Hybrid

Revue des arts et médiations humaines

6 | 2019
L'écoute

De la sensation à la sémiotique vibrotactile. Médiations pour l'expérience musicale

Hugues Genevois, Benoît Navarret et Gabriela Patiño-Lakatos

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/hybrid/557>

DOI : 10.4000/hybrid.557

ISSN : 2276-3538

Traduction(s) :

From Vibrotactile Sensation to Semiotics. Mediations for The Experience of Music - URL : <https://journals.openedition.org/hybrid/567> [en]

Éditeur

Presses universitaires de Vincennes

Référence électronique

Hugues Genevois, Benoît Navarret et Gabriela Patiño-Lakatos, « De la sensation à la sémiotique vibrotactile. Médiations pour l'expérience musicale », *Hybrid* [En ligne], 6 | 2019, mis en ligne le 04 novembre 2019, consulté le 13 avril 2022. URL : <http://journals.openedition.org/hybrid/557> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/hybrid.557>

Ce document a été généré automatiquement le 13 avril 2022.

Revue Hybrid

De la sensation à la sémiotique vibrotactile. Médiations pour l'expérience musicale

Hugues Genevois, Benoît Navarret et Gabriela Patiño-Lakatos

Introduction

- 1 Les recherches techniques et scientifiques sur la perception haptique et vibrotactile connaissent depuis ces dix dernières années un intérêt croissant, particulièrement dans le domaine de l'expérience musicale¹. Le développement de nouveaux outils numériques a renouvelé ces recherches dans le champ de l'expérience vibrotactile, prometteur pour son utilité dans les domaines de l'augmentation et de la suppléance perceptive. Ainsi, une autre manière d'écouter – non seulement la musique mais, plus globalement, les événements sonores du monde – est explorée à travers le toucher. Les résultats de ces recherches concernent aussi bien des publics valides qu'en situation de handicap (déficiences auditives et visuelles) et peuvent trouver des applications dans de multiples situations (aide dans la vie quotidienne, loisirs et pratiques professionnelles). Le colloque organisé au Musée du Quai Branly par l'INSHEA en 2013, en partenariat avec le Ministère de la Culture et de la Communication, sur le thème de l'accessibilité des pratiques éducatives et artistiques pour les personnes en situation de handicap, a donné lieu à une réflexion sur les applications possibles de l'étude de la perception par le toucher. Le psychologue Édouard Gentaz y a exposé, par exemple, l'importance des recherches sur cette modalité perceptive dans le développement des médiations culturelles pour les personnes déficientes visuelles².
- 2 Cet article présente les résultats d'expériences exploratoires menées sur la perception des vibrations à travers l'utilisation de nouveaux outils numériques, dans le but de favoriser une autre modalité d'accès à des pratiques collectives et partagées telles que la musique. Les expériences ont été réalisées avec plusieurs partenaires par l'équipe LAM (lutherie-acoustique-musique) de l'institut Jean le Rond d'Alembert (Sorbonne

Université, CNRS, MCC) et le laboratoire CIRCEFT en sciences de l'éducation (Université Paris 8). L'originalité de ces expériences exploratoires réside en ce qu'elles visent à articuler les avancées scientifiques et technologiques jusqu'ici répertoriées dans les domaines de la vibroacoustique, de l'électroacoustique, de l'acoustique et de la musique, avec une approche du sujet de l'expérience sensorielle³. Les résultats obtenus dans ce domaine, encore relativement nouveau, invitent à poursuivre les recherches en vue d'approfondir les connaissances sur cette modalité perceptive, à la lumière des avancées technologiques actuelles et des applications possibles dans les sphères subjective, sociale et culturelle.

Stimulation et perception vibrotactile

- 3 La perception vibrotactile relève de la modalité sensorielle du toucher. Cette modalité, nécessaire à la régulation consciente et non consciente de l'activité motrice, est omniprésente dans notre expérience du monde, puisqu'elle permet de nous orienter, d'identifier et de (re)connaître les éléments de l'environnement au sein duquel nous évoluons. Le toucher est aussi un vecteur primordial de sensations de plaisir et de déplaisir – le sens somatosensoriel commence à être fonctionnel dès le troisième mois de gestation. Le pédopsychiatre et psychanalyste Bernard Golse explique que le premier sens développé par le fœtus humain dans la vie intra-utérine est le sens du toucher – le dernier étant celui de l'ouïe. Par ailleurs, les recherches menées⁴ par Bertrand Verine, linguiste et spécialiste du handicap sensoriel, montrent l'importance et les particularités de l'organisation cognitive et expérientielle du sens du tact *dans* et *par* le langage déployé en discours : « les représentations alternatives ainsi construites devraient être l'apanage commun le plus aisément partageable entre sujets déficients visuels et voyants⁵ ». Cependant, la vue et l'ouïe étant traditionnellement les sens dominants dans la médiation entre l'individu et son environnement – et recevant de ce fait une éducation culturelle explicite associée au langage –, le sens du toucher reste relativement peu éduqué de manière consciente et explicite. Bien que le toucher participe généralement « dans des *procès* beaucoup plus globaux » et qu'il soit omniprésent⁶, on a tendance dans la cognition et dans le langage conscient à minorer son rôle⁷. Il s'ensuit qu'il a été habituellement étudié plutôt en tant que modalité de retour sensoriel *peu* ou *non* codifié : les sensations vibrotactiles sont perçues comme une information de fond, préconsciente, peu soumise à une codification et à une élaboration langagière socialisée.
- 4 La perception vibrotactile est dite principalement « cutanée »⁸, mais elle engage des régions profondes et diverses du corps. Une cartographie étendue et complexe du corps dans son ensemble est ainsi impliquée dans cette modalité sensorielle. La réception des stimulations vibratoires venant de l'extérieur engage non seulement la peau mais aussi les muscles, les os, d'autres tissus et organes profonds de l'individu, qu'il soit en position passive ou active. Par conséquent, la perception vibrotactile est fondamentalement extéroceptive, tout en étant intimement liée aux voies de la proprioception (sensibilité profonde des organes du corps) telles que la somesthésie (sensations de pression, de température ou de douleur) et la kinesthésie (position et mouvements des organes du corps). Ainsi, par exemple, la perception des vibrations « n'exclut pas » les mouvements musculaires ; au contraire, elle est « affectée » par l'activité des segments du corps⁹.

- 5 La *stimulation* vibrotactile est un événement à caractère fondamentalement séquentiel, diachronique, soumis à des variations dans le temps ; c'est une stimulation active qui peut être relativement stable ou variable, et pour l'essentiel changeante. Elle est dite « active », particulièrement dans le cadre des expériences que nous avons menées, dans la mesure où le transducteur utilisé pour transmettre des vibrations au sujet est un « moteur ». Actionné, celui-ci manifeste une forme d'activité mécanique à laquelle l'expression humaine (motrice, par exemple) fait écho. Les vibrations proposées dans les expériences que nous avons réalisées ont été produites et transmises grâce à un transducteur électronique animé, via un amplificateur, par un logiciel informatique. Dans ce contexte, il faut prendre en considération le fait que le retour vibrotactile numérisé (numérisé car le traitement du signal est informatisé) est déjà un retour médiatisé, non équivalent à la mécanique traditionnelle qui, dans la chaîne causale, produit les vibrations. L'enjeu de ce type de recherches n'est pas négligeable, puisque les outils numériques non seulement utilisent les modalités de l'expérience sensorielle spontanée, mais les transforment, ouvrant la voie à des possibilités d'association variables en fonction des besoins personnels et des buts pratiques.
- 6 La *perception* vibrotactile est dite « passive » lorsque l'on considère qu'elle peut se produire sans que des segments du corps aient besoin d'être en activité. Le sujet peut être, par exemple, en état d'inactivité motrice tout en étant affecté par les vibrations d'un avion qui survole sa maison. La perception vibrotactile se distingue ainsi de l'haptique (du grec *haptomai*) qui est définie comme une forme de sensibilité active nécessitant un engagement kinesthésique – tel que l'exploration par la main ou les membres inférieurs¹⁰. Pourtant, dans nombre de situations, la perception vibrotactile croise la perception haptique, puisque le sujet peut explorer avec les mains ou les pieds un corps en vibration. C'est ainsi que nous partons de l'idée que dans la perception vibrotactile, par-delà le fait que l'individu puisse être en situation motrice active ou passive, le sujet percevant est agent de ses perceptions car animé par une intentionnalité, même implicite.
- 7 Nous définissons donc la perception vibrotactile comme une situation où un événement de nature vibratoire (tel qu'un signal sonore) vient « toucher » le sujet, tandis que le sujet ne le touche pas nécessairement¹¹. De plus, et de manière tout aussi importante, l'expérience sensorielle des vibrations n'est habituellement pas, dans la vie quotidienne, séparée d'autres modalités perceptives permettant au sujet d'être en rapport avec son environnement. Ainsi, la perception des vibrations est engagée de manière complexe dans une « holisensorialité »¹² qui, non seulement intègre les éléments pluriels venant de différentes modalités sensorielles, mais implique des interférences entre modalités qui doivent être prises en compte par le sujet dans la construction d'une expérience globale¹³.
- 8 En ce sens, bien que l'étude des voies physiologiques soit nécessaire à la compréhension de la perception vibrotactile, cette dernière ne se limite pas au seul fonctionnement des capteurs sensoriels. Il est tout aussi important de considérer l'expérience perceptive du point de vue du sujet *récepteur*, mais aussi *acteur* et surtout *producteur* de signification. Cette approche centrée sur le sujet de l'expérience engage, d'une part, des processus cognitifs perceptifs « ascendants » contraints par les stimulations et, d'autre part, des processus « descendants » tels que l'interprétation, la connaissance et la reconnaissance des stimulations. C'est pourquoi les processus cognitifs impliqués dans l'expérience sensorielle des vibrations sont profondément dépendants des systèmes

