The cutaneous saltatory area and its presumed neural basis », in : *Perception & Psychophysics* 33.4, 1983, p. 299-304.
- GELIS, Christian, STANKO, Jean, CHÉRY-CROZE, Sylviane *et al.*, *L'audition. Guide complet*, Paris : JLyons, 2012.
- GENTAZ, Édouard, « Chapitre 1. Caractéristiques générales de l'organisation anatomo-fonctionnelle de la perception cutanée et haptique », in : HATWELL, Yvette, STRERI, Arlette et GENTAZ, Édouard, *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*, Psychologie et sciences de la pensée, Paris : Presses Universitaires de France (PUF), 2000, p. 17-34.
- GESCHEIDER, G. A., BERRYHILL, M. E., VERRILLO, R. T. *et al.*, « Vibrotactile temporal summation : probability summation or neural integration? », in : *Somatosensory & Motor Research* 16, 1999, p. 229-242.
- GESCHEIDER, George A., BOLANOWSKI, Stanley J. et VERRILLO, Ronald T., « Some characteristics of tactile channels », in : *Behavioural Brain Research* 148, 2004, p. 35-40.
- GIBSON, James J., « Observations on active touch », in : *Psychological review* 69.6, 1962, p. 477-491.
- GIORDANO, M., HATTWICK, I., FRANCO, I. *et al.*, « Design and implementation of whole-body haptic suit for "Ilinx", a multisensory art installation », in : *Proceedings of the 12th Sound and Music Computing Conference*, Maynooth : Music Technology Research Group of Maynooth University, 2015, p. 169-175.
- GIORDANO, Marcello, « Vibrotactile feedback and stimulation in music performance », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Marcelo M. WANDERLEY, McGill University, 2016.
- GIORDANO, Marcello, SULLIVAN, John et WANDERLEY, Marcelo M., « Chapter 10. Design of vibrotactile feedback and stimulation for music performance », in : PAPETTI, Stefano et CHARALAMPOS, Saitis, *Musical Haptics*, Springer Series on Touch and Haptic Systems, Cham : Springer, 2018, p. 193-214.
- GIORDANO, Marcello et WANDERLEY, Marcelo M., « A learning interface for novice guitar players using vibrotactile stimulation », in : *Proceedings of the 2011 Inter-*

- national Conference on Sound and Music Computing*, Padova : Padova University Press, 2011, p. 368-374.
- GOBET, Stéphanie, « Anaphores et langues de signes, comment les enfants signants racontent », in : *Cahiers de praxématique [En ligne]* 72, 2019, URL : <http://journals.openedition.org/praxematique/5701>.
- GOBLE, A. K. et HOLLINS, M., « Vibrotactile adaptation enhances frequency discrimination », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 96.2, 1994, p. 771-780.
- GOFFMAN, Erving, *Stigmate. Les usages sociaux des handicaps*, Le sens commun, Paris : Les Éditions de Minuit, Traduit de l'anglais par Alain KIHM, 1975.
- GOHET, Patrick, *Définition de l'accessibilité. Une démarche interministérielle*, Délégation Interministérielle aux Personnes Handicapées, 2006.
- GOLD, Thomas, « Hearing. II. The Physical Basis of the Action of the Cochlea », in : *Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Royal Society of London, t. 135, 881, London : Royal Society, 1948, p. 492-498.
- GOMEZ, Patrick et DANUSER, Brigitta, « Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion », in : *Emotion* 7.2, 2007, p. 377-387.
- GONZALES, Gilbert R., « Symbol recognition produced by points of tactile stimulation : the illusion of linear continuity », in : *Mayo Clinic Proceedings* 71, 1996, p. 1039-1046.
- GOOD, Arla, REED, Maureen J. et RUSSO, Frank A., « Compensatory plasticity in the deaf brain : effects on perception on music », in : *Brain Sciences* 4.4, 2014, p. 560-574.
- GOODWIN, A. W., BROWNING, A. S. et WHEAT, H. E., « Representation of curved surfaces in responses of mechanoreceptive afferent fibers innervating the monkey's fingerpad », in : *The Journal of Neuroscience* 15, 1995, p. 798-810.
- GRANIER-DEFERRE, Carolyn et BUSNEL, Marie-Claire, « L'audition prénatale, quoi de neuf? », in : *Spirale* 3.59, 2011, p. 17-32.
- GREWE, Olivier, KOPIEZ, Reinhard et ALTENMÜLLER, Eckart, « L'évaluation des sentiments musicaux : une comparaison entre le modèle circomplexe et les inventaires d'émotions à choix forcé », in : KOLINSKY, Régine, MORAIS, José et PERETZ, Isabelle, *Musique, Langage, Émotion. Approche neuro-cognitive*, Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR), 2010, p. 49-73.
- GRONDIN, Simon, « Chapitre 7. La somesthésie », in : DELORME, André et FLÜCKIGER, Michelangelo, *Perception et réalité. Une introduction à la psychologie des perceptions*, Neurosciences & cognition, Bruxelles : De Boeck Université, 2003, p. 151-172.
- GROSSHAUSER, Tobias et HERMANN, Thomas, « Augmented haptics – An interactive feedback system for musicians », in : *Proceedings of the 2009 Haptic and Audio Interaction Design (HAID)*, Dresden : Springer, 2009, p. 100-108.
- GROVES, P. M. et THOMPSON, R. E., « Habituation : a dual-process theory », in : *Psychological Review* 77.5, 1970, p. 419-450.

- GUERRIEN, Marc, « L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales : présentation à partir d'une étude sur le Mexique », in : *Cahiers des Amériques latines* 43, 2003, p. 181-192.
- GUIDETTI, Michèle et TOURRETTE, Catherine, *Handicaps et développement psychologique de l'enfant*, 4^e éd., Collection Psycho Sup, Malakoff : Dunod, 2018.
- GUNTHER, Eric, DAVENPORT, Glorianna et O'MODHRAIN, Sile, « Cutaneous grooves : composing for the sense of touch », in : *Proceedings of the 2002 Conference on New Instruments for Musical Expression (NIME)*, Dublin : National University of Singapore, 2002, p. 37-43.
- GUNTHER, Eric et O'MODHRAIN, Sile, « Cutaneous groove : composing for the sense of touch », in : *Journal of New Music Research* 32.4, 2003, p. 369-381.
- HAANS, Antal et IJSSELSTEIJN, Wijnand A., « The virtual midas touch : helping behavior after a mediated social touch », in : *IEEE Transactions on Haptics* 2.3, 2009, p. 136-140.
- HAGE, Catherine, « 2. L'évaluation du jeune enfant sourd : la période prélinguistique », in : HAGE, Catherine, CHARLIER, Brigitte et LEYBAERT, Jacqueline, *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd*, Pratiques psychologiques, Sprimont : Mardaga, 2006, p. 54-78.
- HAMILTON, R. H. et PASCUAL-LEONE, A., « Cortical plasticity associated with Braille learning », in : *Trends in Cognitive Sciences* 2.5, 1998, p. 168-174.
- HAUER, Christian, « Une approche cognitive de la narrativité musicale », in : *Cahiers de Narratologie* 28, 30 oct. 2015, URL : <http://journals.openedition.org/narratologie/7194> (visité le 09/03/2019).
- HAYNES, Alice, LAWRY, Jonathan, KENT, Christopher *et al.*, « FeelMusic : enriching our emotive experience of music through audio-tactile mappings », in : *Multimodal Technologies and Interaction* 5.6, 2021, p. 1-21.
- HELMHOLTZ, Hermann von, *Die Lehre von den Tonempfindungen als Physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig : Vieweg, 1863.
- HELSON, H. et KING, S. M., « The tau effect : an example of psychological relativity », in : *The Journal of Experimental Psychology* 14.3, 1931, p. 202-217.
- HELSON, Harry, « The Tau effect – an Example of Psychological Relativity », in : *Science* 71.1847, 1930, p. 536-537.
- HÉNAULT-TESSIER, Mélanie, CHRISTOPHE, Thibault et NEGREL, Nathalie, « Sourds et malentendants comme publics de la musique. Le statut ambigu des technologies numériques dans une démarche d'accessibilité », in : *Tic & société* 12.2, déc. 2018, p. 75-102, URL : <http://journals.openedition.org/ticetsociete/2877>.
- HENSEN, Victor, « Zur Morphologie des Schnecke des Menschen und der Säugethiere », in : *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* 13, 1863, p. 481-512.

- HERNANDEZ YANEZ, Carmen Rosa, « Effet de masquage fréquentiel dans les vibrations du corps pour un sujet assis », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Étienne PARISSET, Lyon, Institut National des Sciences Appliquées (INSA), 2012.
- HERTENSTEIN, Matthew J. et KELTNER, Dacher, « Touch communicates distinct emotions », in : *Emotion* 6.3, 2006, p. 528-533.
- HODGES, Donald A., « Chapter 11. Psychophysiological measures », in : JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 279-311.
- HOLMES, Jessica A., « Expert Listening beyond the Limits of Hearing : Music and Deafness », in : *Journal of the American Musicological Society* 70.1, 1^{er} avr. 2017, p. 171-220, URL : <http://jams.ucpress.edu/lookup/doi/10.1525/jams.2017.70.1.171> (visité le 21/03/2019).
- HOPKINS, Carl, MATÉ-CID, Saúl, FULFORD, Robert *et al.*, « Perception and learning of relative pitch by musicians using the vibrotactile mode », in : *Musicae Scientiae* 27.1, 2023, p. 3-26.
- HOUWENAGHEL, Pénélope et RISLER, Annie, « Traduire la poésie en langue des signes : un défi pour le traducteur », in : *TIPA. Travaux Interdisciplinaires sur la Parole et le Langage [En ligne]* 34, 2018, URL : <http://journals.openedition.org/tipa/2384>.
- HUANG, Hsinfu et HSIEH, Ming-Hsuan, « Tactile emotional coding : the perceptual linking of vibrotactile stimuli with basic emotions », in : *Proceedings of the 2019 IEEE 2nd International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)*, Seoul : IEEE, 2019, p. 134-137.
- HUISMAN, Gijs, FREDERIKS, Aduén Darriba, ERP, Jan B. F. van *et al.*, « Simulating affective touch : using a vibrotactile array to generate pleasant stroking sensations », in : BELLO, Fernando, KAJIMOTO, Hiroyuki et VISELL, Yon, *Haptics : Perception, Devices, Control, and Applications. 10th International Conference, EuroHaptics 2016, London, UK, July 4-7, 2016, Proceedings, Part II*, Cham : Springer, 2016, p. 240-250.
- HUMPHRIES, Tom, *Audism : The making of a word*, Manuscrit non publié, 1975.
- HUNT, C. C., « On the nature of vibration receptors in the hind limb of the cat », in : *The Journal of Physiology* 155.1, 1961, p. 175-186.
- ILIE, Gabriela et THOMPSON, William F., « A Comparison of acoustic cues in music and speech for three dimensions of affect », in : *Music Perception* 23.4, 2006, p. 319-329.
- IMBIR, Kamil et GOŁĄB, Maria, « Affective reactions to music : Norms for 120 excerpts of modern and classical music », in : *Psychology of Music* 45.3, 2016, p. 432-449.
- ISRAR, Ali et ABNOUSI, Freddy, « Towards pleasant touch : vibrotactile grids for social touch interactions », in : *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, LBW 131, Montréal : Association for Computing Machinery, 2018, p. 1-6.

