

AXE SON/MUSIQUE & SANTÉ de l'UMR STMS  
Rapport années 2022 et 2023

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations cliniques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	11	Revue de comité de lecture	4	Nationaux et régionaux  PSYSON, PHRIP (2022-2025) Fondation pour la Vision et l'Audition ELEMENT, ANR (2018-2022) Fondation pour la Vision et l'Audition INSPECTSYN, ANR JCJC / E. Ponsot (2023-2026) AVATARS, ANR-PRC (2023-2027)	4	Marine Taffou, Clara Suied, Vincent Isnard, Guillaume Andéol, IRBA (FR) Lise Hobeika, Séverine Samson, UNIV. Lille (FR) Arnaud Norena, CNRS (FR) Ana Tajadura-Jiménez, Universidad Carlos III de Madrid (ES) Agnes Roby Brami, ISIR (FR) Laurel Carney (US) Christian Lorenzi (FR) S. Verhulst (Ghent Univ) L. Carney (Univ. Rochester, US)	Dr Alain Londero, HEGP (FR) Pr Paul Avan, Institut de l'Audition (FR) Prof Pascale Paradat-Diejl, APHP Salpetriere (FR) Elena Karpinski (psychomotricienne, GHU Paris Psy&Neuro) IHU reConnect Dr Pierre Safar (Hôpital Sainte-Marie Paris) Alice Gouret (psychomotricienne, Hôpital Sainte-Marie Paris)		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	2	Conférences avec comité de sélection	8	Internationaux  ERC Ana Tajadura-Jimenez ( <a href="http://bodyintransit.eu">bodyintransit.eu</a> )	1	LABoratoire d'Accueil et d'Hospitalité (LAB-AH) du GHU Paris			
Doctorants	6	Ouvrages et chapitres	0	Conventions  Sounds4Care entre GHU Paris Psych&Neurosc. (Lab-ah), Ircam, CRD ENS Paris Saclay, Institut FEMTO-ST (Cnrs) – Carine Delanoe-Vieux, co-directrice du Lab-ah – 2021-26  Contrat cadre IRBA  Convention d'accueil 'doctorante invitée' entre CHU Lille (Frederic Boiron) et Ircam – 2021-23	3				
Stagiaires	1	Thèses de doctorat / HDR	6						

• Chercheurs et ingénieurs statutaires (11) : Benoit Alary (CR-IRCAM, EAC), Thibaut Carpentier (IR-CNRS, EAC), Isabelle Viaud-Delmon (DR-CNRS, EAC), Olivier Warusfel (CR-IRCAM, EAC), Frédéric Bevilacqua (DR-IRCAM, ISMM), Benjamin Matuszewski (CR-IRCAM), Nicolas Misdariis (DR-IRCAM, PDS), Patrick Susini (DR-IRCAM, PDS), Emmanuel Ponsot (CR-CNRS, PDS), Olivier Houix (CR-Ircam, PDS), Arnaud Recher (T-CNRS, PIP), Coralie Vincent (IE-CNRS, EAC/ISMM/PDS).

• Chercheurs et ingénieurs non statutaires, chercheurs invités (1) : Franck Elizabeth (Sorbonne Université, EAC, 2018-2022), Iseline Peyre (Sorbonne Université, ISMM, 2019-2023), Claire Richards (Sorbonne Université, PDS, 2019-2023), Nadia Guerouaou (Univ. Franche-Comté, PDS), Judith Guadalupe Ley Flores (Universidad Carlos III de Madrid, co-encadrement ISMM), Thomas Risse (Sorbonne Université, S3AM, co-encadrement LMA et LaSIE, 2022-2025), Marine Taffou (IRBA), Vincent Isnard (IRBA), Dorian Vernet (ENS LL).