sémiotiques (de signes, langagiers ou non) construits par une communauté de sujets dans leur relation au monde sensible¹⁴. Ces systèmes sémiotiques – où se construisent les catégories pertinentes pour la perception – s'inscrivent en outre dans la sémantique des langues particulières et se trouvent partiellement partagés dans la communication verbale. Les catégorisations possibles de l'expérience vibrotactile sont donc en dernière instance repérables dans l'expression verbale. C'est ainsi que l'étude de l'expérience sensorielle des vibrations peut bénéficier des recherches menées sur la catégorisation et les relations entre catégories sémantiques et analyses linguistiques de données verbales¹⁵.

Médiations culturelles et sociales de l'expérience vibrotactile

- 9 L'engagement de la perception vibrotactile présente des enjeux importants, particulièrement dans le domaine actuel de la musique assistée par des outils numériques, où l'on cherche à réintroduire davantage de corporalité dans les rapports « homme-machine-homme », dans une situation de partage social. L'intégration d'éléments sensoriels, tels que les signaux vibrotactiles, permet de compléter la virtualité inhérente aux outils informatiques de plus en plus présents dans les pratiques musicales. Dans ce domaine en particulier, il est nécessaire de concevoir des interfaces sensibles et expressives accessibles à différentes situations perceptives. Selon les conditions de jeu collectif (pour des publics mixtes, sans et avec handicap par exemple), le fait de disposer de différents types de médiation sensorielle peut s'avérer très utile : les médiations intermodales peuvent donner lieu à des associations intersémiotiques entre différents éléments sensoriels et moteurs pour accompagner le sujet qui cherche à produire ainsi du sens incarné et complexe.
- 10 Le retour sensoriel vibrotactile permet en effet au sujet d'ajuster ses gestes pour un contrôle de sa production dans des activités qui demandent coordination et précision. La pratique musicale est en ce sens un champ d'études privilégié, puisqu'elle demande *synchronisation* et *précision* du jeu instrumental ; objectifs qui placent le sujet parfois dans une situation de difficulté perceptive et motrice. Dans ce domaine, il a été montré que les retours sensoriels autres qu'auditifs interviennent dans la régulation du jeu des musiciens et dans l'évaluation de la qualité des instruments¹⁶. Dans le cas présent, la perception vibrotactile est plus globale mais peut s'affiner avec l'apprentissage. De plus, ces signaux vibrotactiles, pris dans un processus de construction sémiotique, peuvent devenir des signes potentiels¹⁷ pertinents pour l'ajustement des gestes du sujet, notamment pour la coordination d'une activité collective. Cette sémiose potentielle peut favoriser, par une communication rapide, l'intégration de différentes catégories de personnes dans des contextes d'interaction sociale complexe. Cet usage sémiotique des vibrations requiert cependant des capacités d'analyse perceptive plus discriminantes et, par conséquent, un apprentissage et une structuration facilement identifiable des signaux vibratoires.
- 11 L'expérience perceptive prend toujours forme dans un cadre culturel, en relation avec différents types de techniques instrumentales, dans un processus dynamique où le sujet *s'adapte* aux instruments et *adapte* progressivement ceux-ci à ses besoins et ses intentions¹⁸. En ce sens, les nouvelles lutheries peuvent rendre plus accessibles des expériences – comme la musique – à des personnes en situation de handicap, grâce à

l'intégration d'outils de médiation vibrotactile à des activités artistiques et éducatives à destination de publics spécifiques et mixtes¹⁹.

Recherche sur la perception et la réception des vibrations

- 12 La question centrale concernant la perception des signaux vibrotactiles est celle de savoir comment les sujets construisent leur expérience vibrotactile, selon quelles catégories de langage ils organisent, interprètent et expriment leurs sensations. La recherche sur la dimension sémiotique possible de l'expérience vibrotactile présentant un grand intérêt aujourd'hui, nous avons exploré la potentialité communicative des signaux vibrotactiles à travers l'étude des perceptions des participants à des expériences en laboratoire et en contexte, individuelles et collectives.
- 13 Deux expériences de recherche précédemment menées par notre équipe nous ont mis sur cette piste. Premièrement, il y a eu une expérience d'exploration vibrotactile²⁰ menée par Hugues Genevois et Errika Manta (LAM) en juin 2012 avec la compagnie de théâtre en langue des signes d'Athènes *Θέατρο Κωφών Ελλάδος* et grâce au soutien de Sophia Roboli, interprète et animatrice de la troupe. Cette expérience a conduit au développement du *pallophone*²¹ et mis en lumière la différence significative qui se produit dans la perception des stimulations vibrotactiles, selon que le sujet se trouve dans une situation individuelle ou collective. Deuxièmement, dans le cadre du projet PANAM²² financé par l'Agence nationale de la recherche entre 2012 et 2015, H. Genevois a développé au LAM des dispositifs de pédagogie vibrasonore (tables sonotactiles et outils logiciels développés dans l'environnement de programmation Max/MSP) pour la mise en place, entre octobre 2012 et juin 2013, d'« Histoires sensibles », une expérience de pédagogie artistique en partenariat avec l'Institut national de jeunes sourds de Paris. Cette expérience innovante a été conçue par la compositrice et pédagogue Pascale Criton avec la participation pédagogique d'Elsa Falcucci, enseignante Capejs à l'INJS de Paris. L'expérience s'adressait en premier lieu à des élèves sourds et malentendants, mais aussi à des publics mixtes présentant différentes conditions perceptives (entendants, malentendants et sourds ; voyants, malvoyants et aveugles).
- 14 Dans ces deux expériences portant sur la perception de stimulations sonores par une autre voie que celle de l'oreille, la dimension partagée et sociale s'est révélée fondamentale dans l'élaboration de la perception et la catégorisation des stimulations vibrotactiles. La réception des signaux vibrotactiles – en apparence intuitive et immédiate – demande un apprentissage pour parvenir à une élaboration consciente des sensations à travers le langage et à l'appropriation nécessaire des outils techniques²³.
- 15 En 2015, nous avons mené une étude empirique sur la perception de signaux vibratoires transmis via un prototype de bracelet vibrotactile conçu par H. Genevois. Ce prototype mettait en œuvre un transducteur²⁴ piloté par une interface logicielle développée sur Max/MSP. Un test perceptif d'une durée moyenne d'une heure trente a été mis en œuvre au sein du LAM du 24 juin 2015 au 13 juillet 2015 (sur cinq journées)²⁵.
- 16 Le corpus de signaux vibratoires a été établi selon sept catégories sémiotiques : signaux de repères partitifs²⁶ ; signaux de tempo ; signaux de pulsation ; signaux de préparation ; signaux de départ ; signaux de tempo et départ ; signaux de fin. La majorité des signaux utilisés ont été choisis et édités par Pascale Criton et Benoît Navarret à partir d'une banque de sons existante²⁷. Ces signaux ont été conçus dans l'optique de construire un langage vibrotactile adapté à différentes conditions

perceptives et son application pour des consignes de synchronisation entre musiciens en situation de jeu collectif.