- ISRAR, Ali et POUPYREV, Ivan, « Tactile Brush : drawing on skin with a tactile grid display », in : *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Vancouver : Association for Computing Machinery, 2011, p. 2019-2028.
- IVERSEN, J. R., PATEL, A. D., NICODEMUS, B. *et al.*, « Synchronization to auditory and visual rhythms in hearings and deaf individuals », in : *Cognition* 134, 2015, p. 232-244.
- IZARD, C. E., LIBERO, D. Z., PUTNAM, P. *et al.*, « Stability of emotion experiences and their relations to traits of personality », in : *Journal of Personality and Social Psychology* 64.5, 1993, p. 847-860.
- JACK, Robert, MCPHERSON, Andrew et STOCKMAN, Tony, « Designing tactile musical devices with and for deaf users : a case study », in : *Proceedings of the International Conference on the Multimodal Experience of Music 2015*, Sheffield : The Digital Humanities Institute, 2015.
- JACQUEMARD, Catherine et LUCAS-AVENEL, Marie-Agnès, « Des poissons, des mots et des signes : les signes monastiques des noms de poissons au XI^e siècle », in : *Annales de Normandie* 62.2, 2012, p. 139-174.
- JAIN, D., FINDLATER, L., GILKESON, J. *et al.*, « Head-mounted display visualizations to support sound awareness for the deaf and hard of hearing », in : *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, Seoul : Association for Computing Machinery, 2015, p. 241-250.
- JANATA, Petr, TOMIC, Stefan T. et RAKOWSKI, Sonja K., « Characterization of music-evoked autobiographical memories », in : *Memory* 15.8, 2007, p. 845-860.
- JAY, Martin, « The rise of hermeneutics and the crisis of ocularcentrism », in : *Poetics Today* 9.2, 1988, p. 307-326.
- JOHANSSON, R. S., LUNDSTROM, U. et LUNDSTROM, R., « Responses of Mechanoreceptive Afferent Units in the Glabrous Skin of the Human Hand to Sinusoidal Skin Displacements », in : *Brain Research* 144, 1982, p. 17-25.
- JOHANSSON, Roland S. et VALLBO, Åke B., « Tactile sensibility in the human hand : relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin », in : *The Journal of Physiology* 286, 1979, p. 283-300.
- « Tactile sensory coding in the glabrous skin of the human hand », in : *Trends in Neurosciences* 6, 1983, p. 27-32.
- JOHNSON, K., « The Roles and Functions of Cutaneous Mechanoreceptors », in : *Current Opinion in Neurobiology* 11.4, 1^{er} août 2001, p. 455-461, URL : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959438800002348> (visité le 09/03/2019).
- JOSEPH, Mélanie et DMITRIEVA, Tamara, « Quels “futurs dévalidés” pour les sourd.e.s? », in : *Multitudes* 1.94, 2024, p. 141-143.
- JU, Yulan, ZHENG, Dingding, HYND, Danny *et al.*, « Haptic empathy : conveying emotional meaning through vibrotactile feedback », in : *Extended Abstracts of*

- the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Yokohama : Association for Computing Machinery, 2021, p. 1-7.
- JUNG, Y. H., YOO, J. -Y., VÁZQUEZ-GUARDADO, A. *et al.*, « A wireless haptic interface for programmable patterns of touch across large areas of the skin », in : *Nature Electronics* 5, 2022, p. 374-385.
- JUSLIN, Patrick N., LILJESTRÖM, Simon, VÄSTFJÄLL, Daniel *et al.*, « Chapter 22. How does music evoke emotions? Exploring the underlying mechanisms », in : JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 605-642.
- JUSLIN, Patrik N., *Musical emotions explained. Unlocking the secrets of musical affect*, Oxford : Oxford University Press, 2019.
- JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010.
- KACZMAREK, Kurt A., WEBSTER, John G., BACH-Y-RITA, Paul *et al.*, « Electrotactile and vibrotactile displays for sensory substitution systems », in : *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 38.1, 1991, p. 1-16.
- KARAM, Maria, NESPOLI, Gabe, RUSSO, Frank A. *et al.*, « Modelling perceptual elements of music in a vibrotactile display for deaf users : a field study », in : *Proceedings of the 2009 Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*, ACHI'09 : Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions, Cancun : IEEE, 2009, p. 249-254.
- KARAM, Maria, RUSSO, Frank A., BRANJE, Carmen *et al.*, « Towards a Model Human Cochlea : sensory substitution for crossmodal audio-tactile displays », in : *Proceedings of the Graphics Interface 2008 Conference*, Windsor : Canadian Information Processing Society, 2008, p. 267-274.
- KARAM, Maria, RUSSO, Frank A. et FELS, Deborah I., « Designing the Model Human Cochlea : an ambient crossmodal audio-tactile display », in : *IEEE Transactions on Haptics* 2.3, 2009, p. 160-169.
- KARNS, C. M., DOW, M. W. et NEVILLE, H. J., « Altered cross-modal processing in the primary auditory cortex of congenitally deaf adults : A visual-somatosensory fMRI study with a double-flash illusion », in : *The Journal of Neuroscience* 32.28, 2012, p. 9626-9638.
- KEMP, David Thomas, « Stimulated Acoustic Emissions from within the Human Auditory System », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 64.5, 1978, p. 1386-1391.
- KERBOUC'H, Sylvain, DALLE-NAZEBI, Sophie, VOLKOFF, Serge *et al.*, « "Soyez raisonnables". De l'aménagement des situations et des conditions du travail, aux stratégies professionnelles de salariés sourds », in : *Rapport de recherche du Centre d'études de l'emploi et du travail (CEET)* 110, 2022.

- KERBOURC'H, Sylvain, *Le Mouvement sourd (1970-2006). De la Langue des Signes française à la reconnaissance sociale des sourds*, Paris : L'Harmattan, 2012.
- KERN, Thorsten A., MATYSEK, Marc et SINDLINGER, Stephanie, « Chapter 9. Actuator Design », in : KERN, Thorsten A., HATZFELD, Christian et ABBASIMOSHAELI, Alireza, *Engineering Haptic Devices*, Springer Series on Touch and Haptic Systems, Cham : Springer, 2009, p. 191-312.
- KETABDAR, Hamed et POLZEHL, Tim, « Tactile and visual alerts for deaf people by mobile phones », in : *Proceedings of the 11th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Pittsburgh : Association for Computing Machinery, 2009, p. 253-254.
- KOHLER, E., KEYSERS, C., UMILTÀ, M. A. *et al.*, « Hearing Sounds, Understanding Actions : Action Representation in Mirror Neurons », in : *Science* 297, 2002, p. 846-848.
- KRUMHANS, Carol L., « An exploratory study of musical emotions and psychophysiology », in : *Canadian Journal of Experimental Psychology* 51.4, 1997, p. 336-353.
- KUHL, Patricia K. et MELTZOFF, Andrew. N., « The Bimodal Perception of Speech in Infancy », in : *Science* 218.4577, 1982, p. 1138-1141.
- L'ÉPÉE, Abbé de, *La véritable manière d'instruire les sourds et muets : confirmée par une longue expérience*, Paris : Nyon l'ainé, 1784.
- L'ÉPÉE, Charles-Michel de, *Institution des sourds et muets, par la voie des signes méthodiques*, Paris : Nyon l'ainé, 1776.
- LACASSE, Serge, « La musique pop incestueuse : une introduction à la transphonographie », in : *Circuit* 18.2, 2008, p. 11-26.
- LACHS, Lorin, PISONI, David B. et KIRK, Karen I., « Use of Audiovisual Information in Speech Perception by Prelingually Deaf Children with Cochlear Implants : A First Report », in : *Ear and Hearing* 22.3, 2001, p. 236-251.
- LADD, Paddy, *Understanding Deaf Culture : In Search of Deafhood*, Clevedon : Multilingual Matters, 2003.
- LAGET, Paul, « Somesthésie », in : *Encyclopædia Universalis [En ligne]*, URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/somesthesie/> (visité le 12/07/2022).
- LANE, Harlan, HOFFMEISTER, Robert et BAHAN, Ben, *A Journey Into the Deaf-World*, San Diego : DawnSignPress, 1996.
- LANG, P. J., « Behavioral treatment and bio-behavioral assessment », in : SIDOWSKI, J. B., JOHNSON, J. H. et WILLIAMS, T. A., *Technology in Mental Health Care Delivery Systems*, Norwood : Ablex Publishing Corporation, 1980, p. 119-167.
- LARSEN, Jeff T., BERNTSON, Gary G., POEHLMANN, Kirsten M. *et al.*, « Chapter 11. The Psychophysiology of emotion », in : LEWIS, Michael, HAVILAND-JONES, Jeannette M. et BARRETT, Lisa Feldman, *Handbook of emotions*, Third, New York : The Guilford Press, 2008, p. 180-195.
- LARSEN, Randy J. et DIENER, Ed, « Affect intensity as an individual difference characteristic : a review », in : *Journal of Research in Personality* 21.1, 1987, p. 1-39.

- LEDERMAN, S. J. et KLATZKY, R. L., « Haptic Perception : A Tutorial », in : *Attention, Perception & Psychophysics* 71.7, 1^{er} oct. 2009, p. 1439-1459, URL : <http://www.springerlink.com/index/10.3758/APP.71.7.1439> (visité le 09/03/2019).
- LEDERMAN, Susan J. et KLATSKY, Roberta L., « Hand movements : A window into haptic object recognition », in : *Cognitive Psychology* 19.3, 1987, p. 342-368.
- LEHNE, Moritz et KOELSCH, Stefan, « Toward a general psychological model of tension and suspense », in : *Frontiers in Psychology* 6, 2015.
- LEMOINE, Charlotte, « Le concept de responsivité : l'accessibilité comme moyen, la participation comme fin », in : *Alter* 12, 2018, p. 166-179.
- LENAY, C., CANU, S. et VILLON, P., « Technology and perception : the contribution of sensory substitution systems », in : *Proceedings of the 2nd International Conference on Cognitive Technology*, Aizu-Wakamatsu City : IEEE Computer Society, 1997, p. 44-53.
- LENAY, Charles, GAPENNE, Olivier, HANNETON, Sylvain *et al.*, « Chapitre 15. La substitution sensorielle : limites et perceptives », in : HATWELL, Yvette, STRERI, Arlette et GENTAZ, Édouard, *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*, Psychologie et sciences de la pensée, Paris : Presses Universitaires de France (PUF), 2000, p. 287-306.
- LES CHERCHEURS IGNORANTS, *Les recherches-actions collaboratives. Une révolution de la connaissance*, Politiques et interventions sociales, Rennes : Presses de l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP), 2015.
- LESCANNE, Emmanuel et ROBIER, Alain, « 14. Surdités brusques et fluctuantes », in : BRASNU, Daniel, AYACHE, Denis, HANS, Stéphane *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 94-99.
- LEVÄNEN, S., JOUSMÄKI, V. et HARI, R., « Vibration-induced auditory-cortex activation in congenitally deaf humans », in : *Current Biology* 8.15, 1998, p. 869-872.
- LEVÄNEN, Sari et HAMDORF, Dorothea, « Feeling Vibrations : Enhanced Tactile Sensitivity in Congenitally Deaf Humans », in : *Neuroscience Letters* 301.1, mars 2001, p. 75-77, URL : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030439400101597X> (visité le 09/03/2019).
- LEYBAERT, J., ALEGRIA, J., HAGE, C. *et al.*, « The Effect of Exposure to Phonetically Augmented Lipspeech in the Prelingual Deaf », in : CAMPBELL, R., DODD, B. et BURNHAM, D. (éds.), *Hearing By Eye II, Advances in the Psychology of Speechreading and Audio-Visual Speech*, Hove, UK : Psychology Press, 1998, p. 283-301.
- LEYBAERT, Jacqueline, BAYARD, Clémence, HUYSE, Aurélie *et al.*, « Perception multi-modale de la parole chez l'implanté cochléaire », in : *Rééducation Orthophonique* 252, 2012, p. 33-53.
- LEYBAERT, Jacqueline et COLIN, Cécile, « Le rôle des informations visuelles dans le développement du langage de l'enfant sourd muni d'un implant cochléaire », in : *Enfance* 59.3, 2007, p. 245-253.

- LINA-GRANADE, Geneviève et TRUY, Éric, « Conduite à tenir devant une surdité de l'enfant », in : *EMC - Oto-rhino-laryngologie* 2.3, 2005, p. 209-300.
- « Stratégie diagnostique et thérapeutique devant une surdité de l'enfant », in : *Journal de pédiatrie et de puériculture* 30.5-6, 2017, p. 228-248.
- LISAN, Quentin, GOLDBERG, Marcel, LAHLOU, Ghizlene *et al.*, « Prevalence of hearing loss and hearing aid use among adults in France in the CONSTANCES Study », in : *JAMA Network Open* 5.6, 2022.
- LIVINGSTONE, Steven R., MÜHLBERGER, Ralf, BROWN, Andrew R. *et al.*, « Controlling musical emotionality : an affective computational architecture for influencing musical emotions », in : *Digital Creativity* 18.1, 2007, p. 43-53.
- LIVINGSTONE, Steven Robert et THOMPSON, William Forde, « The emergence of music from the Theory of Mind », in : *Musicae Scientiae* 13.2, 2009, p. 83-115.
- LOEWENSTEIN, W. R. et MENDELSON, M., « Components of receptor adaptation in a pacinian corpuscle », in : *The Journal of Physiology* 177, 1965, p. 377-397.
- LOEWENSTEIN, W. R. et SKALAK, R., « Mechanical Transmission in a Pacinian Corpuscle. An Analysis and a Theory », in : *The Journal of Physiology* 182.2, 1^{er} jan. 1966, p. 346-378, URL : <http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.1966.sp007827> (visité le 09/03/2019).
- LÖKEN, Line S., WESSBERG, Johan, MORRISON, India *et al.*, « Coding of pleasant touch by unmyelinated afferents in humans », in : *Nature Neuroscience* 12.5, 2009, p. 547-548.
- LOOMIS, Jack M., « Tactile letter recognition under different modes of stimulus presentation », in : *Perception & Psychophysics* 16.2, 1974, p. 401-408.
- LOURENÇO, Blandine, « Monitorage des paramètres pressionnels et vasculaires cochléaires au moyen du potentiel microphonique cochléaire - Étude chez le patient », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Thierry MOM, Université Clermont Auvergne, 19 sept. 2017.
- LUNDSTRÖM, R. et JOHANSSON, R. S., « Acute impairment of the sensitivity of skin mechanoreceptive units caused by vibration exposure of the hand », in : *Ergonomics* 29, 1986, p. 687-698.
- MACLEAN, Karon et ENRIQUEZ, Mario, « Perceptual design of haptic icons », in : *Proceedings of the EuroHaptics 2003*, Dublin, 2003, p. 351-363.
- MACSWEENEY, Mairéad, CAPEK, Cheryl M., CAMPBELL, Ruth *et al.*, « The Signing Brain : The Neurobiology of Sign Language », in : *Trends in Cognitive Sciences* 12.11, nov. 2008, p. 432-440, URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661308002192> (visité le 09/03/2019).
- MAIRE, Catherine, « Les querelles jansénistes de la décennie 1730-1740 », in : *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie [En ligne]* 38, 2005, URL : <http://journals.openedition.org/rde/297>.