Introduction.....	3
■ 1. Le son et la musique pour la prévention en santé et le mieux-être.....	3
1.1 Environnement auditif : quel environnement auditif pour faciliter la possibilité du soin et pour le mieux-être ?.....	3
1.1.2 Alarmes sonores.....	3
1.1.3 Intégration multisensorielle et surcharge auditive.....	4
1.2 Le son et la musique pour le mieux-être : faciliter la cohésion et les interactions sociales et favoriser les mouvements du corps.....	4
1.2.1 Cohésion et interaction sociales.....	4
1.2.2 Sonification du mouvement pour la prévention et le mieux-être.....	4
■ 2. Le son et la musique pour la prise en charge du patient.....	5
2.1 Evaluation des troubles.....	5
2.1.1 Troubles auditifs périphérique et/ou central.....	5
2.1.2 Troubles de la phonation.....	5
■ 2.2 Traitement.....	6
2.2.1 Le soin / l'intervention en environnement clinique.....	6
2.2.2 Le soin à domicile.....	8
■ 3. Caractérisation des mécanismes neurophysiologiques, physiologiques et psychoacoustiques impliqués par l'utilisation du son et de la musique pour la santé et le mieux-être.....	8
3.1 Modalité sensorielle auditive.....	9
3.1.1 Étude du percept de saillance auditive et des mécanismes de capture attentionnelle associés.....	9
3.1.2 Influence de la saillance sur le traitement auditif de scènes sonores complexes.....	9
3.1.3 Effet de la saillance dans la perception d'une scène sonore complexe chez le malentendant équipé d'aides auditives.....	9
3.2 Intégration multisensorielle.....	9
3.2.1 Sonification du mouvement.....	9
3.2.2 Audition et perception tactile.....	10
3.3 Modélisation de l'appareil phonatoire humain.....	10
3.4 Aspect historique et musicologique.....	10
■ 4. Recensement et description des moyens techniques.....	11
4.1 Dispositifs.....	11
4.1.1 Captation du geste.....	11
4.1.2 Spatialisation.....	11
4.1.3 Réalité Virtuelle et Réalité Augmentée.....	12
4.1.4 Dispositifs disponibles.....	12
4.2 Moyens d'expérimentation / évaluation.....	12
4.2.1 Expertises méthodologiques.....	12
4.2.2 Infrastructures.....	13
■ 5. Aspects éthiques.....	13
■ 6. Résidences.....	13

## Introduction

Notre premier rapport, livré en février 2023, avait pour objectif de présenter l'étendue des recherches ayant trait aux liens entre musique son et santé, effectuées ces 12 dernières années dans le laboratoire STMS. Dans le présent rapport, nous nous limitons aux activités qui ont eu lieu depuis la formalisation en 2022 de cet axe transversal. Il se borne donc à présenter les activités de ces 2 dernières années (2022 et 2023). Le rapport a pour vocation de devenir annuel, et sa prochaine version couvrira l'année 2024, pour un rendu début février 2025.

Les objectifs de l'axe Son/Musique et Santé sont de :

- Mutualiser les efforts dans le domaine afin de les rendre plus efficaces,
- Donner une visibilité à ces actions pour obtenir la reconnaissance et la légitimité de celles-ci, notamment en consolidant et en suscitant des collaborations avec le milieu médical,
- Elargir le champ d'action et d'application de ces recherches afin d'enrichir les autres axes du laboratoire, mais également le champ plus vaste de l'importance de l'art dans la société.

La méthodologie pour atteindre ces objectifs repose sur des approches qui se complètent mutuellement. L'investigation des mécanismes en jeu dans la perception de la musique et du son est le préalable permettant l'implémentation d'interventions ciblées sous-tendant l'approche thérapeutique. La conception de ces interventions est basée sur l'expertise du laboratoire dans les développements scientifiques et technologiques alliant musique, informatique et traitement du signal. Enfin, nous devons mener des évaluations quantitatives du succès des interventions en les comparant avec des thérapies de référence. Cette dernière approche est encore peu abordée mais se développe, notamment au travers des projets PsySon, Como-rééducation et Acouphènes. Des collaborations étroites et durables avec des établissements de santé vont permettre de la systématiser (e.g. IHU reConnect). L'ultime objectif doit être une implémentation multisite et à long terme des interventions, permettant de déterminer leur efficacité et leur applicabilité à large échelle.

L'axe SMS est formalisé autour de 3 activités. La première s'intéresse à la *prévention et la promotion de la santé et du mieux-être*. Elle intègre les activités relevant de l'amélioration de l'environnement sonore, mais également les actions reliées aux aspects développementaux et éducatifs. Notons que le département médiation culturelle de l'IRCAM a pris le relais de plusieurs activités par rapport à ces derniers aspects. Nous devons par conséquent évaluer quelles sont les modalités pour que ces actions éducatives continuent à s'inscrire dans l'axe SMS. La deuxième activité regroupe les interventions dans la *prise en charge du patient*, que ce soit au niveau du diagnostic ou celui du traitement. Dans les interventions relevant du traitement, nous intégrons les interventions en milieu clinique et les interventions pouvant être réalisées au domicile du patient. La troisième activité se concentre sur l'étude des *mécanismes de la perception de la musique et du son* chez l'homme. L'enjeu de cette troisième activité est de mettre à jour les cibles à traiter ou à renforcer via la musique et le son en cas de dysfonctionnement, qu'il soit de l'ordre de la déficience (congénitale ou acquise) ou de la défaillance (aigüe ou chronique). L'étude de l'impact social de la pratique musicale, par l'étude de l'expérience du public, est déléguée au focus cognition (voir dossier HCERES 2023).