- 17 Dix personnes entre 25 et 58 ans, issues de différentes formations et professions²⁸, ont participé à cette étude. Ce panel comprenait sept hommes et une femme valides, un homme non-voyant, un homme malvoyant et une femme malentendante²⁹. À l'exception de deux personnes, toutes avaient une expérience de pratique musicale préalable en tant qu'amateurs ou professionnels (harpe, chant, guitare, batterie, piano, contrebasse et saxophone). À l'exception de la personne malentendante, toutes faisaient pour la première fois une expérience perceptive des vibrations. Chaque participant devait porter le bracelet vibrotactile sur le poignet du bras dominant.
- 18 Le test sur la perception de signaux vibrotactiles a été structuré en fonction de quatre situations perceptives et motrices, suivant un degré de difficulté progressif dans la réalisation des tâches : a) une situation de *complémentarité perceptive* où, pour les personnes entendant, le son diffusé à travers un casque audio correspondait au signal vibrotactile ; b) une situation *d'isolation auditive* où, pour toutes les personnes, seuls étaient diffusés les signaux vibrotactiles (utilisation du casque anti-bruit pour les entendants) ; c) une situation *d'interférence perceptive* où, pour les personnes entendant, une séquence musicale était diffusée au casque audio en même temps que le signal vibrotactile ; d) une situation *d'interférence perceptive avec tâche motrice* : pendant que des signaux vibrotactiles lui étaient transmis, le participant devait marquer une pulsation³⁰ sur la table avec la main du bras dominant (qui portait le bracelet).
- 19 Après une première phase de familiarisation avec le dispositif, le test comprenait quatre phases principales : 1. *Percevoir*, pour évaluer les seuils de perception des participants pour quatre séries de quinze signaux dans les quatre situations perceptives citées précédemment (a, b, c, d) ; chaque stimulus a été diffusé à deux intensités différentes (avec un écart de 10 dB). 2. *Différencier*, pour analyser les stratégies de catégorisation spontanée de seize signaux que les participants pouvaient déclencher librement en situation d'isolation auditive (b). 3. *Reconnaître*, pour évaluer les aptitudes de mémorisation et de reconnaissance des participants devant vingt paires de signaux (AA, AB), dans un temps linéaire non réversible, dans trois situations perceptives (b, c, d). 4. *Décrire*, pour analyser la capacité de description verbale qualitative de quatre signaux en situation d'isolation auditive (b).
- 20 Lors des trois premières phases (1, 2 et 3), les personnes devaient remplir sur ordinateur un formulaire³¹. La quatrième phase (4) comprenait un entretien oral semi-directif enregistré et transcrit. Les réponses recueillies à travers le formulaire et l'entretien semi-directif ont été analysées de manière quantitative (moyenne, médiane, mode et variance) et qualitative (analyse du discours pour l'extraction des catégories sémantiques sous-jacentes).

Résultats

Perception de l'intensité

Sensibilité selon l'intensité des signaux

- 21 En ce qui concerne les seuils de perception des signaux vibrotactiles, le pourcentage globalement élevé de réponses positives aux signaux (de 85% à 97.5% pour tous les

signaux) montre que le poignet est un endroit du corps pertinent pour diffuser des signaux. Cependant, la réception semble plus fine, intense ou intime sur la face antérieure du poignet ; le signal est perçu plus distant dans le rapport psychocorporel sur la face postérieure. Les participants ont manifesté une bonne capacité de discrimination des stimuli qui leur ont été proposés à deux intensités différentes. Les réponses à de faux stimuli (pour lesquels aucune vibration n'a été transmise) et aux stimuli effectifs (pour lesquels il y a eu une stimulation vibrotactile réelle), indiquent qu'ils ont pu différencier très distinctement une stimulation vibrotactile, même légère, de la peau au niveau du poignet, d'une absence de stimulation de cette zone.

Sensibilité selon l'allure de l'enveloppe d'amplitude et la structure des signaux

- 22 Les signaux réguliers et répétitifs de type pulsation ont été les mieux perçus. Mais la capacité de percevoir des signaux de haute fréquence, à une seule impulsion ou d'une vibration courte assez homogène s'est significativement réduite pour des intensités plus faibles lors des tâches d'isolation auditive (b) et d'interférence auditive (c).
- 23 Des difficultés de description des signaux se sont aussi produites avec des niveaux faibles qui, par exemple, ne provoquent que de « légers ressentis à la surface de la peau ». Toutefois, la phase d'entretien semi-directif final a permis de faire émerger une autre relation sensorielle selon l'intensité des signaux, avec des sensations de *plaisir* et de *déplaisir*. On constate ainsi une dualité entre une description cognitivement plus riche d'informations pour des signaux forts, mais parfois perçus comme désagréables, et une description moins précise des qualités du signal à des niveaux faibles mais plus confortables.

Sensibilité selon la situation perceptive du sujet

- 24 La comparaison des résultats d'une situation perceptive à l'autre ne permet pas d'établir de lien logique entre le nombre de participants qui ont perçu les signaux et la difficulté des tâches perceptives à effectuer. Les participants ont en effet mentionné que la tâche avec activité motrice (d) a été la plus compliquée, alors que la réussite pour cette tâche a été meilleure que pour les tâches d'isolation auditive (b) et d'interférence perceptive (c). Un effet de surprise pour les tâches (b) et (c) pourrait expliquer cette moins bonne perception des signaux vibrotactiles. Pour la tâche avec activité motrice (d) en revanche, il y a vraisemblablement eu un apprentissage – ou un effet d'entraînement – par la prise en compte progressive de la difficulté et une habitude probable à l'exposition répétée aux divers signaux vibratoires.

Catégorisation des signaux

- 25 Dans cette phase de l'expérience, les participants ont manifesté des aptitudes à différencier une variété de stimuli, de même qu'à les regrouper en fonction de ressemblances perçues. Une des attentes concernant la catégorisation libre des signaux vibrotactiles a été de savoir si les groupes de signaux définis par les sujets étaient similaires aux catégories fonctionnelles des chercheurs qui avaient guidé la construction des signaux. Or, les groupes de signaux ont été constitués par les participants en suivant des critères *descriptifs*³² des stimuli, à la différence des critères *fonctionnels* renvoyant au sens possible des consignes pour le jeu collectif. Ce constat est

compréhensible dans la mesure où les participants n'ont pas été tenus informés avant le test de l'usage possible des stimuli.

Vocabulaire utilisé

- 26 Les domaines d'activité des participants déterminent fortement la manière de catégoriser et d'exprimer les sensations. Pour la plupart issus de l'acoustique et du traitement du signal, ils ont privilégié un *langage objectif* pour décrire les propriétés des stimuli, c'est-à-dire une énonciation centrée sur l'objet, sans marques *subjectives* explicites³³. 20% des sujets ont toutefois employé des expressions subjectives telles que « manière dont le signal me touche » ; « je ressens » ; « j'ai l'impression de sentir » ; « donne la sensation qui te traverse ». Certains ont aussi utilisé un vocabulaire technique propre à leur domaine d'activité professionnelle (« pattern constant simple » ; « attaque » ; « durée de résonance » ; « décroissance progressive de l'amplitude », « spiralant »), par comparaison à un vocabulaire imagé plus libre formulé par d'autres participants (« montant », « descendant », « tourbillonnant », « vibrations d'un moteur », « pluies », « vagues »).

Groupes de signaux

- 27 Sur une base de 16 signaux, le nombre médian de groupes constitués par les participants est 4 (mode de 4 et moyenne de 4,9) ; le nombre minimal de groupes a été 3 pour un sujet et le nombre maximal a été 8 pour un autre. La coïncidence de la médiane et du mode, et leur relative proximité par rapport à la moyenne, indiquent que la distribution des données est relativement normale. Le nombre médian de groupes constitués montre une capacité discriminative de la part des sujets quant à leurs perceptions vibrotactiles ; le nombre de catégories est généralement discriminant et pertinent (ni trop réduit ni trop élevé par rapport au nombre de stimuli). Même dans les cas les plus extrêmes³⁴, la constitution de 7 ou 8 groupes n'est pas excessive et reste discriminante par rapport au nombre de stimuli proposés.