- MAISONNEUVE, Sophie, « L'industrie phonographique et la patrimonialisation de la musique dans la première moitié du XX^e siècle », in : *Le Temps des médias* 1.22, 2014, p. 77-91.
- MANCINI, Flavia, BAULEO, Armando, COLE, Jonathan *et al.*, « Whole-body mapping of spatial acuity for pain and touch », in : *Annals of Neurology* 75.6, 2014, p. 917-924.
- MANDIL, Cynthia, « Informations vibrotactiles pour l'aide à la navigation et la gestion des contacts avec l'environnement », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Nicolas BENGUIGUI et co-encadrée par Laure LEJEUNE, Caen, Université de Caen Normandie, 2017.
- MARLAUD, Sarah, « Les langues artificielles sont-elles des langues? Étude contrastive de l'espéranto et de la caractéristique universelle », in : *Syntaxe et sémantique* 1.14, 2013, p. 85-117.
- MARTIN, Christian et TRUY, Éric, « 22. Réhabilitation prothétique de l'audition chez l'adulte. De la prothèse conventionnelle aux implants », in : BRASNU, Daniel, AYACHE, Denis, HANS, Stéphane *et al.*, *Traité d'ORL*, Collection Traités, Paris : Médecine-Sciences - Flammarion, 2008, p. 153-164.
- MAS-HERRERO, Ernest, MARCO-PALLARES, Josep, LORENZO-SEVA, Urbano *et al.*, « Individual differences in music reward experiences », in : *Music Perception* 31.1, 2013, p. 118-138.
- MATTHEWS, Tara, FONG, Janette et MANKOFF, Jennifer, « Visualizing non-speech sounds for the deaf », in : *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, Baltimore : Association for Computing Machinery, 2005, p. 52-59.
- MATTHIJS, Liesbeth, LOOTS, Gerrit, MOUVET, Kimberley *et al.*, « First Information Parents Receive After UNHS Detection of Their Baby's Hearing Loss », in : *Journal of Deaf Studies and Deaf Education* 17.4, 2012, p. 387-401.
- MAZZONI, Antonella et BRYAN-KINNS, Nick, « Mood Glove : A haptic wearable prototype system to enhance mood music in film », in : *Entertainment Computing* 17, 2016, p. 9-17.
- MCGLONE, Francis et REILLY, David, « The cutaneous sensory system », in : *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 34, 2010, p. 148-159.
- MCGLONE, Francis, VALLBO, Åke B., OLAUSSON, Hakan *et al.*, « Discriminative touch and emotional touch », in : *Canadian Journal of Experimental Psychology* 61.3, 2007, p. 173-183.
- MCGLONE, Francis, WESSBERG, Johan et OLAUSSON, Håkan, « Discriminative and affective touch : sensing and feeling », in : *Neuron* 82.4, 2014, p. 737-755.
- MCGURK, Harry et MACDONALD, John, « Hearing Lips and Seeing Voices », in : *Nature* 264.1976, 1976, p. 746-748.
- MÉLONI, Jean-Paul, « Entre ombre et lumière : la rave », in : *Le Portique. Revue de philosophie et de sciences humaines [En ligne]* 10, 2002.

- MENG, F., HO, C., GRAY, R. *et al.*, « Dynamic vibrotactile warning signals for frontal collision avoidance : towards the torso versus towards the head », in : *Ergonomics* 58.3, 2015, p. 411-425.
- MERABET, Lotfi B. et PASCUAL-LEONE, Alvaro, « Neural reorganization following sensory loss : the opportunity of change », in : *Nature Reviews Neuroscience* 11.1, 2010, p. 44-52.
- MERCHEL, Sebastian et ALTINSOY, Ercan M., « Auditory-tactile music perception », in : *The Journal of the Acoustical Society of America* 133.5, 2013, p. 3256.
- MERCIER, Floriane, *Pour un enseignement artistique accessible. Danse, musique, théâtre. Guide pratique*, Culture et Handicap, Paris : Ministère de la Culture, 2020.
- MERCIER, Michel, « 6. Identité de la personne handicapée dans une société qui vise l'intégration », in : MERCIER, Michel (dir.), *L'identité handicapée*, Psychologie, Namur : Presses Universitaires de Namur, 2004.
- MERLEAU-PONTY, Maurice, *Phénoménologie de la perception*, Paris : Gallimard, 1945.
- MERLIER, Bertrand, *Vocabulaire de l'espace en musiques électroacoustiques*, Musique / Pédagogie, Sampzon : Éditions Delatour France, 2006.
- MEURANT, Laurence, *Le Regard en langue des signes. Anaphore en langue des signes française de Belgique (LSFB) : morphologie, syntaxe, énonciation*, Rivages linguistiques, Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR) et Namur (PUN), 2008.
- MEYER, Leonard B., *Emotion and meaning in music*, Chicago : University of Chicago Press, 1956.
- MEYNARD, André, *Quand les mains prennent la parole. Dimension désirante et gestuel*, Ramonville-Saint-Agne : Érès, 1995.
- *Soigner la surdité et faire taire les Sourds. Essai sur la médicalisation du Sourd et de sa parole*, Reliance, Toulouse : Érès, 2010.
- MILLET, Agnès, « La Langue des signes française (LSF) : une langue iconique et spatiale méconnue », in : *Cahiers de l'APLIUT* 23.2, 2004, p. 31-44.
- MILLET, Agnès et KOBYLANSKI, Marion, *LSF grammaire pratique. Comprendre, enseigner, apprendre*, Langues, gestes, paroles, Grenoble : Université Grenoble Alpes Éditions, 2023.
- MILLS, Mara, « Deaf Jam : From Inscription to Reproduction to Information », in : *Social Text* 28.1, 2010, p. 35-58.
- MINAIRE, Pierre et CHERPIN, Jean, « Handicaps et handicapés : pour une classification fonctionnelle », in : *Cahiers Médicaux Lyonnais* 52.2, 1976, p. 479-480.
- MINOT, Anne, *Accessibilité et spectacle vivant. Guide pratique*, Culture et Handicap, Paris : Ministère de la Culture et de la Communication, 2009.
- MOELLER, Mary Pat, « Early Intervention and Language Development in Children who are Deaf and Hard of Hearing », in : *Pediatrics [Online]* 106.3, 2000, URL : <https://pediatrics.aappublications.org/content/106/3/e43> (visité le 02/03/2020).

- MONDAIN, Michel, BLANCHET, Catherine, VENAIL, Frédéric *et al.*, « Classification et traitement des surdités de l'enfant », in : *EMC - Oto-rhino-laryngologie* 2.3, 2005, p. 301-319.
- MOODY, B., VOURC'H, A., GIROD, M. *et al.*, *La Langue des signes – Tome 1 : histoire et grammaire*, Paris : Éditions International Visual Theatre (IVT), 1998.
- MORLEY, John W. et ROWE, Mark J., « Perceived pitch of vibrotactile stimuli : effects of vibration amplitude, and implications for vibration frequency coding », in : *The Journal of Physiology* 431.1, 1990, p. 403-416.
- MOSHOURAB, Rabih, BÉGAY, Valérie, WETZEL, Christiane *et al.*, « Congenital Deafness Is Associated with Specific Somatosensory Deficits in Adolescents », in : *Scientific Reports* 7.1, déc. 2017, URL : <http://www.nature.com/articles/s41598-017-04074-0> (visité le 09/03/2019).
- MOTTEZ, Bernard, « Aspects de la culture Sourde », in : *Santé mentale : L'œil écoute* 85, 1985, p. 33-36.
- *Les Sourds existent-ils ?*, La Philosophie en commun, Paris : L'Harmattan, 2006.
- MOUSSARD, Aline, ROCHETTE, Françoise et BIGAND, Emmanuel, « La musique comme outil de stimulation cognitive », in : *L'Année Psychologique* 112.3, 2012, p. 499-542.
- NANAYAKKARA, Suranga, TAYLOR, Elizabeth, WYSE, Lonce *et al.*, « An enhanced musical experience for the deaf : Design and evaluation of a music display and a haptic chair », in : *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston : Association for Computing Machinery, 2009, p. 337-346.
- NANCHEN, Benjamin, RULLAC, Stéphane, FRAGNIÈRE, Emmanuel *et al.*, « Innover avec et pour les personnes en situation de handicap. Vers une approche transdisciplinaire de co-innovation », in : *Alter* 17.4, 2023, p. 69-84.
- NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, *Guidelines on communicating informed consent for individuals who are deaf or hard-of-hearing and scientists*, 2019, URL : <https://www.nih.gov/health-information/nih-clinical-research-trials-you/guidelines-communicating-informed-consent-individuals-who-are-deaf-or-hard-hearing-scientists> (visité le 26/10/2023).
- NATIONS UNIES, *Observation générale No.21 : Droit de chacun de participer à la vie culturelle (Article 15, paragraphe 1.a)*, Comité des droits économiques, sociaux et culturels, 2009.
- NEUHAUS, W., « Experimentelle Untersuchung der Scheinbewegung », in : *Archiv für die Gesamte Psychologie* 75, 1930, p. 315-458.
- NEVILLE, H. J. et LAWSON, D., « Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task : an event-related potential and behavioral study. II. Congenitally deaf adults », in : *Brain Research* 405.2, 1987, p. 268-283.
- NICHOLLS, Gaye H. et LING, Daniel, « Cued Speech and the Reception of Spoken Language », in : *Journal of Speech and Hearing Research* 25.2, 1982, p. 262-269.

- NIEMEYER, W. et STARLINGER, I., « Do the blind hear better? Investigations on auditory processing in congenital or early acquired blindness. II. Central functions », in : *Audiology* 20.6, 1981, p. 510-515.
- NINEUIL, Clémence, « Neuropsychologie des émotions et de la mémoire musicale dans l'épilepsie du lobe temporal », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Séverine SAMSON et de Delphine DELLACHERIE, Lille, Université de Lille, 2022.
- NINEUIL, Clémence, DELLACHERIE, Delphine et SAMSON, Séverine, « French adaptation of a film music stimulus set : Normative emotional ratings of valence and arousal prompted by music excerpts », in : *Psychology of Music* 50.5, 2022, p. 1707-1715.
- NOVERRE, Jean Georges, *Lettres sur la danse, et sur les ballets*, Lyon : Aimé Delaroche, 1760.
- NYKLÍČEK, Ivan, THAYER, Julian F. et DOORNEN, Lorenz J. P. van, « Cardiorespiratory differentiation of musically-induced emotions », in : *Journal of Psychophysiology* 11.4, 1997, p. 304-321.
- OATLEY, Keith, *Best laid schemes. The psychology of emotions*, Cambridge : Cambridge University Press, 1992.
- OGAWA, H., « The Merkel cell as a possible mechanoreceptor cell », in : *Progress in Neurobiology* 49.4, 1996, p. 317-334.
- OMS, *Classification internationale des handicaps : déficiences, incapacités et désavantages*, Paris : CTNERHI - INSERM, 1988, URL : https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41005/9782877100205_fre.pdf;sequence=1.
- OSGOOD, Charles E., SUCI, George J. et TANNENBAUM, Percy H., *The Measurement of meaning*, Urbana : University of Illinois Press, 1957.
- PADDEN, Carol et HUMPHRIES, Tom, *Inside Deaf Culture*, Cambridge : Harvard University Press, 2005.
- PAPETTI, Stefano et CHARALAMPOS, Saitis, *Musical Haptics*, Springer Series on Touch and Haptic Systems, Cham : Springer, 2018.
- PARÉ, Ambroise, *Des monstres et prodiges. Édition de Michel Jeanneret*, Folio classique, Paris : Gallimard, 2015.
- PARK, Jaeyoung, KIM, Jaeha et TAN, Hong Z., « Rendering moving tactile stroke on the palm using a sparse 2D array », in : *Haptics : Perception, Devices, Control and Applications*, London : Springer, 2016, p. 47-56.
- PATÉ, Arthur, D'ALESSANDRO, Nicolas, GRÉCIET, Audrey *et al.*, « TOuch ThE Music : Displaying live music into vibration », in : *Haptic and Audio Interaction Design*, London : Springer, 2022, p. 3-13.
- PATÍÑO-LAKATOS, Gabriela, NAVARRET, Benoît et GENEVOIS, Hugues, « Paradigmes et expériences pour une sémiotisation des sensations vibrotactiles », in : *Alter* 13.3, 2019, p. 155-167.