Critères de catégorisation

- 28 Chaque participant a employé 5 critères environ pour la catégorisation des signaux (la moyenne est 5,4 ; le mode est 5 et la médiane est 5). Les critères qui ont été spontanément les plus utilisés sont ceux portant sur la morphologie du signal (son enveloppe temporelle), sa texture, sa composition et sa récurrence temporelle : 9 participants sur 10 ont employé explicitement ces critères.
- 29 Pour le critère de morphologie du signal, deux catégories expérientielles ont émergé : signal *continu* (à travers des mots tels que « continu », « son tenu ») et signal *discontinu* (« percussion », « pulsation », « coups »). Pour le critère de composition du signal, les réponses peuvent être regroupées en deux types de catégories : signal *homogène* (« signaux similaires », « sons identiques », « une seule sensation ») et signal *hétérogène* (« signaux différents », « mélange », « plusieurs types de sensations », « élément composé », « continu + pulsation »). Pour le critère de texture du signal, le langage est plus figuré avec des termes assez variés en fonction des sensations produites par les stimuli (« frémissement », « irradie », « tourbillonnant », « spiralant », « vagues »). Pour le critère de récurrence temporelle du signal, l'attention a porté sur le caractère *unique* (« une pulsation », « un coup ») ou *répété* (« pattern constant simple »,

« plusieurs », « série », « répété plusieurs fois ») des éléments du signal, en apportant parfois même des précisions quant au nombre de répétitions (« deux coups », « répétition d'un pattern trois fois ») ou à la perception de motifs rythmiques (« séquence rythmique », « mélange de rythmes »).

- 30 Compte tenu de ces réponses, il nous a semblé pertinent de différencier les critères de composition du signal et de récurrence temporelle. Le critère de composition du signal renvoie à la capacité du participant à distinguer de manière globale un signal homogène ou hétérogène dans sa composition d'ensemble. En revanche, pour le critère de récurrence temporelle, la description quantitative devient explicite et, de ce fait, discriminante. Le participant passe ainsi de la perception globale d'un objet à la perception de plusieurs unités élémentaires de cet objet. Si ce type de perception analytique et quantitative a été favorisé par la nature des signaux choisis, par la tâche de catégorisation et l'activité professionnelle, les réponses des participants indiquent que la possibilité de dénombrer est un critère discriminant pour la perception vibrotactile.
- 31 On trouve en deuxième position l'utilisation du critère de tendance évolutive du signal (8 sujets sur 10). Ceci montre une capacité d'identification de certaines variations des propriétés d'un même signal. Les participants faisaient référence au caractère *uniforme* (« monotone », « constant », « uniforme ») ou *changeant* du signal (« montant », « descendant », « intensités variantes »).
- 32 Les critères d'intensité (faible/fort), de durée (bref/long) et de vitesse (lent/rapide) ont été moins fréquemment évoqués. De plus, un seul sujet a employé le critère de topique corporelle pour catégoriser sa perception des stimuli. Il les a alors différenciés en fonction du degré de pénétration et de la dynamique des vibrations dans son corps. Il a distingué des vibrations plus *superficielles* (« surface de la peau ») et plus *profondes* (« traversée intérieure », « plus interne ») par rapport à l'épaisseur de son corps. Deux participants non-voyants ont créé la catégorie « vide » (sans critère positif), pour y inclure par défaut des signaux qu'ils ne pouvaient pas identifier, classer ou percevoir avec précision.
- 33 Les sept catégories sémiotiques de signaux que nous avons proposées implicitement dans cette expérience peuvent être ramenées à quatre, voire trois grandes catégories du point de vue de leur structure : 1. les catégories de tempo, de pulsation et de repères partitifs ; 2. les catégories de départ, de fin et, parfois, de tempo et départ ; 3. la catégorie des signaux préparatoires qui semble distincte des autres.
- 34 Trois groupes ont émergé des réponses des participants, ce qui est cohérent avec la nature des stimuli proposés. Les participants ont eu tendance à associer d'une part, les catégories de tempo, de pulsation et de repères partitifs ; d'autre part, les catégories de départ, de fin et parfois de tempo et départ. La catégorie des signaux préparatifs (vibrations continues, en forme de « nappe ») se démarque des autres. Il est ainsi possible de retenir quatre catégories fondamentales de signaux vibrotactiles, selon s'ils présentent une structure continue, discontinue, granuleuse ou de type impulsion (figures 1 à 4)³⁵.

Figure

Évolution de l'intensité d'un signal vibratoire de type « impulsion », hautes fréquences.

Figure

Évolution de l'intensité d'un signal vibratoire de type « impulsion et résonant », basses fréquences.

Figure

Évolution de l'intensité d'un signal vibratoire de type « continu et granuleux », basses fréquences.

Figure

Évolution de l'intensité d'un signal vibratoire de type « continu en perception et résonant », avec une progression de signaux basses fréquences vers hautes fréquences.

- 35 Les analyses nous ont donc permis de constater que les catégorisations des participants correspondaient *globalement* à la structure réelle des signaux que nous avons construits. Cela semble indiquer que les différences de « forme » vibrotactile (morphologie du signal) sont *globalement* perceptibles sans apprentissage explicite, ce qui n'est toutefois pas le cas pour des différences plus subtiles (au niveau de la texture et de la composition par exemple). À ce titre, les signaux partitifs (indiquant des séquences) et de tempo par exemple, ont pu être confondus à cause de la proximité de leurs propriétés morphologiques. Néanmoins, compte tenu des classifications spontanées de certains participants, cet apprentissage ne devrait pas constituer un obstacle à l'utilisation des catégories sémiotiques proposées.

Mémorisation et reconnaissance des signaux

- 36 Dans la phase *Reconnaître*, le pourcentage de réponses en adéquation avec les paires de stimuli oscillait entre 53% et 73%. Il faut prendre en considération que l'enchaînement

des signaux d'une série a été assez rapide et sans possibilité de réécoute. Les réponses « erronées » par rapport aux paires de stimuli³⁶ se sont logiquement produites sur des paires de signaux assez proches du point de vue de leur structure et leur morphologie. Or, le caractère « adéquat » ou « inadéquat » des réponses est à interpréter ici non pas en tant que jugement, qui se contente de rejeter l'« erreur » sur une supposée incapacité du sujet, mais en tant que constat qui permet d'interroger la construction des signaux ou leurs conditions de diffusion : nos signaux sont-ils efficaces ? Résistent-ils à diverses situations de diffusion ?

- 37 Les participants ont pu distinguer des *signaux de tempo* et des *signaux de pulsation* de même vitesse, donc des signaux structurellement assez proches (entre 73% et 86% pour la paire 17). Ils sont parvenus à reconnaître plus précisément la répétition d'un même signal de pulsation (96% pour la paire 6) et distinguer des signaux différents à l'intérieur de cette même catégorie, tout en étant sensibles aux différences de vitesse (93% pour la paire 1). Ils ont aussi pu discriminer les *signaux de pulsation* et de *préparation* (96%). En ce qui concerne la catégorie des *signaux de repères partitionnés*, seulement 63% des participants sont parvenus à distinguer deux signaux différents à l'intérieur de la même catégorie. Ils ont relativement bien détecté les signaux de repères et les signaux de tempo pour des vitesses différentes. Ils ont su distinguer certains *signaux préparatoires* (entre 60% et 83%) mais ont éprouvé des difficultés à reconnaître dans cette catégorie un signal répété. La répétition d'un même *signal de départ* a été identifiée (80%) avec, à l'opposé, des difficultés à distinguer des signaux différents de cette même catégorie (53%). Les signaux de départ sont difficiles à dissocier des *signaux de fin* (entre 56% et 70% pour la paire 16). Les différences (80%) et répétitions (93%) de signaux de fin ont bien été relevées par la plupart des participants.