- PAULHUS, Delroy L. et VAZIRE, Simine, « Chapter 13. The Self-report method », in : ROBINS, Richard W., FRALEY, Chris R. et KRUEGER, Robert F., *Handbook of research methods in personality psychology*, New York : The Guilford Press, 2007, p. 224-239.
- PEIRCE, Charles Sanders, *Écrits sur le signe*, Rassemblés, traduits en français et commentés par Gérard DELEDALLE, Paris : Seuil, 1978.
- PÉQUIGNOT, Julien, « Clip et discours : pragmatique de l'énonciation », in : *Volume! [En ligne]* 2.14, 2018, p. 111-124, URL : <http://journals.openedition.org/volume/5572>.
- PÉRIAUX, Bergame, OHL, Jean-Luc et THÉVENOT, Patrick, *Le Son multicanal. De la production à la diffusion du son 5.1, 3D et binaural*, Paris : Dunod, 2015.
- PERRAUDEAU, Sandrine, « La Texture en musique : sa contribution pour la composition, l'apprentissage de la musique et ses effets sur la perception et la cognition des enfants sourds implantés », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Philippe LALITTE et d'Emmanuel BIGAND, Dijon, Université de Bourgogne Franche-Comté, 2019.
- PERREAULT, Stéphane-D., « Diverses lectures de l'histoire sourde au Québec », in : *Les Sourds : aux origines d'une identité plurielle*, sous la dir. de Charles GAUCHER et Stéphane VIBERT, Collection Diversitas 5, Bruxelles : P.I.E. Peter Lang, 2010, p. 35-40.
- PETERS, Ryan M., HACKEMAN, Erik et GOLDREICH, Daniel, « Diminutive Digits Discern Delicate Details : Fingertip Size and the Sex Difference in Tactile Spatial Acuity », in : *The Journal of Neuroscience* 29.50, 2009, p. 15756-15761.
- PETRY, Benjamin, HUBER, Jochen et NANAYAKKARA, Suranga, « Scaffolding the music listening and music making experience for the deaf », in : HUBER, Jochen, SHILKROT, Roy, MAES, Pattie *et al.*, *Assistive Augmentation*, Springer Series on Cognitive Science and Technology, Singapore : Springer, 2018, p. 23-48.
- PETRY, Benjamin, ILLANDARA, Thavishi et NANAYAKKARA, Suranga, « MuSS-Bits : Sensor-display blocks for deaf people to explore musical sounds », in : *Proceedings of the 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction*, Launceston : Association for Computing Machinery, 2016, p. 72-80.
- PISONI, David B., « 20. Speech Perception in Deaf Children with Cochlear Implants », in : PISONI, David B. et REMEZ, Robert E. (éds.), *The Handbook of Speech Perception*, Blackwell handbooks in linguistics, Malden : Blackwell Publishing, 2005.
- PLAISANCE, Éric, « Culture et handicap. Les enjeux de l'accessibilité à la culture », in : ZAFFRAN, Joël, *Accessibilité et handicap. Anciennes pratiques, nouvel enjeu*, Handicap, vieillissement, société, Fontaine : Presses Universitaires de Grenoble (PUG), 2015, p. 71-89.
- PLANTON, Samuel et DÉMONET, Jean-François, « Neurophysiologie du langage : apports de la neuro-imagerie et état des connaissances », in : *Revue de Neuropsychologie* 4.4, 2012, 255 à 266.

- POIZAT, Michel, *La Voix sourde. La société face à la surdité*, Paris : Éditions Métailié, 1996.
- POTTE-BONNEVILLE, Laurence, « La Scène des sourds », in : *Vacarme* 2.2, 1997, p. 47-49.
- PRESSNITZER, Daniel, MCADAMS, Stephen, WINSBERG, Suzanne *et al.*, « Tension et rugosité dans la musique non-tonale », in : *JIM : Journées d'Informatique Musicale*, Île de Tatihou, France, 1996, URL : <https://hal.science/hal-01105455/>.
- PURVES, D., AUGUSTIN, G. J., FITZPATRICK, D. *et al.*, *Neuroscience*, 6^e éd., Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2019.
- RAHAOUI, Rachid, « La Techno, entre contestation et normalisation », in : *Volume! [En ligne]* 4.2, 2005, p. 89-98.
- RANNOU, Pauline, « Sociolinguistique de la surdité, didactisation de la pluralité linguistique. Parcours de parents entendants en France et regards croisés sur la scolarisation des élèves sourds : France - État-Unis », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Gudrun LEDEGEN et Ye WANG, Rennes, Université Rennes 2, 2018.
- RANTALA, Jussi, SALMINEN, Katri, RAISAMO, Roope *et al.*, « Touch gestures in communicating emotional intention via vibrotactile stimulation », in : *International Journal of Human-Computer Studies* 71.6, 2013, p. 679-690.
- RAVAUD, Jean-François et STIKER, Henri-Jacques, « Les modèles de l'inclusion et de l'exclusion à l'épreuve du handicap. 1^{re} partie : les processus sociaux fondamentaux d'exclusion et d'inclusion », in : *Handicap. Revue de sciences humaines et sociales* 86, 2000, p. 1-18.
- REMACHE-VINUEZA, Byron, TRUJILLO-LÉON, Andrés, CLIM, Maria-Alena *et al.*, « Mapping monophonic MIDI tracks to vibrotactile stimuli using tactile illusions », in : *Haptic and Audio Interaction Design*, London : Springer, 2022, p. 115-124.
- REMACHE-VINUEZA, Byron, TRUJILLO-LÉON, Andrés, ZAPATA, Mireya *et al.*, « Audio-tactile rendering : A review on technology and methods to convey musical information through the sense of touch », in : *Sensors* 21.19, 2021, p. 6575.
- RICHARDS, Claire, « Wearable sound : integrative design for hearing and feeling vibrations », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Nicolas MISDARIIS et de Roland CAHEN, Paris, Sorbonne Université, 2023.
- RIOUAL, Octavia, « De la musique dans le monde sourd à l'ère du numérique. Étude des nouveaux modes de diffusion et des nouvelles pratiques artistiques en Europe et en Amérique du Nord au XXI^e siècle », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Bruno BOSSIS, Antoine BONNET et Marion BLONDEL, Rennes, Université Rennes 2, 2022.
- RISLER, Annie, « Changer de regard et de discours sur la langue des signes française », in : *Travaux Interdisciplinaires sur la Parole et le Langage (TIPA) [En ligne]* 34, 2018, URL : <http://journals.openedition.org/tipa/2553>.
- « Expression du déplacement dans les langues signées : comment parler d'espace dans une langue spatiale? », in : *Faits de Langues* 42.1, 2013.

- RIZZOLATTI, Giacomo et SINIGAGLIA, Corrado, *Mirrors in the Brain : How Our Minds Share Actions, Emotions, and Experience*, Milan : Raffaello Cortina, 2006.
- « The Functional Role of the Parieto-Frontal Mirror Circuit : Interpretations and Misinterpretations », in : *Nature Reviews Neuroscience* 11.4, avr. 2010, p. 264-274, URL : <http://www.nature.com/articles/nrn2805> (visité le 09/03/2019).
- ROSSI, Jérôme, *L'Analyse de la musique de film : histoire, concepts et méthodes*, Lyon : Symétrie, 2021.
- ROUGET, Gilbert, « L'efficacité musculaire : musiquer pour survivre. Le cas des Pygmées », in : *L'Homme* 171-172, 2004, p. 27-52.
- ROUSSELOT, Mathias, « Interpréter et improviser. Regard herméneutique et esthétique sur l'exécution musicale », in : *Déméter [En ligne]*, 2016, URL : <https://demeter.univ-lille.fr>.
- RUSSEL, James A., « A circumplex model of affect », in : *Journal of Personality and Social Psychology* 39.6, 1980, p. 1161-1178.
- SACHS Matthew, R., DAMASIO, Antonio et HABIBI, Assal, « The pleasures of sad music : a systematic review », in : *Frontiers in Human Neuroscience* 9.404, 2015.
- SAINT-LOUP, Aude de, « Les sourds-muets au Moyen Âge, mille ans de signes oubliés », in : *Le pouvoir des signes. Catalogue d'exposition de l'INJS*, 1989, p. 11-19.
- SAINZ-DE-BARANDA ANDUJAR, Clara, GUTIÉRREZ-MARTÍN, Laura, MIRANDA-CALERO, José Ángel *et al.*, « Gender biases in the training methods of affective computing : Redesign and validation of the Self-Assessment Manikin in measuring emotions via audiovisual clips », in : *Frontiers in Psychology* 13.955530, 2022.
- SALIBA, Joe, LORENZO-SEVA, Urbano, MARCO-PALLARES, Josep *et al.*, « French validation of the Barcelona Music Reward Questionnaire », in : *PeerJ [Online]* 4 :e1760, 2016, URL : <https://peerj.com/articles/1760/>.
- SALLANDRE, Marie-Anne, « Va et vient de l'iconicité en langue des signes française », in : *Acquisition et Interaction en Langue Étrangère (AILE) [En ligne]* 15, 2001, URL : <https://journals.openedition.org/aile/1405>.
- SALMET, Ariane, *Guide pratique de l'accessibilité*, Culture et Handicap, Paris : Ministère de la Culture et de la Communication, 2007.
- SALMINEN, Katri, RANTALA, Jussi, LAITINEN, Pauli *et al.*, « Emotional responses to haptic stimuli in laboratory versus travelling by bus contexts », in : *Proceedings of the 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops (ACII 2009)*, Amsterdam : IEEE, 2009, p. 1-7.
- SALMINEN, Katri, SURAKKA, Veikko, LYLKANGAS, Jani *et al.*, « Emotional and behavioral responses to haptic stimulation », in : *Proceedings of the 2008 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Florence : Association for Computing Machinery, 2008, p. 1555-1562.
- SANCHEZ, Jésus, « Rendre accessible », in : POIZAT, Denis et GARDOU, Charles, *Désinsulariser le handicap*, Connaissances de la diversité, Paris : Érès, 2007, p. 191-197.

- SATO, M., « Response of pacinian corpuscles to sinusoidal vibration », in : *The Journal of Physiology* 159, 1961, p. 391-409.
- SCHÄFER, Thomas, SEDLMEIER, Peter, STÄDTLER, Christine *et al.*, « The psychological functions of music listening », in : *Frontiers in Psychology* 4.511, 2013.
- SCHETRIT, Olivier, « Dépasser la violence par la création? », in : *Anthrovision* 1.2, 9 avr. 2013, URL : <http://journals.openedition.org/anthrovision/index.html/569> (visité le 11/03/2019).
- SCHIMMACK, Ulrich et GROB, Alexander, « Dimensional models of core affect : a quantitative comparison by means of structural equation modeling », in : *European Journal of Personality* 14.4, 2000, p. 325-345.
- SCHMERBER, Sébastien et QUATRE, Raphaële, « 10. Conduction osseuse », in : TRUY, Éric, LESCANNE, Emmanuel, LOUNDON, Natalie *et al.*, *Surdités. Actualités, innovations et espoirs. Rapport 2018 de la Société française d'ORL et de chirurgie cervico-faciale*, Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2018, p. 163-170.
- SCHMITT, Florent et SCHMITT, Pierre, « Art, politique et langue des signes / Chink : chantier de création sonore et visuelle, Strasbourg, 28 novembre 2009 », in : *Inter* 108, 2011, p. 52-55.
- SCHMITT, Pierre, « De la musique et des sourds », in : *Musiques – contextes – savoirs, Perspectives interdisciplinaires sur la musique*, sous la dir. de T. BACHIR-LOOPUYT, S. IGLESIAS, A. LANGENBRUCH *et al.*, Francfort-sur-le-Main : Peter Lang, 2012.
- « Les Survivants : l'interaction sourds/entendants, enjeu des créations en langue des signes? », in : *Synergies France* 8, 2011, p. 105-112.
- « Points de vue “etic” et “emic” pour la description de la surdité », in : *Alter* 6.3, juill. 2012, p. 201-211, URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1875067212000533> (visité le 09/03/2019).
- « Sciences sociales, sourds et langue des signes : d'un champ d'expérience-s à un champ d'étude », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 4.64, 2013, p. 15-28.
- « Sciences sociales, sourds et langue des signes : d'un champ d'expérience-s à un champ d'étude », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 15-28.
- « Signes d'ouverture. Contributions à une anthropologie des pratiques artistiques en langue des signes », Thèse de doctorat écrite sous la direction de Brigitte DERLON, Paris, EHESS, 2020.
- « Une langue en situation de handicap. Les sourds et la langue des signes face à la catégorie du handicap », in : *Émulations – Revue de sciences sociales* 8, 2011, p. 57-70.
- SCHMITZ, Anastasia, HOLLOWAY, Catherine et CHO, Youngjun, « Hearing through vibrations : perception of musical emotions by profoundly deaf people », in : *arXiv :2012* 13265, 2020, p. 1-17.

- SCHULL, Thomas et CRAIN, Kelly Lamar, « 2. Fundamental principles of Cued Speech and Cued Language », in : LASASSO, Carol, CRAIN, Kelly Lamar et LEYBAERT, Jacqueline (éds.), *Cued Speech and Cued Language for Deaf and Hard of Hearing Children*, San Diego : Plural Publishing, 2010, p. 27-51.
- SHANNON, Robert V., « Understanding Hearing Through Deafness », in : *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 104.17, 2007, p. 6883-6884.
- SHARP, Andréanne, BACON, B. A. et CHAMPOUX, F., « Enhanced tactile identification of musical emotion in the deaf », in : *Experimental Brain Research* 238.5, 2020, p. 1229-1236.
- SHERRICK, Carl E. et ROGERS, Ronald, « Apparent haptic movement », in : *Perception & Psychophysics* 1, 1966, p. 175-180.
- SHERRINGTON, Charles Scott, *The Integrative Action of the Nervous System*, Cambridge : Cambridge University Press, 1906.
- SONG, Yading, DIXON, Simon, PEARCE, Marcus T. *et al.*, « Perceived and induced emotion responses to popular music : categorical and dimensional models », in : *Music Perception* 33.4, 2016, p. 472-492.
- SOPHYS-VÉRET, Sandrine, « L'accessibilité à la culture comme vecteur d'un renouvellement des pratiques institutionnelles », in : ZAFFRAN, Joël, *Accessibilité et handicap. Anciennes pratiques, nouvel enjeu*, Handicap, vieillissement, société, Fontaine : Presses Universitaires de Grenoble (PUG), 2015, p. 91-106.
- STERNE, Jonathan, *MP3. Économie politique de la compression*, trad. de l'anglais par Maxime BOIDY et Alexis ZIMMER, Paris : La Rue Musicale, 2018.
- *The Audible Past. Cultural Origins of Sound Reproduction*, Durham : Duke University Press, 2003.
- STEVENS, J. C. et PATTERSON, M. Q., « Dimensions of spatial acuity in the touch sense : changes over the life span », in : *Somatosensory & motor research* 12.1, 1995, p. 29-47.
- STEVENS, Stanley S., « Tactile vibration : Change of exponent with frequency », in : *Perception & Psychophysics* 3.3, 1968, p. 223-228.
- STIKER, Henri-Jacques, *Corps infirmes et sociétés. Essais d'anthropologie historique*, 3^e éd., IDEM, Paris : Dunod, 2013.
- *La Condition handicapée*, Handicap, Vieillesse, Société, Fontaine : Presses Universitaires de Grenoble (PUG), 2017.
- STOKOE, William C., « Sign Language Structure : An Outline of the Visual Communication Systems of the American Deaf », in : *Studies in linguistics, Occasional Papers* 8, 1960.
- STRAW, Will, « Le clip vidéo et ses contextes : 30 ans plus tard », in : *Volume! [En ligne]* 2.14, 2018, p. 187-192, URL : <http://journals.openedition.org/volume/5589>.

- STRERI, Arlette, « Chapitre 3. Exploration manuelle et perception tactile chez le nourrisson », in : HATWELL, Yvette, STRERI, Arlette et GENTAZ, Édouard, *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*, Psychologie et sciences de la pensée, Paris : Presses Universitaires de France (PUF), 2000, p. 51-70.
- SUMBY, W. H. et POLLACK, Irwin, « Visual Contribution to Speech Intelligibility in Noise », in : *The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)* 26.2, 1953, p. 212-215.
- SUMMERS, Ian R., « Transfert d'informations à travers la peau : limites et possibilités », in : *Les Cahiers de l'Audition* 13, 2000, p. 34-37.
- SUTO, Yoji, « The Effect of space on time estimation (S-Effect) in tactual space (1) », in : *The Japanese Journal of Psychology* 22.3, 1952, p. 189-201.
- TACHDJIAN, Gérard, BRISSET, Sophie, COURTOT, Anne-Marie *et al.*, « Chapitre 6. Peau et annexes cutanées », in : *Embryologie et histologie humaines*, Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2016, p. 121-142.
- TERNES, David et MACLEAN, Karon E., « Designing large sets of haptic icons with rhythm », in : *Proceedings of the EuroHaptics 2008*, Madrid : Ferre, Manuel, 2008, p. 199-208.
- THAYER, Robert E., *The Biopsychology of mood and arousal*, Oxford : Oxford University Press, 1980.
- THIELLAY, Jean-Philippe, *Rapport d'activité 2021*, Paris : Centre National de la Musique (CNM), 2022.
- TIMMERMANS, Nina, *Le statut des langues des signes en Europe*, Intégration des personnes handicapées, Strasbourg : Éditions du Conseil de l'Europe, 2005.
- TOURNADRE, Nicolas et HAMM, Mélanie, « Une approche typologique de la langue des signes française », in : *Travaux Interdisciplinaires sur la Parole et le Langage (TIPA) [En ligne]* 34, 2018, URL : <http://journals.openedition.org/tipa/2568>.
- TRAMBLAY, Stéphanie et LOISELLE, Catherine, « Handicap, éducation et inclusion : perspective sociologique », in : *Éducation et francophonie* 44.1, 2016, p. 9-23.
- TRANCHANT, Pauline, SHIELL, Martha M., GIORDANO, Marcello *et al.*, « Feeling the Beat : Bouncing Synchronization to Vibrotactile Music in Hearing and Early Deaf People », in : *Frontiers in Neuroscience* 11, 12 sept. 2017, URL : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2017.00507/full> (visité le 09/03/2019).
- TRAUBE, Caroline, « Quelle place pour la science au sein de la musicologie aujourd'hui? », in : *Circuit. Musiques contemporaines* 24.2, 2014, p. 41-49.
- TREZEK, Beverly J., « Cued Speech and the Development of Reading in English : Examining the Evidence », in : *Journal of Deaf Studies and Deaf Education* 22.4, 2017, p. 349-364.
- TRUFFAUT, Bernard, « Étienne de Fay », in : *Cahiers de l'histoire des sourds* 3-4-5, 1990.

- TURCHET, Luca, WEST, Travis et WANDERLEY, Marcelo M., « Touching the audience : musical haptic wearables for augmented and participatory live music performances », in : *Personal and Ubiquitous Computing* 25.4, 2021, p. 749-769.
- VALADE, Rémi, *Études sur la lexicologie et la grammaire du langage naturel des signes*, Paris : Librairie Philosophique de Ladrangue, 1854.
- VALLBO, Å. B. et HAGBARTH, K. -E., « Activity from skin mechanoreceptors recorded percutaneously in awake human subjects », in : *Experimental Neurology* 21.3, 1968, p. 270-289.
- VALLBO, Åke B., LÖKEN, Line et WESSBERG, Johan, « Chapter 1. Sensual Touch : A Slow Touch System Revealed with Microneurography », in : OLAUSSON, Håkan, WESSBERG, Johan, MORRISON, India *et al.*, *Affective Touch and the Neurophysiology of CT Afferents*, New York : Springer Science, 2016, p. 1-30.
- VAN ERP, Jan B. F., VAN VEEN, Hendrik A. H. C. et JANSEN, Chris, « Waypoint navigation with a vibrotactile waist belt », in : *ACM Transactions on Applied Perception* 2.2, 2005, p. 106-117.
- VANOYEN-WITVLIET, Charlotte et VRANA, Scott R., « Psychophysiological responses as indices of affective dimensions », in : *Psychophysiology* 32.5, 1995, p. 436-443.
- VÄSTFJÄLL, Daniel, « Chapter 10. Indirect, perceptual, cognitive, and behavioural measures », in : JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 255-277.
- VEGA-BERMUDEZ, F., JOHNSON, K. O. et HSIAO, S. S., « Human tactile pattern recognition : active versus passive touch, velocity effects, and patterns of confusion », in : *Journal of Neurophysiology* 65.3, 1991, p. 531-546.
- VERHAEGEN, Étienne, « Des biens communs au commun », in : *Les politiques sociales* 1.1-2, 2018, p. 19-33.
- VERRILLO, Ronald T., « Vibration Sensation in Humans », in : *Music Perception : An Interdisciplinary Journal* 9.3, avr. 1992, p. 281-302, URL : <http://mp.ucpress.edu/cgi/doi/10.2307/40285553> (visité le 09/03/2019).
- VERRILLO, Ronald T. et GESCHIEDER, George A., « Enhancement and Summation in the Perception of Two Successive Vibrotactile Stimuli », in : *Perception & Psychophysics* 18.2, mars 1975, p. 128-136, URL : <http://www.springerlink.com/index/10.3758/BF03204100> (visité le 09/03/2019).
- VERSACE, R., BROUILLET, D. et VALLET, G., *Cognition incarnée : une cognition située et projetée*, Bruxelles : Mardaga, 2018.
- VIALLEFOND, Magalie, LÉPINAY, Adeline de, CRESPI, Catherine *et al.*, « L'accès des personnes handicapées aux pratiques musicales : vers la mise en réseau des professionnels », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 4.48, 2009, p. 291-300.

- VIAUD-DELMON, Isabelle et CHAPOUTHIER, Georges, « Qu'est-ce qu'une émotion? Introduction au volume », in : *Intellectica* 79.2, 2023, p. 9-17.
- VIEILLARD, Sandrine, PERETZ, Isabelle, GOSSELIN, Nathalie *et al.*, « Happy, sad, scary and peaceful musical excerpts for research on emotions », in : *Cognition and Emotion* 22.4, 2008, p. 720-752.
- VILLE, Isabelle, FILLION, Emmanuelle et RAVAUD, Jean-François, *Introduction à la sociologie du handicap. Histoire, politiques et expérience*, Ouvertures politiques, Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2014.
- VILLECHEVROLLE, Mathilde, « L'Histoire des Sourds est un sport de combat. Réflexions sur l'écriture de l'histoire des sourds depuis le XIX^e siècle », in : *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation* 64, 2013, p. 41-52.
- VIROLE, Benoît, « 4. La perception auditive », in : *Psychologie de la surdité*, Paris : De Boeck Supérieur, 2006, p. 69-84.
- « 7. Réhabilitation audiophonologique », in : *Psychologie de la surdité*, Paris : De Boeck Supérieur, 2006, p. 139-166.
- VIROLE, Benoît et HUYGHE, Brigitte, « 5. Typologie des déficiences auditives », in : VIROLE, Benoît, *Psychologie de la surdité*, Paris : De Boeck Supérieur, 2006, p. 85-103, (visité le 09/03/2019).
- VISATON, *Basic principles of VISATON exciter-technology*, Haan : VISATON GmbH & Co.
- VISELL, Yon, « Tactile sensory substitution : Models for enaction in HCI », in : *Interacting with Computers* 21, 2009, p. 38-53.
- VON ILBERG, Christoph, KIEFER, John J., TILLEIN, Jochen *et al.*, « Electric-Acoustic Stimulation of the Auditory System. New Technology for Severe Hearing Loss », in : *ORL* 61.6, 1999, p. 334-340.
- VON ILBERG, Christoph A., BAUMANN, Uwe, KIEFER, Jan *et al.*, « Electric-Acoustic Stimulation of the Auditory System : A Review of the First Decade », in : *Audiology and Neurotology* 16.2, 2011, p. 1-30.
- VUOSKOSKI, Jonna K. et EEROLA, Tuomas, « The Pleasure evoked by sad music is mediated by feelings of being moved », in : *Frontiers in Psychology* 8.439, 2017.
- WALL, Steven A. et BREWSTER, Stephen, « Sensory substitution using tactile pin arrays : Human factors, technology and applications », in : *Signal Processing* 86, 2006, p. 3674-3695.
- WILSON, Margaret, « Six views of embodied cognition », in : *Psychonomic Bulletin & Review* 9.4, 2002, p. 625-636.
- WINANCE, Myriam, « Handicap et normalisation. Analyse des transformations du rapport à la norme dans les institutions et les interactions », in : *Politix* 17.66, 2004, p. 201-227.
- WOODWARD, James C., « Implications for Sociolinguistic Research among the Deaf », in : *Sign Language Studies* 1, 1972, p. 1-7.

- WORLD MEDICAL ASSOCIATION, « World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects », in : *JAMA* 310.20, 2013, p. 2191-2194.
- WUNDT, Wilhelm, *Grundriss der Psychologie*, Leipzig : Wilhelm Engelmann, 1896.
- YOO, Yongjae, YOO, Taekbeom, KONG, Jihyun *et al.*, « Emotional responses of tactile icons : effects of amplitude, frequency, duration, and envelope », in : *Proceedings of the 2015 IEEE World Haptics Conference (WHC)*, Evanston : IEEE, 2015, p. 235-240.
- ZENTNER, Marcel et EEROLA, Tuomas, « Chapter 8. Self-report measures and models », in : JUSLIN, Patrik N. et SLOBODA, John A., *Handbook of music and emotion. Theory, research, applications*, Oxford : Oxford University Press, 2010, p. 187-221.
- ZENTNER, Marcel, GRANDJEAN, Didier et SCHERER, Klaus R., « Emotions evoked by the sound of music : characterization, classification, and measurement », in : *Emotion* 8.4, 2008, p. 494-521.
- ZWAAG, Marjolein D. van der, JANSSEN, Joris H. et WESTERINK, Joyce H. D. M., « Directing physiology and mood through music : validation of an affective music player », in : *IEEE Transactions on Affective Computing* 4.1, 2013, p. 57-68.
- ZWAAG, Marjolein D. van der, WESTERINK, Joyce H. D. M. et BROEK, Egon L. van den, « Emotional and psychophysiological responses to tempo, mode, and percussiveness », in : *Musicae Scientiae* 15.2, 2011, p. 250-269.

ANNEXE A

Annexes

**CONVENTION
DE MISE A DISPOSITION TEMPORAIRE DE MATERIEL**

ENTRE LES SOUSSIGNES :

L'AERONEF / SPECTACLES SANS GRAVITE
 N° Siret : 378729 800 00029
 N° Licence entrepreneur de spectacle : 1-1064625/2-1064626/3-1064626
 Code APE : 9002Z
 168 avenue Willy Brandt Centre commercial Euralille 59777 EURLILLE
 03.20.13.50.00
contact@aeronef.fr
 Représenté par Benoit Olla en sa qualité de directeur

Ci-après désigné " l'Aéronef "

ET

Le Centre d'Etude des Arts Contemporains
 ULR 3587
 Université de Lille
 Domaine universitaire du Pont de Bois
 Rue du barreau – Bâtiment C bis
 BP 60149
 59653 Villeneuve d'Ascq Cedex
 03 20 41 71 87
nathalie.delbard@univ-lille.fr
 Représenté par Nathalie Delbard, en sa qualité de directrice

Ci-après désignée « CEAC »,

CECI EXPOSE, IL EST CONVENU CE QUI SUIT :

ARTICLE 1 : OBJET

La présente convention a pour objet la mise à disposition par L'Aéronef au profit du CEAC de matériel appartenant à l'Aéronef.