Description langagière des sensations vibrotactiles

- 38 Le nombre et le type de critères employés pour décrire un signal vibrotactile varient d'un participant à l'autre en fonction de son univers perceptif³⁷, de son métier, de ses centres d'intérêt, de sa disposition attentionnelle et émotionnelle. L'emploi explicite et spontané des critères de description dépend aussi de la nature et de la structure du stimulus. Des critères peuvent alors être considérés par les participants plus pertinents que d'autres pour un signal donné. Dans la phase *Décrire*, le critère de la « morphologie du signal » (enveloppe temporelle) est resté la première dimension exprimée. La « tendance évolutive du signal » a été la deuxième dimension la plus fréquente. Les participants ont été très sensibles à ce qui change ou ne change pas dans l'évolution temporelle du signal, du point de vue de l'intensité et de la sensation de vitesse dans la structure des signaux. L'« intensité globale » et la « récurrence temporelle » ont été ensuite les critères les plus utilisés. En revanche, la « texture » et la « composition » du signal ont été moins évoquées explicitement.
- 39 Des critères ont structuré implicitement les données verbales et non verbales (comme des gestes moteurs) des participants dans la description qualitative de leurs sensations vibrotactiles. Ils sont dans la continuité des critères qui ont émergé lors de la tâche de catégorisation libre (phase *Différencier*)³⁸. Par ailleurs, l'effet d'apprentissage est un facteur essentiel dans la conception et l'analyse de cette expérience sensorielle. La caractérisation, l'expression verbale et la structuration du sens du tact dépendent fortement de l'apprentissage du sujet tout au long de ses expériences. De plus, le

nombre et les intitulés de critères sollicités dans l'évaluation des signaux tendent à se formaliser et s'appliquer avec une certaine systématique.

- 40 La caractérisation langagière des sensations vibrotactiles étant un exercice exigeant³⁹, cette tâche a été prévue comme dernière phase de l'expérience. Les sujets que nous avons rencontrés ont semblé peu habitués à décrire les sensations vibrotactiles et ont fait part, parfois explicitement, de leur difficulté à employer un vocabulaire précis pour décrire leurs perceptions. Cette expérience a confirmé que nous avons des capacités significatives pour percevoir, différencier et reconnaître des vibrations bien circonscrites, mais des difficultés pour décrire avec des mots nos perceptions vibrotactiles. Nous ne sommes probablement pas éduqués à prendre conscience de cette modalité perceptive et à la formuler à travers les catégories du langage. Il s'ensuit que l'entretien verbal a favorisé l'emploi de figures et d'analogies langagières, ainsi que de gestes moteurs de grande iconicité⁴⁰, tels que *taper sur la table*, ou le choix d'*onomatopées* pour décrire les perceptions suscitées par les signaux. Des analogies et des métaphores ont aussi été employées pour exprimer la fonction communicative potentielle attribuée aux signaux⁴¹.

Conclusion

- 41 Les résultats de cette expérience exploratoire confirment la dimension potentiellement signifiante des stimulations vibrotactiles pour un sujet incarné, les possibilités perceptives et sémiotiques d'élaborer ces stimulations dans un système de signes vibrotactiles, ainsi que la pertinence globale du dispositif utilisé comme support technique. La diversité des critères recueillis et les capacités de discrimination observées ont d'abord révélé que le poignet est une zone corporelle pertinente pour diffuser des signaux vibrotactiles. La position du capteur au poignet semble être adaptée aux usages que nous envisagions initialement, à savoir la pratique collective des musiques électroniques.
- 42 Les sujets peuvent facilement percevoir des vibrations sur le poignet avec une sensibilité variable selon l'intensité des signaux, leur morphologie, leur contenu fréquentiel et leur récurrence temporelle. Cependant, la capacité d'identification, de discrimination et de reconnaissance des signaux dépend en particulier du niveau de diffusion. Un sujet peut percevoir une vibration d'intensité faible, mais sur un plan qualitatif, cette perception peut être plus délicate à appréhender et à décrire. De plus, la pertinence du niveau d'intensité du signal vibrotactile dépend de la fonction attribuée à ce signal. Si le signal vibrotactile est diffusé pour un usage *sémiotique* (communication de messages codés pour l'interprétation collective), il est fondamental que le signal soit perçu de manière très précise du point de vue de sa structure, afin de remplir une fonction communicative sans équivoque. Si le signal est utilisé comme *retour sensoriel* du jeu instrumental (feed-back), il semble exister, plus ou moins consciemment, une certaine tolérance de précision dans l'accompagnement et le soutien de l'expérience sensorimotrice.
- 43 La diversité des critères montre aussi une complexité et une richesse potentielle de la perception vibrotactile, susceptible d'être élaborée à travers l'apprentissage et permettant d'envisager son utilisation dans la médiation culturelle entre le participant et son environnement. L'aptitude du sujet à catégoriser des perceptions vibrotactiles dépend significativement de ses expériences passées impliquant la modalité

sensorielle du toucher et des vibrations (éducation, apprentissages, pratiques, profession, handicap, etc.). Or, la majorité des participants a exprimé ne jamais avoir fait d'expérience sur les vibrations exigeant d'eux une réflexion consciente et une verbalisation de leurs perceptions⁴². Toutefois, les individus ont des perceptions fines qu'ils sont capables d'ordonner.

- 44 Les critères que les participants ont privilégiés spontanément pour la catégorisation et la description des signaux ont été la « morphologie du signal », sa « composition », sa « texture », sa « récurrence temporelle », sa « tendance évolutive », son « intensité », sa « durée » et la sensation de « vitesse » qu'il procure. Ces critères perceptifs ne semblent pas s'exclure mutuellement, mais plutôt s'entremêler sans que nous puissions faire clairement l'hypothèse de l'existence de rapports hiérarchiques entre eux. Par ailleurs, la différenciation des critères « composition » et « récurrence temporelle » du signal vibrotactile donne une idée du degré de détail que le sujet est potentiellement capable de mobiliser dans la structuration de sa perception, notamment dans sa capacité à compter des éléments discrets qui composent un signal vibrotactile. La différenciation de ces deux critères perceptifs semble renvoyer, au niveau de la perception, à un état intermédiaire entre le discret et le continu, où le participant perçoit des éléments discrets sans pouvoir les compter pour autant.
- 45 Dans le cadre des nouvelles « augmentations » technologiques et perceptives du corps, ce type de recherche centrée sur l'expérience sensorielle du sujet parlant permet d'interroger l'expérience intime des sensations du corps subjectivé, dans les multiples dimensions de la perception, de la représentation catégorielle, de l'affect et de l'expression (verbale et non verbale) liés à l'expérience sensorielle des vibrations. Notre approche méthodologique contribue ainsi à une lecture des nouvelles technologies en lien avec les enjeux individuels propres au sujet incarné. Les nouvelles technologies ne sollicitent pas seulement l'expérience corporelle, elles la transforment. La poursuite de ce type de recherche sur les vibrations proposera d'étudier ces transformations, en relation avec l'évolution des pratiques instrumentales contemporaines dans les sphères des pratiques artistiques⁴³. L'étude des transformations de l'expérience corporelle induites par des pratiques innovantes a des retombées importantes dans une société plurielle qui favorise l'intégration de ses populations diverses et particulièrement l'inclusion des publics en situation de handicap.

BIBLIOGRAPHIE

- Benveniste, Émile, « Communication animale et langage humain », in *Problèmes de linguistique générale 1*, Paris, Gallimard, 1966.
- Birnbaum, David M., *Musical Vibrotactile Feedback*, Montreal, McGill University, 2007.
- Cance, Caroline, « Expériences de la couleur, ressources linguistiques et processus discursifs, dans la construction d'un espace visuel : l'habitable automobile », thèse de doctorat, Université Sorbonne Nouvelle - Paris 3, 2008.

- Cance, Caroline, Genevois, Hugues et Dubois, Danièle, « What is Instrumentality in New Digital Musical Devices? A Contribution from Cognitive Linguistics & Psychology », *CIM*, n° 9, « La Musique et ses instruments », 2009.
- Criton, Pascale, « Écouter autrement : jouer avec les vibrations sonores », trad. « Listening otherwise. Playing with vibrations », Athènes, Proceedings ICMC, 2014, p. 1805-1809. [En ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01073237/document> [consulté le 15 septembre 2018].
- Criton, Pascale, Genevois, Hugues, Falucci, Elsa et Patiño-Lakatos, Gabriela, « Histoires sensibles. Une expérience de création Vibsonore à l'Institut national de jeunes sourds », *Journal de Saint-Jacques*, n° 43, 2014, INJS Paris, p. 18-20.
- Cuxac, Christian, « Iconicité des langues des signes : mode d'emploi », *Cahiers de linguistique analogique*, n° 1, 2003, p. 239-264.
- Daud, Roshada, Maeda, Setsuo, Kameel, Nur Nazmin Mustafa, Ripin, Muhamad Yunus, Bakrun, Norazman, Md Zein, Raemy, Kido, Masaharu et Higuchi, Kiyotaka, « A Pilot Study of Reference Vibrotactile Perception Thresholds on the Fingertip Obtained with Malaysian Healthy People Using ISO 13091-1 Equipment », *Industrial Health*, n° 42, 2004, p. 189-195.
- Despret, Vinciane, *Bêtes et hommes*, Paris, Gallimard, 2007.
- Dubois, Danièle (dir.), *Le Sentir et le dire : concepts et méthodes en psychologie et linguistique cognitives*, Paris, L'Harmattan, 2009.
- Dubois, Danièle et Cance, Caroline, « Vers une sémiotique du sensible : des couleurs en discours et en pratiques », *Histoire, Épistémologie Langage*, n° 34.1, « La linguistique cognitive : histoire et épistémologie », 2012, p. 63-95.
- Eco, Umberto, *Le Signe*, Bruxelles, Labor, 1988.
- Farina, Almo et Pieretti, Nadia, « From Umwelt to Soundtope : An Epistemological Essay on Cognitive Ecology », *Biosemiotics*, n° 7, 2014, p. 1-10.
- Fritz, Claudia et Dubois, Danièle, « Perceptual Evaluation of Musical Instruments : State of the Art and Methodology », *Acta Acustica United With Acustica*, n° 101, 2015, p. 369-381.
- Gandhi, Minu S., Sesek, Richard, Tuckett, Robert et Bamberg, Stacy J., « Progress in Vibrotactile Threshold Evaluation Techniques: A Review », *Journal of Hand Therapy*, 2011.
- Gehlen, Arnold, *Essais d'anthropologie philosophique*, Paris, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2009.
- Genevois, Hugues, « Nouveaux outils/nouveaux gestes musicaux : de l'instrument mécanique aux dispositifs numériques », Colloque Modèle instrumental et lutheries numériques, Rennes, 2009.
- Genevois, Hugues et Criton, Pascale, « Hétérotopies sonores : proposition pour une écoute plurielle », Paris, colloque Acoustique et composition, CDMC, 2011.
- Gentaz, Édouard, *La Main, le cerveau et le toucher*, Paris, Dunod, 2018.
- Golse, Bernard, *Les Destins du développement chez l'enfant*, Toulouse, Erès, 2010.
- Hatwell, Yvette, Streri, Arlette et Gentaz, Édouard, *Toucher pour connaître : Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*, Paris, PUF, 2000.
- Hopkins, Carl, Maté-Cid, Saul, Fulford, Robert, Seiffert, Gary et Ginsborg, Jane, « Vibrotactile Presentation of Musical Notes to the Glabrous Skin for Adults with Normal Hearing or a Hearing Impairment: Thresholds, Dynamic Range and High-Frequency Perception », *PLOS ONE*, 18 mai 2016.

INSHEA, UPAM, Colloque international Handicap, éducation artistique et culturelle : acteurs, publics, pratiques, 27 et 28 juin 2013, Musée du Quai Branly, 2014. [En ligne] <http://www.inshea.fr/fr/content/colloque-handicap-%C3%A9ducation-artistique-et-culturelle-27-et-28-juin-2013-au-mus%C3%A9-du-quai> [15 septembre 2018].

Katz, Brian F. et Ammi, Mehdi, « Intermodal audio-haptic metaphor: Improvement of communication and interpersonal awareness for collaborative search tasks », *Virtual Reality*, n° 19, 2015, p. 235-252.

Leroi-Gourhan, André, *Le Geste et la parole*, t. 1, *Technique et langage*, Paris, Albin Michel, 1964.

Merleau-Ponty, Maurice, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Gallimard, 1945.

Navarret, Benoît, Le Carrou, Jean-Loïc, Sèdes, Anne, Ollivier, François et Fujiso, Yo, « Étude perceptive et dynamique de la guitare électrique », *CIM*, n° 09, « La Musique et ses instruments », 2009.

Paté, Arthur, Le Carrou, Jean-Loïc, Navarret, Benoît et Fabre, Benoît, « A Vibro-acoustical and Perceptive Study of the Neck-to-body Junction of a Solid-body Electric Guitar », Nantes, 11^e congrès français d'acoustique *Acoustics*, 2012.

Paté, Arthur, Givois, Arthur, Le Carrou, Jean-Loïc, Vaiedelich Stéphane, *Harpsichord Voicing : The Player's Auditive and Tactile Perception*, actes de colloque, La Plata, ISMRA, 2016.

Paillard, Jacques, « Tonus, posture et mouvements », in Kayser, Charles (dir.), *Physiologie*, t. 2, Paris, Flammarion, 1976, p. 521-728.

Patiño-Lakatos, Gabriela, « Toucher et voir le son : approches sensorielles du son dans une pédagogie multimodale. Expérience à l'Institut national de jeunes sourds de Paris (2012-2013) », rapport de recherche *Pédagogie artistique numérique accessible et multimodale*, ANR, 2016. [En ligne] <http://inshea.fr/fr/content/p%C3%A9dagogie-artistique-num%C3%A9rique-accessible-et-multimodale> [15 septembre 2018].

Tomasello, Michael, *The Cultural Origins of Human Cognition*, Cambridge, Harvard University Press, 1999.

Uexküll (von), Jakob, *Mondes animaux et monde humain, suivi de La théorie de la signification* [1934], Paris, Denoël, 1965.

Verine, Bertrand (dir.), *Dire le non-visuel. Approches pluridisciplinaires des discours sur les perceptions autres que la vue*, Liège, Presses Universitaires de Liège, 2014.

Wallon, Henri, *Les Origines du caractère chez l'enfant* [1934], Paris, PUF, 1973.

Wollman, Indiana, Fritz, Claudia et Frelat Joël, « On the Characterization of Vibrotactile Feedback in Violinists' Left Hand : A Case Study », *Acta Acustica united with Acustica* 101, n° 2, 2015.

NOTES

1. Roshada Daud, Setsuo Maeda, Nur Nazmin Mustafa Kameel, Muhamad Yunus Ripin, Norazman Bakrun, Raemy Md Zein, Masaharu Kido et Kiyotaka Higuchi, « A Pilot Study of Reference Vibrotactile Perception Thresholds on the Fingertip Obtained with Malaysian Healthy People Using ISO 13091-1 Equipment », *Industrial Health*, n° 42, 2004, p. 189-195 ; David M. Birnbaum, *Musical Vibrotactile Feedback*, Montreal, McGill University, 2007 ; Minu S. Gandhi, Richard Seseck, Robert Tuckett et Stacy J. Bamberg, « Progress in Vibrotactile Threshold Evaluation Techniques : A Review », *Journal of Hand Therapy*, 2011 ; Indiana Wollman, Claudia Fritz et Joël Frelat, « On the

Characterization of Vibrotactile Feedback in Violinists' Left Hand : A Case Study », *Acta Acustica united with Acustica* 101, n° 2, 2015 ; Pascale Criton, « Écouter autrement : jouer avec les vibrations sonores », [Listening otherwise. Playing with vibrations], Athènes, Proceedings ICMC, 2014, p. 1805-1809. [En ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01073237/document> [consulté le 15 septembre 2018] ; Brian F. Katz et Mehdi Ammi, « Intermodal audio-haptic metaphor: Improvement of communication and interpersonal awareness for collaborative search tasks », *Virtual Reality*, n° 19, 2015, p. 235-252 ; Carl Hopkins, Saul Maté-Cid, Robert Fulford, Gary Seiffert et Jane Ginsborg, « Vibrotactile Presentation of Musical Notes to the Glabrous Skin for Adults with Normal Hearing or a Hearing Impairment: Thresholds, Dynamic Range and High-Frequency Perception », *PLOS ONE*, 18 mai 2016 ; Arthur Paté, Jean-Loïc Le Carrou, Benoît Navarret et Benoît Fabre, « A Vibro-acoustical and Perceptive Study of the Neck-to-body Junction of a Solid-body Electric Guitar », Nantes, 11^e congrès français d'acoustique *Acoustics*, 2012 ; Gabriela Patiño-Lakatos, « Toucher et voir le son : approches sensorielles du son dans une pédagogie multimodale. Expérience à l'Institut national de jeunes sourds de Paris (2012-2013) », rapport de recherche *Pédagogie artistique numérique accessible et multimodale*, ANR, 2016. [En ligne] <http://inshea.fr/fr/content/p%C3%A9dagogie-artistique-num%C3%A9rique-accessible-et-multimodale> [15 septembre 2018].