ARTICLE 2 : DESIGNATION DU MATERIEL MIS A DISPOSITION

Matériel :

- 1 subpac d'une valeur unitaire de 385€

Paraphes obligatoires 1

FIGURE A.1 – Convention de prêt du gilet vibrant dans le cadre de l'étude n° 1 de cette thèse de doctorat (1/2).

ARTICLE 3 : DUREE
Le prêt est conclu pour une durée allant jusqu'au 30 avril 2024.

ARTICLE 4 : RESPONSABILITE

Le CEAC reconnaît par avance que le matériel mis à sa disposition se trouve en bon état de fonctionnement.

Le CEAC est tenu d'utiliser personnellement le matériel sus-désigné et ne peut, sans autorisation expresse de l'Aéronef en faire un autre usage que celui pour lequel il est prêté.

Le CEAC répondra des pertes et dégradations survenues au cours de l'exécution de la présente convention et demeurera gardien du matériel qu'il serait amené à utiliser.

A cet effet, le CEAC reconnaît avoir souscrit une police d'assurance couvrant l'intégralité des risques pouvant survenir.

Au cours de l'utilisation du matériel mis à sa disposition, le CEAC s'engage à réparer ou à indemniser l'Aéronef pour les dégâts matériels éventuellement commis et les pertes constatées.

ARTICLE 5 : CONDITIONS FINANCIERES

Le matériel est mis à disposition gratuitement.

ARTICLE 6 : EXECUTION DE LA CONVENTION

La présente convention peut être dénoncée :

- À tout moment par l'Aéronef, si le matériel est utilisé à des fins non-conformes aux obligations contractées par les parties ou dans des conditions contraires aux dispositions prévues par ladite convention.

ARTICLE 7 : REGLEMENT DES LITIGES

En cas de difficulté sur l'interprétation ou l'exécution de la présente convention, les parties s'efforceront de résoudre leur différend à l'amiable.

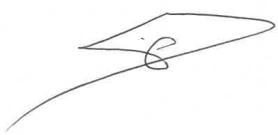
En cas de désaccord persistant, le Tribunal administratif de Lille sera seul compétent.

La présente convention est établie en 2 exemplaires originaux.

Fait à Lille, le 06/03/2024

Le CEAC
Nathalie Delbard

L'Aéronef
Benoît Olla

Paraphes obligatoires 2

FIGURE A.2 – Convention de prêt du gilet vibrant dans le cadre de l'étude n° 1 de cette thèse de doctorat (2/2).

Vous êtes **sourd,
malentendant
ou **entendant** ?**

Vous aimez la **musique
et souhaitez qu'elle soit
plus **accessible** et
partagée ?**

Vous vivez à **Lille ou ses
alentours ?**

.....

**Participez à nos
études scientifiques !**

- Jusqu'à fin avril 2024
- Plus d'informations ici :

Université de Lille SCALab

FIGURE A.3 – *Flyer* imprimé (recto) dans le cadre de la campagne de recrutement des participants aux études n° 1 et n° 2 de cette thèse de doctorat.





1. Lettre d'information

Titre de l'étude :

**Les émotions musicales transmises par les gilets vibrants :
étude comparative entre individus sourds et non sourds**

- **Promoteurs** (organismes qui réalisent l'étude) :



Université de Lille

Laboratoire Centre d'Étude des Arts Contemporains (CEAC)
ULR 3587
Rue du barreau - Bâtiment C Bis
BP 60149
59653 Villeneuve-d'Ascq Cedex



Laboratoire SCALab
UMR CNRS 9193
Rue du barreau
BP 60149
59653 Villeneuve-d'Ascq Cedex
- **Responsables scientifiques** (les chercheurs) :



Entendant
Parle français
Ne signe pas

Laurent SPARROW
laurent.sparrow@univ-lille.fr



Entendant
Parle français
Débute en LSF

Alban BRICENO
alban.briceno@univ-lille.fr



Entendant
Parle français
Ne signe pas

Christian HAUER
christian.hauer@univ-lille.fr
- **Structure d'accueil :**



La Plaine Images
Bâtiment Imaginarium
99A Boulevard Constantin Descat
59200 Tourcoing

Page 1 sur 6

FIGURE A.4 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 1 (1/6).

Présentation de l'étude

Vous lisez cette lettre, car on vous a proposé de participer à une étude scientifique.

Cette lettre vous informe sur le déroulement de l'étude. Il est important de bien comprendre ces informations pour dire si vous acceptez ou si vous refusez de participer.

Vous êtes totalement libre d'accepter ou de refuser de participer.

Si vous décidez de participer, vous êtes volontaire et vous être libre d'arrêter et de partir quand vous le souhaitez.

Si vous avez des questions pendant la lecture de cette lettre, les chercheurs sont là pour vous aider et pour vous répondre. Sur place, contactez-les avec le mode de communication que vous préférez (écrit, parole, signes) ou en utilisant le bouton d'appel disponible. En ligne, contactez Alban Briceno par email ou sur LinkedIn.

Les portraits, les prénoms et les adresses email des chercheurs sont visibles sur la page 1.

Une fois que vous aurez terminé la lecture de cette lettre et compris toutes les informations. Vous pourrez remplir sur place le document numéro 2 qui est un formulaire de consentement.

- **Pourquoi on me propose de participer à cette étude ?**

Les chercheurs veulent comprendre comment **améliorer l'accès** des **personnes sourdes** ou **malentendantes** à la **musique**.

- **Cette étude va servir à quoi ?**

Cette étude va servir à tester les gilets vibrants pour comprendre comment les **vibrations** de la musique peuvent **donner des émotions**.

- **Pourquoi ma participation est utile ?**

Votre participation va permettre de concevoir des outils pour que les **personnes sourdes, malentendantes** et **entendantes** puissent **créer de la musique**, en **jouer** sur scène et **vivre un concert ensemble**.

FIGURE A.5 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 1 (2/6).

- **Comment l'étude va se passer ?**

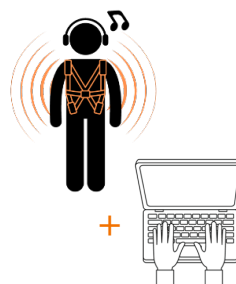
Si vous acceptez de donner votre consentement et de participer à l'étude :

1. Vous allez porter un **gilet vibrant**, un **casque** et utiliser un **ordinateur** pour **répondre à des questions**. Vous trouverez une photo du gilet vibrant à la fin de cette lettre.



2. Vous allez devoir répondre à des questions sur l'ordinateur et donner quelques **informations personnelles** pour nous aider à mieux comprendre qui vous êtes. **Tout se passe sur ordinateur** et vous serez entièrement **guidé**. Cette activité dure environ 5 minutes.

3. **Activité 1** : vous allez écouter de la **musique** avec le gilet vibrant et apprendre à **répondre** à des questions en vous aidant avec des **images**. Ces questions vont vous demander **d'évaluer** ce que vous avez **ressenti** après avoir écouté les vibrations de la musique. Les musiques durent 15 secondes. Vous aurez un temps limité de **10 secondes** pour répondre à chaque écran. Cette activité dure environ 10 minutes.



4. **Activité 2** : une fois que vous avez compris comment fonctionne l'activité 1, vous allez devoir **évaluer 16 musiques**. Cette activité dure environ 15 minutes.

5. L'étude est **terminée** et vous serez raccompagné par les chercheurs. Votre participation à l'étude dure environ 30 minutes.



FIGURE A.6 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 1 (3/6).

- **Est-ce qu'il y a des risques ou des contraintes ?**

Vous allez utiliser un **gilet vibrant** qui produit des **vibrations** dans tout le haut du corps (poitrine, dos, ventre). Ces vibrations peuvent parfois **être fortes**.

Si vous avez un **problème de santé** qui vous recommande d'éviter les vibrations (**pacemaker, troubles musculo-squelettiques, problème cardiaque**), si vous êtes **enceinte** ou que vous pensez que vous êtes enceinte : **ne participez pas à l'étude**.

Si les vibrations vous **gênes**, si vous vous **sentez mal** ou ressentez **le besoin de partir, enlevez le gilet vibrant** et indiquez aux chercheurs que vous avez un problème. Ne continuez pas l'étude ou ne vous sentez pas gêné si vous avez un problème. Vous êtes entièrement libre d'arrêter votre participation à tout moment.

Participer à cette étude est entièrement **gratuit**.

Compléter cette étude peut prendre du temps (30 minutes).

Les chercheurs n'ont pas le niveau suffisant pour communiquer en Langues des Signes Françaises, mais ils ont l'habitude de travailler avec des sourds et connaissent bien la culture sourde.

- **Si je participe, quels sont mes droits ?**

Vous êtes entièrement **libre** d'accepter ou de refuser de participer à cette étude. Si vous refusez, vous n'avez pas besoin de vous justifier et il n'y aura aucune conséquence pour vous.

Prenez tout le temps que vous voulez pour lire cette lettre et prendre votre décision d'accepter ou de refuser. Vous pouvez arrêter votre participation et partir **à tout moment**, même si vous acceptez.

- **Si j'ai un problème pendant l'étude, comment je le signale ?**

Si vous communiquez par la **parole** et si vous êtes **à l'aise** : appelez les chercheurs à l'oral.

Si vous communiquez en **Langues des Signes Françaises**, vous pourrez voir une vidéo de présentation en LSF de l'étude (faite par un traducteur sourd diplômé).

Vous pouvez communiquer **par écrit** si vous le souhaitez. Une **ardoise** et un **feutre** seront à votre disposition.

FIGURE A.7 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 1 (4/6).

Si besoin : vous aurez un **bouton d'appel** pour appeler les chercheurs sans parler, sans signer et sans écrire.

- **Je peux contacter les chercheurs pour avoir les résultats de l'étude ?**

Oui, vous pouvez **contacter** les chercheurs après l'étude.

À l'avenir, les résultats de cette étude seront **publiés** dans une thèse de doctorat. Cette thèse sera accessible sur internet à partir de janvier 2025.

Vous pouvez contacter les chercheurs par **email** :

1. alban.briceno@univ-lille.fr
2. laurent.sparrow@univ-lille.fr
3. christian.hauer@univ-lille.fr

- **Les informations que je donne sont-elles protégées ?**

Oui. La loi française oblige les chercheurs à garantir la confidentialité et l'anonymat des informations personnelles que vous pourrez donner (Chapitre II. Article 6 du RGPD).

Vos données seront utilisées uniquement pour cette étude et seront uniquement traitées par les chercheurs. Vos données seront identifiées par un code pour préserver votre anonymat. Les chercheurs sont soumis à une obligation de confidentialité.

Vos données seront conservées pendant la durée de l'étude et seront archivées pendant 10 ans une fois que les résultats seront publiés.

Selon l'article 15 et les articles suivants du RGPD, vous avez le droit :

1. d'accéder à vos données (droit d'accès) ;
2. d'obtenir des informations sur comment seront traitées vos données et qui fera ce traitement (droit d'information) ;
3. de corriger vos données inexactes ou incomplètes (droit de rectification) ;
4. de limiter le traitement de vos données qui seront conservées, mais ne seront traitées qu'avec votre consentement (droit de limitation du traitement) ;

FIGURE A.8 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 1 (5/6).

5. de refuser que vos données soient collectées et de refuser de participer à l'étude (droit d'opposition).

Vous pouvez contacter la personne déléguée à la protection des données personnelles de l'Université de Lille pour exercer vos droits (dpo@univ-lille.fr). Après avoir contacté cette personne, si vous estimez que vos droits ne sont pas respectés, vous pouvez adresser une réclamation à la CNIL.

• **J'ai lu cette lettre et j'ai compris les informations. Qu'est-ce-que je dois faire maintenant ?**

Si vous **refusez** de participer à l'étude : vous êtes libre de partir.

Si vous **acceptez** de participer à l'étude :

1. vous pouvez signer le **formulaire de consentement** ;
2. vous devrez **signer deux exemplaires** ;
3. vous pourrez **conserver un exemplaire pour vous** et **laisser l'autre aux chercheurs**.

Merci d'avoir lu cette lettre et de votre intérêt pour l'étude !

Si vous avez des questions, n'hésitez-pas à les poser aux chercheurs.

Le gilet vibrant :



Le bouton d'appel :



FIGURE A.9 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 1 (6/6).

J'accepte de participer à l'étude « **Les émotions musicales transmises par les gilets vibrants [...]** » proposée par Alban BRICENO (alban.briceno@univ-lille.fr) et qui est sous la responsabilité de Laurent SPARROW (laurent.sparrow@univ-lille.fr) et de Christian HAUER (christian.hauer@univ-lille.fr).

Je déclare que :

- mon consentement pour participer à cette étude est libre et éclairé. Je suis volontaire et personne ne m'a forcé à participer.
- j'ai lu la « Lettre d'information » que l'on m'a donné et j'ai compris toutes les informations écrites : pourquoi je participe ; quel est le but ; pourquoi ma participation est utile ; la méthode utilisée ; les risques et les contraintes ; mes droits.
- les chercheurs m'ont informé et ont répondu à mes questions en utilisant un mode de communication que je peux comprendre (français oral, français écrit ou LSF).