2. INSHEA, UPAM, Colloque international Handicap, éducation artistique et culturelle : acteurs, publics, pratiques, 27 et 28 juin 2013, Musée du Quai Branly, 2014. [En ligne] <http://www.inshea.fr/fr/content/colloque-handicap-%C3%A9ducation-artistique-et-culturelle-27-et-28-juin-2013-au-mus%C3%A9e-du-quai> [15 septembre 2018].

3. Nous entendons ce sujet comme une formation incarnée, complexe et dynamique, dont l'existence partiellement consciente et inconsciente est le résultat d'une construction sociale, historique, sémiotique et culturelle. Du point de vue de son expérience corporelle, « le sujet de la sensation n'est ni un penseur qui note une qualité, ni un milieu inerte qui serait affecté ou modifié par elle, il est une puissance qui co-naît à un certain milieu d'existence ou se synchronise avec lui » in Maurice Merleau-Ponty, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Gallimard, 1945, p. 256. Le sujet connaissant et percevant, traversé par une dimension affective fondamentale, est un sujet à la fois agissant et pâtissant dans sa manière d'habiter le monde.

4. Avec le soutien de la Fédération des aveugles et amblyopes de France.

5. Bertrand Verine (dir.), *Dire le non-visuel. Approches pluridisciplinaires des discours sur les perceptions autres que la vue*, Liège, Presses Universitaires de Liège, 2014, p. 11.

6. Selon des propriétés tactiles de température, d'hygrométrie, de poids, de forme, de taille, de texture et de vibration.

7. Bertrand Verine (dir.), *Dire le non-visuel. Approches pluridisciplinaires des discours sur les perceptions autres que la vue*, Liège, Presses Universitaires de Liège, 2014, p. 19.

8. Édouard Gentaz, *La Main, le cerveau et le toucher*, Paris, Dunod, 2018, p. 9.

9. Jacques Paillard, « Tonus, posture et mouvements », in Charles kayser (dir.), *Physiologie*, t. 2, Paris, Flammarion, 1976.

10. Yvette Hatwell, Arlette Streri, Édouard Gentaz, *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*, Paris, PUF, 2000 ; Édouard Gentaz, *La Main, le cerveau et le toucher*, Paris, Dunod, 2018.

11. La *perception* désigne l'ensemble de processus psychocorporels, sociaux et culturels concourant à la formation de percepts ou de formes sensibles éprouvées en tant que phénomènes par un sujet. Le percept en tant que résultat partiel et toujours relatif de la perception se distingue en ce sens du *stimulus*.

12. Caroline Cance, « Expériences de la couleur, ressources linguistiques et processus discursifs dans la construction d'un espace visuel : l'habitable automobile », thèse de doctorat, Université Sorbonne Nouvelle - Paris 3, 2008.

13. Danièle Dubois, Caroline Cance, « Vers une sémiotique du sensible : des couleurs en discours et en pratiques », in *Histoire, Épistémologie Langage*, tome 34, fascicule 1, « La linguistique cognitive : histoire et épistémologie », 2012, p. 63-95.
14. Almo Farina, Nadia Pieretti, « From Umwelt to Soundtope : an Epistemological Essay on Cognitive Ecology », *Biosemiotics*, n° 7, 2014, p. 1-10 ; Vinciane Despret, *Bêtes et hommes*, Paris, Gallimard, 2007 ; Jakob von Uexküll, *Mondes animaux et monde humain*, suivi de *La Théorie de la signification* [1934], Paris, Denoël, 1965.
15. Danièle Dubois (dir.), *Le Sentir et le dire : concepts et méthodes en psychologie et linguistique cognitives*, Paris, L'Harmattan, 2009.
16. Benoît Navarret, Jean-Loïc Le Carrou, Anne Sèdes, François Ollivier et Yo Fujiso, « Étude perceptive et dynamique de la guitare électrique », in *CIM09 : La Musique et ses Instruments*, Paris, LAM/IJLRDA, 2009 ; Claudia Fritz et Danièle Dubois, « Perceptual Evaluation of Musical Instruments : State of the Art and Methodology », *Acta Acustica United With Acustica*, n° 101, 2015, p. 369-381 ; Claudia Fritz et Danièle Dubois, « Perceptual Evaluation of Musical Instruments: State of the Art and Methodology », *Acta Acustica United With Acustica*, n° 101, 2015, p. 369-381 ; Arthur Paté, Jean-Loïc Le Carrou, Benoît Navarret et Benoît Fabre, « A Vibro-acoustical and Perceptive Study of the Neck-to-body Junction of a Solid-body Electric Guitar », Nantes, 11^e congrès français d'acoustique *Acoustics*, 2012 ; Arthur Paté, Arthur Givois, Jean-Loïc Le Carrou et Stéphane Vaiedelich, *Harpsichord Voicing : The Player's Auditive and Tactile Perception*, actes de colloque, La Plata, ISMRA, 2016.
17. Le linguiste Émile Benveniste a défini de manière précise le *signe* à partir du modèle du *signe linguistique* pour le distinguer du *signal*. Cependant, la définition qu'en donne le sémioticien Umberto Eco à partir de la conception peircienne du *signe* nous semble plus adaptée à l'objet d'expérience qui est le nôtre : le *signe* est quelque chose qui tient lieu, pour quelqu'un, de quelque chose sous un certain rapport de représentation et en vue d'un usage pratique. Le *signe* est un élément de communication et de signification en vertu de sa participation à un code commun, même imprécis, fragmentaire et provisoire (*Le Signe*, Bruxelles, Labor, 1988, p. 33-34, p. 40-41).
18. Henri Wallon, *Les Origines du caractère chez l'enfant* [1934], Paris, PUF, 1973 ; André Leroi-Gourhan, *Le Geste et la parole*, t. 1, *Technique et langage*, Paris, Albin Michel, 1964 ; Arnold Gehlen, *Essais d'anthropologie philosophique*, Paris, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2009 ; Michael Tomasello, *The Cultural Origins of Human Cognition*, Cambridge, Harvard University Press, 1999.
19. Hugues Genevois, Pascale Criton, « Hétérotopies sonores : proposition pour une écoute plurielle », Paris, colloque Acoustique et composition, CDMC, Paris, 2011.
20. [En ligne] <http://www.deaf.elemedu.upatras.gr/images/Proceedings/THE%20PALLOPHONE.pdf> [consulté le 15 septembre 2018].
21. Le pallophone est un instrument vibrotactile portable [Genevois, 2015].
22. [En ligne] <http://www.agence-nationale-recherche.fr/Projet-ANR-12-CORD-0005> [consulté le 15 septembre 2018].
23. Pascale Criton, « Écouter autrement : jouer avec les vibrations sonores », [« Listening otherwise. Playing with vibrations »], Athènes, Proceedings ICMC, 2014, p. 1805-1809. [En ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01073237/document> [consulté le 15 septembre 2018] ; Pascale Criton, Hugues Genevois, Elsa Falucci, Gabriela Patiño-Lakatos, « Histoires sensibles. Une expérience de création vibsonore à l'Institut national de jeunes sourds », *Journal de Saint-Jacques*, n° 43, 2014, p. 18-20 ; Gabriela Patiño-Lakatos, « Toucher et voir le son : approches sensorielles du son dans une pédagogie multimodale. Expérience à l'Institut national de jeunes sourds de Paris (2012-2013) », rapport de recherche *Pédagogie artistique numérique accessible et multimodale*, ANR, 2016. [En ligne] <http://inshea.fr/fr/content/p%C3%A9dagogie-artistique-num%C3%A9rique-accessible-et-multimodale> [15 septembre 2018].
24. Transducteur Dayton Audio 13 mm 8 ohms NXT.

25. L'expérience a été conçue par Gabriela Patiño-Lakatos (CIRCEFT) et Hugues Genevois, avec la collaboration de Pascale Criton pour le codage des signaux et leurs usages possibles, de Gérard Uzan (Laboratoire THIM – Université Paris 8) pour l'ergonomie et les usages du dispositif technique, de Benoît Navarret (Laboratoire IReMus – Sorbonne Université et LAM) pour la réalisation des mesures du dispositif en laboratoire et leur analyse.
26. Pour l'identification de groupes et de séquences.
27. Banque de sons du logiciel Apple *Garage Band*.
28. Physique, psychologie, ergonomie, sciences de l'ingénieur, musicologie, histoire de l'art.
29. Communication grâce à des audioprothèses, la lecture labiale et/ou la langue des signes française (LSF).
30. En soutien, la pulsation était *audible* par un signal sonore diffusé au casque d'écoute et *visible* par un signal visuel affiché à l'écran, dans l'interface graphique logicielle.
31. Pour les deux personnes non-voyantes, ce formulaire a été rempli avec l'aide d'un tiers.
32. Sur la morphologie des signaux, par exemple.
33. Telles que des marques de la personne avec les pronoms personnels « je » et « tu ».
34. Seulement deux cas en total.
35. L'axe temporel, en abscisses, et l'axe des amplitudes, en ordonnées sont de même échelle pour chacune de ces figures.
36. Dans le cas par exemple où deux signaux différents (AB) ont été identifiés comme identiques.
37. De son rapport aux canaux visuel, auditif et tactile.
38. Cette continuité est favorisée par le fait que les quatre signaux employés pour la dernière phase de l'expérience étaient issus des signaux utilisés dans les phases précédentes.
39. Notamment du fait que notre quotidien ne nous incite pas nécessairement à procéder à cette tâche.
40. Christian Cuxac, « Iconicité des langues des signes : mode d'emploi », *Cahiers de linguistique analogique*, n° 1, 2003, p. 239-264.
41. Comme pour le cas des signaux de préparation et départ, alerte, avertissement ou préparation à toute autre action (« saut à la perche », « bâton de théâtre », « coup de téléphone », « alarme », « bateau qui démarre », « rafale de mitrailleuse », « pompe à eau », « vibration d'un téléphone portable », « marteau piqueur », « pivert », « grillon », « alerte aux moustiques »).
42. La catégorisation consciente des sensations vibrotactiles n'est en effet pas habituelle dans l'expérience quotidienne des individus sans handicap.
43. Caroline Cance, Hugues Genevois et Danièle Dubois, « What is Instrumentality in New Digital Musical Devices? A Contribution from Cognitive Linguistics & Psychology », *CIM*, n° 9, « La Musique et ses instruments », 2009 ; Hugues Genevois, « Nouveaux outils/nouveaux gestes musicaux : de l'instrument mécanique aux dispositifs numériques », colloque *Modèle instrumental et lutherie numériques*, Rennes, 2009.

RÉSUMÉS

Modalité essentielle dans l'appréhension de l'environnement, la perception des vibrations peut apporter des solutions innovantes dans le renouvellement de pratiques instrumentales complexes, socialement partagées et adaptées à différentes conditions perceptives (public voyant, non-voyant, entendant, non-entendant). Cet article présente les résultats d'une

expérience exploratoire menée sur la perception de stimulations vibrotactiles transmises à travers un dispositif vibrant. L'originalité de cette étude réside en ce qu'elle vise à articuler une approche subjective de l'expérience sensorielle avec les avancées scientifiques et technologiques répertoriées dans les domaines de la vibroacoustique, de l'électroacoustique et de la musique. La perception vibrotactile a été explorée en vue de son application à l'interprétation d'une pratique instrumentale complexe, le jeu musical. Cette pratique artistique revêt un caractère exemplaire et généralisable sous certains aspects à toute activité exigeante du quotidien, dans une situation individuelle ou collective.

INDEX

Mots-clés : vibrations, perception, retour sensoriel, sémiotique, interprétation musicale, lutherie numérique

AUTEURS

HUGUES GENEVOIS

Hugues Genevois est chercheur en acoustique musicale et musicien. De formation scientifique (Télécom ParisTech et maîtrise en sciences physiques), il s'intéresse très tôt à la composition musicale et aux possibilités qu'offre l'ordinateur pour la synthèse sonore, étudiant en particulier auprès de Iannis Xenakis. Il est aujourd'hui membre du LAM (équipe lutherie-acoustique-musique de l'institut Jean le Rond d'Alembert), équipe qu'il a dirigée de 2007 à 2018. Il est par ailleurs membre de plusieurs ensembles de musique électroacoustique *live* (Orchestre national électroacoustique, Moon Module, la Hurlé) et auteur de nombreuses musiques à l'image et installations sonores, notamment pour le Centre national d'études spatiales. Ses recherches portent principalement sur les nouvelles lutherie et l'interaction musicien/instrument. Sorbonne Université, CNRS, Institut Jean Le Rond d'Alembert, équipe LAM, Paris, France. hugues-alain.genevois[a]sorbonne-universite.fr

BENOÎT NAVARRET

Benoît Navarret est maître de conférences au sein de l'UFR de musique et musicologie de Sorbonne Université. Il enseigne l'acoustique musicale, les techniques d'enregistrement, l'écoute critique en phonographie et l'organologie en lien avec les pratiques et la recherche dans le champ des musiques actuelles. Spécialiste de la guitare électrique et des interfaces du jeu instrumental qui structurent son environnement de création, il a mené durant sa thèse (Université Paris 8/LAM) et ses contrats post-doctoraux (LAM-Musée de la musique) des études perceptives auprès de musiciens, portant notamment sur l'expression et l'analyse de ressentis, et la relation de l'artiste à l'instrument. Il a travaillé en tant que guide-conférencier et chercheur au Musée de la musique de Paris, et comme auteur de contenus pédagogiques pour la Cité de la musique. Il est par ailleurs journaliste-pigiste pour la presse française spécialisée en guitare. Bibliographie sélective : Benoît Navarret, Marc Battier, Philippe Bruguère *et al.* (dir.), « Quand la guitare [s']électrise ! Actes du colloque », Paris, Sorbonne Université Presses, « Musiques », 2020 ; Benoît Navarret, *La Stratocaster 1954. Naissance d'une étoile*, Paris, Philharmonie de Paris, « Musée de la musique », 2019 ; Benoît Navarret et Maurice Rousteau, « Perceptual study of touch on a Pleyel piano from the collection of the Paris Museum of Music », *Wood MusICK COST Action*, 2015 ; Otso Lähdeoja, Benoît Navarret *et al.*, « The electric guitar: an augmented instrument and a tool for musical composition », *Journal of Interdisciplinary Music Studies*, 2010.

Sorbonne Université, Faculté des Lettres, UFR Musique et musicologie, Paris, France. Institut de Recherche en Musicologie, IReMus, UMR 8223, Paris, France. benoit.navarret[a]sorbonne-universite.fr

GABRIELA PATIÑO-LAKATOS

Gabriela Patiño-Lakatos est psychologue et docteur en sciences de l'éducation. Ses recherches portent sur les rapports entre systèmes sémiotiques, techniques instrumentales et processus de subjectivation. Elle est chercheure associée aux laboratoires CIRCEFT (Université Paris 8) et au CRPMS (Université Paris 7-Diderot) et post-doctorante dans l'équipe LAM de l'institut Jean le Rond d'Alembert (Sorbonne université-CNRS). Bibliographie sélective : « Image numérique interactive, articulation intersémiotique et construction subjective : une expérience pédagogique de visualisation du geste sonore », *Cliopsy*, n° 19, 2018, p. 47-66 ; « Corps néoténique, sujet et prothèses : l'inconscient de l'entreprise technique contemporaine », *Cliniques méditerranéennes*, n° 98.2, 2018, p. 99-115 ; « Métaphores architecturales : le *studiolo* comme lieu de pensée et lieu de pouvoir », in Xavier Bonnier et Ariane Ferry (dir.) *Le Retour du comparant. La métaphore à l'épreuve du temps littéraire*, Paris, Classiques Garnier, 2019, p.303-318 ; coécrit avec Benoît Navarret et Hugues Genevois, « Paragigmes et expériences pour une sémiotisation des sensations vibrotactiles », *Alter, revue européenne de recherche sur le handicap*, n° 13, 2019, p.155-167. Sciences de l'éducation, Université Paris 8, CIRCEFT, EA 4384, Paris, France. lakatosgabriela[a]orange.fr