J'ai compris que :

- je suis volontaire, je suis libre d'accepter ou de refuser de participer, je peux décider d'arrêter ma participation ; je suis libre de partir à tout moment sans me justifier et sans conséquence pour moi.
- je peux contacter les chercheurs pour avoir les résultats de l'étude quand elle sera publiée comme le précise la « Lettre d'information » et être recontacté par les chercheurs pour corriger des informations si besoin.
- mes droits étaient garantis par la loi et que le respect de mes droits est la responsabilité des chercheurs et des organismes responsables de l'étude.
- les données personnelles que je fournis pour cette étude sont confidentielles et que je peux exercer mes droits cités dans la « Lettre d'information » à tout moment, en conformité avec la RGPD.

J'accepte que mes données personnelles fournies dans le cadre de cette étude fassent l'objet d'un traitement informatisé par les organismes responsables de l'étude.

Ce formulaire est fait en **deux exemplaires**. Un exemplaire est remis au participant, ou à son représentant légal. Le deuxième exemplaire sera conservé par l'investigateur, en tout confidentialité, conformément à la loi.

Prénom et Nom du participant :

Fait à :

Le :

Signature du participant :

Signature de l'investigateur :

CODE :

FIGURE A.10 – Formulaire de déclaration de consentement éclairé distribué aux participants (étude n° 1).





1. Lettre d'information

Titre de l'étude :

Évaluation d'une nouvelle manière de créer de la musique avec des vibrations

- **Promoteurs** (organismes qui réalisent l'étude) :



Université de Lille

Laboratoire Centre d'Étude des Arts Contemporains (CEAC)
ULR 3587
Rue du barreau - Bâtiment C Bis
BP 60149
59653 Villeneuve-d'Ascq Cedex



Laboratoire SCALab
UMR CNRS 9193
Rue du barreau
BP 60149
59653 Villeneuve-d'Ascq Cedex
- **Responsables scientifiques** (les chercheurs) :



Entendant
Parle français
Ne signe pas

Laurent SPARROW
laurent.sparrow@univ-lille.fr



Entendant
Parle français
Débute en LSF

Alban BRICENO
alban.briceno@univ-lille.fr



Entendant
Parle français
Ne signe pas

Christian HAUER
christian.hauer@univ-lille.fr
- **Structure d'accueil :**



La Plaine Images
Bâtiment Imaginarium
99A Boulevard Constantin Descat
59200 Tourcoing

Page 1 sur 6

FIGURE A.11 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 2 (1/6).

Présentation de l'étude

Vous lisez cette lettre, car on vous a proposé de participer à une étude scientifique.

Cette lettre vous informe sur le déroulement de l'étude. Il est important de bien comprendre ces informations pour dire si vous acceptez ou si vous refusez de participer.

Vous êtes totalement libre d'accepter ou de refuser de participer.

Si vous décidez de participer, vous êtes volontaire et vous être libre d'arrêter et de partir quand vous le souhaitez.

Si vous avez des questions pendant la lecture de cette lettre, les chercheurs sont là pour vous aider et pour vous répondre. Sur place, contactez-les avec le mode de communication que vous préférez (écrit, parole, signes) ou en utilisant le bouton d'appel disponible. En ligne, contactez Alban Briceno par email ou sur LinkedIn.

Les portraits, les prénoms et les adresses email des chercheurs sont visibles sur la page 1.

Une fois que vous aurez terminé la lecture de cette lettre et compris toutes les informations. Vous pourrez remplir sur place le document numéro 2 qui est un formulaire de consentement.

- **Pourquoi on me propose de participer à cette étude ?**

Les chercheurs veulent comprendre comment **améliorer l'accès** des **personnes sourdes** ou **malentendantes** à la **musique**.

- **Cette étude va servir à quoi ?**

Cette étude va servir à tester un **nouveau système** permettant de **créer de la musique** sous la forme de **vibrations**.

- **Pourquoi ma participation est utile ?**

Votre participation va permettre de concevoir des outils pour que les **personnes sourdes, malentendantes et entendants** puissent **créer de la musique**, en **jouer** sur scène et **vivre un concert ensemble**.

FIGURE A.12 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 2 (2/6).

• **Comment l'étude va se passer ?**

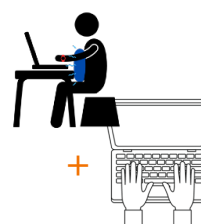
Si vous acceptez de donner votre consentement et de participer à l'étude :

1. Vous allez utiliser un **caisson vibrant**, un **bracelet connecté** et utiliser un **ordinateur** pour **répondre à des questions**. Vous trouverez une photo du matériel à la fin de cette lettre.



2. Vous allez devoir répondre à des questions sur l'ordinateur et donner quelques **informations personnelles** pour nous aider à mieux comprendre qui vous êtes. **Tout se passe sur ordinateur** et vous serez entièrement **guidé**. Cette activité dure environ 5 minutes.

3. **Activité 1** : vous allez ressentir des **vibrations** avec le **caisson vibrant** et apprendre à **répondre** à des questions en vous aidant avec des **images**. Ces questions vont vous demander **d'évaluer** ce que vous avez **ressenti** après avoir ressenti des séquences de vibrations. Les séquences durent 15 secondes. Vous aurez un temps limité de **10 secondes** pour répondre à chaque écran. Cette activité dure environ 10 minutes.



4. **Activité 2** : une fois que vous avez compris comment fonctionne l'activité 1, vous allez devoir **évaluer 8 séquences**. Cette activité dure environ 10 minutes.

5. L'étude est **terminée** et vous serez raccompagné par les chercheurs. Votre participation à l'étude dure environ **30 minutes**.



FIGURE A.13 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 2 (3/6).

- **Est-ce qu'il y a des risques ou des contraintes ?**

Vous allez utiliser un **caisson vibrant** qui produit des **vibrations** dans le haut du corps (poitrine, ventre). Ces vibrations peuvent parfois **être fortes**.

Si vous avez un **problème de santé** qui vous recommande d'éviter les vibrations (**pacemaker, troubles musculo-squelettiques, problème cardiaque**), si vous êtes **enceinte** ou que vous pensez que vous êtes enceinte : **ne participez pas à l'étude**.

Si les vibrations vous **gênes**, si vous vous **sentez mal** ou ressentez **le besoin de partir, poser l'enceinte** et indiquez aux chercheurs que vous avez un problème. Ne continuez pas l'étude ou ne vous sentez pas gêné si vous avez un problème. Vous êtes entièrement libre d'arrêter votre participation à tout moment.

Participer à cette étude est entièrement **gratuit**.

Compléter cette étude peut prendre du temps (30 minutes).

Les chercheurs n'ont pas le niveau suffisant pour communiquer en Langues des Signes Françaises, mais ils ont l'habitude de travailler avec des sourds et connaissent bien la culture sourde.

- **Si je participe, quels sont mes droits ?**

Vous êtes entièrement **libre** d'accepter ou de refuser de participer à cette étude. Si vous refusez, vous n'avez pas besoin de vous justifier et il n'y aura aucune conséquence pour vous.

Prenez tout le temps que vous voulez pour lire cette lettre et prendre votre décision d'accepter ou de refuser. Vous pouvez arrêter votre participation et partir **à tout moment**, même si vous acceptez.

- **Si j'ai un problème pendant l'étude, comment je le signale ?**

Si vous communiquez par la **parole** et si vous êtes **à l'aise** : appelez les chercheurs à l'oral.

Si vous communiquez en **Langues des Signes Françaises**, vous pourrez voir une vidéo de présentation en LSF de l'étude (faite par un traducteur sourd diplômé).

Vous pouvez communiquer **par écrit** si vous le souhaitez. Une **ardoise** et un **feutre** seront à votre disposition.

FIGURE A.14 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 2 (4/6).

Si besoin : vous aurez un **bouton d'appel** pour appeler les chercheurs sans parler, sans signer et sans écrire.

- **Je peux contacter les chercheurs pour avoir les résultats de l'étude ?**

Oui, vous pouvez **contacter** les chercheurs après l'étude.

À l'avenir, les résultats de cette étude seront **publiés** dans une thèse de doctorat. Cette thèse sera accessible sur internet à partir de janvier 2025.

Vous pouvez contacter les chercheurs par **email** :

1. alban.briceno@univ-lille.fr
2. laurent.sparrow@univ-lille.fr
3. christian.hauer@univ-lille.fr

- **Les informations que je donne sont-elles protégées ?**

Oui. La loi française oblige les chercheurs à garantir la confidentialité et l'anonymat des informations personnelles que vous pourrez donner (Chapitre II. Article 6 du RGPD).

Vos données seront utilisées uniquement pour cette étude et seront uniquement traitées par les chercheurs. Vos données seront identifiées par un code pour préserver votre anonymat. Les chercheurs sont soumis à une obligation de confidentialité.

Vos données seront conservées pendant la durée de l'étude et seront archivées pendant 10 ans une fois que les résultats seront publiés.

Selon l'article 15 et les articles suivants du RGPD, vous avez le droit :

1. d'accéder à vos données (droit d'accès) ;
2. d'obtenir des informations sur comment seront traitées vos données et qui fera ce traitement (droit d'information) ;
3. de corriger vos données inexactes ou incomplètes (droit de rectification) ;
4. de limiter le traitement de vos données qui seront conservées, mais ne seront traitées qu'avec votre consentement (droit de limitation du traitement) ;

FIGURE A.15 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 2 (5/6).

5. de refuser que vos données soient collectées et de refuser de participer à l'étude (droit d'opposition).

Vous pouvez contacter la personne déléguée à la protection des données personnelles de l'Université de Lille pour exercer vos droits (dpo@univ-lille.fr). Après avoir contacté cette personne, si vous estimez que vos droits ne sont pas respectés, vous pouvez adresser une réclamation à la CNIL.

- **J'ai lu cette lettre et j'ai compris les informations. Qu'est-ce-que je dois faire maintenant ?**

Si vous **refusez** de participer à l'étude : vous êtes libre de partir.

Si vous **acceptez** de participer à l'étude :

1. vous pouvez lire le **formulaire de consentement** ;
2. vous devrez **signer deux exemplaires** ;
3. vous pourrez **conserver un exemplaire pour vous** et **laisser l'autre aux chercheurs**.

Merci d'avoir lu cette lettre et de votre intérêt pour l'étude !

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à les poser aux chercheurs.

Le caisson vibrant :



Le bracelet connecté :



FIGURE A.16 – Lettre d'information distribuée aux participants pour l'étude n° 2 (6/6).

J'accepte de participer à l'étude « **Évaluation d'une nouvelle manière de créer de la musique avec des vibrations** » proposée par Alban BRICENO (alban.briceno@univ-lille.fr) et qui est sous la responsabilité de Laurent SPARROW (laurent.sparrow@univ-lille.fr) et de Christian HAUER (christian.hauer@univ-lille.fr).

Je déclare que :

- mon consentement pour participer à cette étude est libre et éclairé. Je suis volontaire et personne ne m'a forcé à participer.
- j'ai lu la « Lettre d'information » que l'on m'a donné et j'ai compris toutes les informations écrites : pourquoi je participe ; quel est le but ; pourquoi ma participation est utile ; la méthode utilisée ; les risques et les contraintes ; mes droits.
- les chercheurs m'ont informé et ont répondu à mes questions en utilisant un mode de communication que je peux comprendre (français oral, français écrit ou LSF).

J'ai compris que :

- je suis volontaire, je suis libre d'accepter ou de refuser de participer, je peux décider d'arrêter ma participation ; je suis libre de partir à tout moment sans me justifier et sans conséquence pour moi.
- je peux contacter les chercheurs pour avoir les résultats de l'étude quand elle sera publiée comme le précise la « Lettre d'information » et être recontacté par les chercheurs pour corriger des informations si besoin.
- mes droits étaient garantis par la loi et que le respect de mes droits est la responsabilité des chercheurs et des organismes responsables de l'étude.
- les données personnelles que je fournis pour cette étude sont confidentielles et que je peux exercer mes droits cités dans la « Lettre d'information » à tout moment, en conformité avec la RGPD.

J'accepte que mes données personnelles fournies dans le cadre de cette étude fassent l'objet d'un traitement informatisé par les organismes responsables de l'étude.

Ce formulaire est fait en **deux exemplaires**. Un exemplaire est remis au participant, ou à son représentant légal. Le deuxième exemplaire sera conservé par l'investigateur, en toute confidentialité, conformément à la loi.

Prénom et Nom du participant :

Fait à :

Le :

Signature du participant : **Signature de l'investigateur :**

CODE :

FIGURE A.17 – Formulaire de déclaration de consentement éclairé distribué aux participants (étude n° 2).

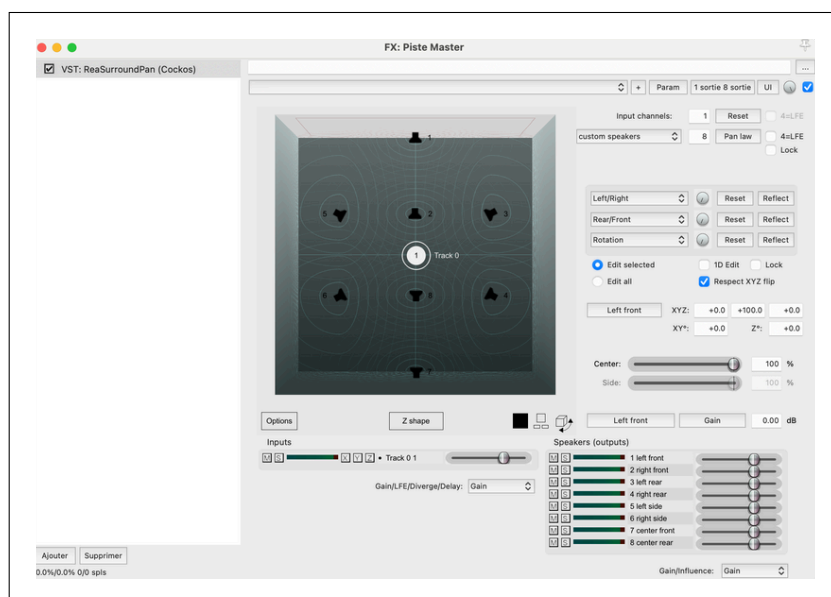


FIGURE A.18 – Configuration de ReaSurroundPan utilisée dans l'étude n° 2. Ci-dessous : les valeurs numériques de positionnement des canaux.

No canal ^a	Position axe X	Position axe Y
1	0	+ 100
2	0	+ 35
3	+ 65	+ 35
4	+ 65	- 35
5	- 65	+ 35
6	- 65	- 35
7	0	- 100
8	0	- 35

^a. Pan law = 0.0 dB

Table des matières

Résumé	xv
Remerciements	xvii
Liste des acronymes	xxi
Sommaire	xxvii
Introduction	1
I Musique, surdité(s), sourds : cadre théorique et état de l'art	9
1 Surdité(s) : généralités et rappels	11
1.1 Données quantitatives	12
1.1.1 À l'international	12
1.1.2 En France	12
1.2 Aspects organique et fonctionnel	15
1.2.1 Rappels otologiques sur l'anatomie du système auditif humain	16
1.2.2 Mécanismes physiologiques du système cochléaire	19
1.2.3 Typologie et étiologie de la surdité	25
1.2.4 Classification audiométrique des déficiences auditives	28
1.3 Aspects social et communicationnel	31
1.3.1 Invisibilité et obstacles liés à la communication	32

1.3.2	Compensation audioprothétique : la voie de la réhabilitation auditive	36
1.3.3	Apports d'éléments multimodaux à la compréhension de la parole	42
1.3.4	Le modèle d'intégration audiophonologiste	51
1.3.5	Utilisation des LS	57
1.3.6	Législation et accès à l'éducation : entre paradoxe et diglossie	68
1.3.7	L'inscription culturelle de la LSF : retournement et rejet du stigmate	71
1.4	Des surdités : une expérience plurielle	76
2	Du sourd au Sourd : histoire, développement et opposition des paradigmes de description	79
2.1	Origines historiques des paradigmes biomédical et culturel de description des sourds	80
2.1.1	Étymologie; dénominations et représentations durant l'Antiquité	80
2.1.2	Moyen-Âge et Renaissance : regards ambivalents et premières méthodes empiriques	84
2.1.3	Le « siècle d'or » : du principe « d'éducabilité » à l'émergence des modèles d'éducation oraliste et gestualiste	88
2.1.4	Du conflit des méthodes à la fracture de « Milan » : le triomphe de l'oralisme sur la « mimique »	95
2.1.5	Vers une accélération de la structuration de la communauté, de la culture et de l'identité sourdes	101
2.1.6	Les sourds français à l'international au xx ^e siècle : situations contrastées et prise de conscience	103
2.1.7	Le « Réveil Sourd » : point d'orgue de la quête de citoyenneté .	107
2.2	Ouverture vers un paradigme épistémologique « mixte »	109
2.2.1	La narration victimaire dans la littérature scientifique	109
2.2.2	Les conceptions réductionnistes de l'être sourd	111
3	Des sourds et de la musique : accessibilité, formes d'expression et pratiques musicales sourdes	115
3.1	Accès à la musique	116

3.1.1	Origines, définitions, enjeux et évolutions de l'accessibilité culturelle en France	116
3.1.2	Dispositions relatives à l'accès des sourds à la musique	121
3.2	L'expérience musicale sourde	126
3.2.1	Le dépassement du paradoxe	126
3.2.2	Au-delà de l'audible	128
3.3	Du musical au « vusical » : formes d'expression et pratiques musicales sourdes	130
3.3.1	Le chansigne	130
3.3.2	Autres exemples de forme d'expression et de pratiques musicales sourdes	156
3.4	De l'audio- à l'oculocentrisme : dépasser les conceptions réductionnistes de la musique	163

II *Codage musical de stimuli vibrotactiles* 167

4 Mécanismes neurophysiologiques et perceptifs de la modalité vibrotactile 169

4.1	Neurophysiologie de la sensibilité tactile	170
4.1.1	Somesthésie générale	170
4.1.2	Le toucher	172
4.1.3	Description et caractéristiques fonctionnelles des mécanorécepteurs cutanés	174
4.2	Psychophysique de la perception vibrotactile	186
4.2.1	Acuité tactile	187
4.2.2	Seuils de perception tactile	189
4.2.3	Perception vibrotactile	190
4.2.4	Effets psychophysiques et illusions spatiotemporelles tactiles	194
4.2.5	Comparaison des capacités perceptives entre populations sourdes et non sourdes	199

5 Codage de signaux vibrotactiles : état des connaissances et applications en musique 205

5.1	Codage de l'information vibrotactile : cadre général	206
5.1.1	Paramètres généraux de codage des signaux vibrotactiles	206

5.1.2	Principe du codage associatif : l'exemple des <i>Tactons</i>	210
5.1.3	Substitution sensorielle : champ de recherche, applications et évolutions	212
5.2	Codages et applications des signaux vibrotactiles en musique	218
5.2.1	Définitions et typologie des signaux vibrotactiles utilisés en musique	220
5.2.2	Usages des signaux de notification vibrotactiles	221
5.2.3	Usages de la substitution sensorielle (signaux de traduction)	222
5.2.4	Usages des signaux vibrotactiles comme matériau compositionnel (signaux de langage)	228
6	Musique, émotions et stimulation vibrotactile	235
6.1	Terminologie, approches et modèles psychologiques	237
6.1.1	Définitions et précisions terminologiques	237
6.1.2	Approches catégorielle et dimensionnelle	239
6.2	Méthodes usuelles de mesure des émotions	246
6.2.1	La méthode autodéclarative	246
6.2.2	La méthode psychophysique	249
6.3	Émotions musicales et stimulation vibrotactile	255
6.3.1	Cadre général	255
6.3.2	Signaux vibrotactiles et émotions musicales	260
7	Vers une <i>composition trajectorielle</i> de stimuli vibrotactiles	263
7.1	Pour le développement d'un nouveau principe de codage musical à partir de signaux vibrotactiles	264
7.1.1	Problématiques de l'usage actuel des technologies audio-tactiles dans l'accès des publics sourds ou malentendants à la musique	264
7.1.2	Premier aspect critique : le statut subsidiaire des technologies audio-tactiles	271
7.1.3	Deuxième aspect critique : l'inégalité dans l'accès à l'expérience musicale	273
7.1.4	Troisième aspect critique : l'éloignement du principe d'accessibilité universelle	276
7.1.5	La musique vibrotactile : une voie alternative pour la création musicale partagée	278

7.2	Définition du principe de <i>composition trajectorielle</i>	279
7.2.1	Définition et principe théorique	280
7.2.2	Constitution des <i>paramètres trajectoriels</i>	281
	Raison d'être de l'approche expérimentale	285
	Hypothèses théoriques	285
	Question de recherche expérimentale	287
	Considérations méthodologiques	287
III	Contribution expérimentale	289
8	Méthode générale	291
8.1	Conception du dispositif	292
8.1.1	Cahier des charges, choix et définition du système	292
8.1.2	Choix des matériaux et de la configuration du VMP	297
8.1.3	Choix du type et de la répartition spatiale des actionneurs vibrotactiles	303
8.1.4	Intégration du VMP au dispositif expérimental	313
8.2	Production des stimuli vibrotactiles et des trajectoires	316
8.2.1	Principe	316
8.2.2	Description des outils utilisés et implémentation des <i>paramètres trajectoriels</i>	317
8.2.3	Techniques de production de trajectoires	321
9	Étude n° 1 : La <i>dégradation</i> des émotions exprimées par la musique lors de la Substitution Audio-Tactile (SAT) : une étude comparative entre individus sourds et individus non sourds	327
9.1	Avant-propos	328
9.2	Introduction	328
9.3	Méthode expérimentale	333
9.3.1	Participants	333
9.3.2	Stimuli	334
9.3.3	Matériel	335
9.3.4	Procédure	337

9.4	Résultats	343
9.4.1	Reconnaissance des dimensions émotionnelles exprimées . .	344
9.4.2	Analyses des données qualitatives	348
9.5	Discussion	353
9.6	Limites de l'étude	355
9.7	Conclusion	356
	Remerciements	357
10	Étude n° 2 : Exprimer des émotions à travers la musique vibrotactile : évaluation de la <i>composition trajectorielle</i> chez des participants sourds et non sourds	359
10.1	Avant-propos	360
10.2	Introduction	360
10.3	Méthode expérimentale	362
10.3.1	Participants	362
10.3.2	Stimuli	363
10.3.3	Matériel	367
10.3.4	Procédure	367
10.4	Résultats	370
10.4.1	Influences des variables indépendantes sur la reconnaissance des dimensions émotionnelles exprimées	371
10.4.2	Analyse de la conductance cutanée SC	373
10.4.3	Analyse des données qualitatives	382
10.5	Discussion	386
10.5.1	Effets de l'intensité, de la vitesse et du temps sur les émotions musicales perçues	387
10.5.2	Recommandations sur la conception et l'ergonomie du VMP	390
10.6	Limites	391
10.7	Conclusion de l'étude	392
	Remerciements	393
	Conclusion générale et perspectives	395
	Synthèse des travaux	396
	Perspectives de recherche futures	400

Table des matières	465
Références bibliographiques	405
A Annexes	439
Table des matières	459

DE LA MUSIQUE VIBROTACTILE POUR UNE EXPÉRIENCE ÉGALEMENT PARTAGÉE ENTRE INDIVIDUS SOURDS ET NON SOURDS

Conception et étude d'un nouveau principe de composition

L'étude de l'expérience musicale sourde a permis de mettre en lumière le rôle fondamental du corps comme modalité de réception de la musique. Pourtant, si l'audition ou la vue s'imposent comme des modalités privilégiées selon les conceptions courantes, la modalité vibrotactile demeure souvent subsidiaire dans les pratiques musicales. C'est ainsi que l'usage actuel des technologies audiotactiles en tant que dispositifs destinés à rendre les concerts accessibles aux personnes sourdes se trouve encore limité. Dans ce contexte, cette thèse de doctorat propose d'étudier les potentialités de la musique vibrotactile à forger une expérience musicale également partagée entre individus sourds et non sourds (entendants ; malentendants). Cette recherche définit tout d'abord un nouveau principe de composition pour la musique vibrotactile, appelé *composition trajectorielle*, et dégage ses principaux paramètres. Pour exploiter de la musique vibrotactile composée selon ce principe, nous exposons la conception d'un nouveau dispositif vibrotactile et d'un ensemble de techniques de composition. Enfin, les émotions musicales constituant une dimension commune aux sourds et aux entendants, cet axe est exploré à travers deux études expérimentales comparatives. La première étude se consacre aux émotions musicales perçues à travers un gilet vibrant, tandis que la deuxième étude propose d'évaluer les capacités de séquences de musique vibrotactile composées selon notre principe à faire ressentir des émotions. Les résultats obtenus ouvrent des perspectives intéressantes pour faire de la musique vibrotactile le socle d'expériences communes plus également partagées.

Mots clés : musique, surdité, sourd, vibration, vibrotactile, émotion

VIBROTACTILE MUSIC FOR AN EQUALLY SHARED EXPERIENCE BETWEEN DEAF AND NON-DEAF INDIVIDUALS

Design and study of a new composition principle

This study on the deaf musical experience emphasizes the body's essential role in music perception. Although hearing and sight are generally regarded as the primary senses in mainstream musical experiences, the vibrotactile modality remains secondary in most musical practices. As a result, audiotactile technologies designed to make concerts accessible to deaf individuals are still limited. In response, this doctoral thesis seeks to explore the potential of vibrotactile music to create a shared musical experience between deaf, hard-of-hearing, and hearing individuals. The research introduces a new compositional principle for vibrotactile music, termed *trajectorial composition*, and identifies its key parameters. To harness the full potential of this compositional principle, this thesis outlines the design of a novel vibrotactile device and a set of specific techniques for creating music in this modality. Additionally, since emotional responses to music are shared by both deaf and hearing individuals, two comparative experimental studies are conducted. The first examines the emotions expressed by music through a wearable tactile bass systems, while the second assesses the emotional impact of vibrotactile music sequences created using the trajectorial composition principle. The findings offer promising insights into how vibrotactile music could foster more inclusive and equally shared musical experiences.

Keywords: music, deafness, deaf, vibration, vibrotactile, emotion

ULR 3587 Centre d'Étude des Arts Contemporains (CEAC)

Université de Lille – Domaine universitaire du Pont de Bois – Rue du barreau -
Bâtiment C Bis – BP 60149 – 59653 Villeneuve d'Ascq Cedex – FRANCE –