### ■ 1. Le son et la musique pour la prévention en santé et le mieux-être

Nos activités dans le cadre de l'utilisation de la musique et du son pour la prévention de la santé et le mieux-être se caractérisent en deux types d'interventions : l'une basée sur la prise en compte de l'environnement sonore pour favoriser le mieux-être et la possibilité de soin, l'autre basée sur la capacité de la musique et du son à favoriser la cohésion sociale et à stimuler la motricité. Les deux interventions se distinguent par le degré d'implication du participant : l'écoute est passive dans le premier cas, alors qu'elle est active dans le deuxième.

#### 1.1 Environnement auditif : quel environnement auditif pour faciliter la possibilité du soin et pour le mieux-être ?

Ce versant envisage l'environnement auditif comme facteur contributif à la possibilité de prendre soin et d'améliorer le confort de l'individu en milieu hospitalier. L'environnement auditif du milieu hospitalier peut s'avérer particulièrement aversif et constituer un facteur de stress, peu propice à la mise en place des soins à prodiguer. Des travaux sont menés pour maîtriser les aspects reliés aux alarmes sonores, dans l'objectif de pouvoir proposer des améliorations en milieu clinique.

##### 1.1.2 Alarmes sonores

L'amélioration de l'environnement sonore est un aspect important du mieux-être et de la possibilité de soin. Elle concerne les aspects reliés aux alarmes sonores dans les milieux cliniques et les aspects plus généraux de la qualité de l'environnement sonore, qui sont essentiels pour la possibilité de la mise en place du soin. L'objectif est d'étudier, spécifier et corriger l'environnement sonore dans le domaine hospitalier, en particulier pour ce qui concerne la qualité des signaux sonores en termes d'adéquation aux processus sondés et/ou d'acceptabilité par le patient. Une étude phénoménologique du ressenti lié à l'environnement sonore a été menée dans le cadre de l'atelier de co-design sonore organisé dans le cadre du [projet PaDS – Participatory Designing with Sound](#) avec S. Delle Monache, E. Ozcan (TU Delft / Critical Alarms Lab) (2020-23), auquel collabore l'équipe PDS. L'objectif est de réfléchir à la pertinence et aux significations de l'écoute, du point de vue des expériences des patients et des soignants. Le soin par l'écoute s'incarne naturellement dans le dialogue entre le soignant et le patient, ainsi que dans une prise de conscience de la situation qui peut être plus ou moins directe, et médiatisée par des outils et des assistants technologiques. C'est l'approche sound-driven design promue par le Special Interest Group (SIG) de la Design Research Society (DRS) initié par Delle Monache, Ozcan et Misdariis, depuis 2023.

### 1.1.3 Intégration multisensorielle et surcharge auditive

Participants : Dorian Vernet (M2 ENS Louis Lumière), Marine Taffou (IRBA), Vincent Isnard (IRBA), Isabelle Viaud-Delmon

Le phénomène de surcharge sensorielle se produit lorsque l'on est exposé à une quantité excessive ou à une diversité trop importante de stimuli sensoriels, dépassant notre capacité à les traiter de manière efficace. Cette surcharge peut provenir de multiples sources sensorielles (e.g. visuelles, sonores, tactiles). Nous nous intéressons ici à la surcharge sensorielle sonore, telle qu'on peut y être soumis dans un environnement urbain. Afin d'évaluer l'influence des paysages sonores et de ses caractéristiques sur l'intégration multisensorielle, nous avons mené une expérience s'intéressant aux variations de l'intégration auditivo-tactile selon le contexte sonore (recherche initiée dans le cadre du stage de [Dorian Vernet, M2 ENS Louis Lumière, 2023](#)).

Une ambiance sonore urbaine a été enregistrée avec un microphone sphérique d'ordre 4 (Eigenmike EM32 de mh acoustics®). Une tâche de détection de stimuli auditifs, tactiles, et auditivo-tactiles a été proposée à 38 participants dans trois contextes sonores : silence, ambiance sonore urbaine diffusée en ordre 1 (HOA1), ambiance sonore urbaine diffusée en ordre 4 (HOA4), en l'absence d'informations visuelles.

Les résultats indiquent que la détection de cibles audio-tactiles est plus rapide que la détection de cibles uniquement tactiles ou auditives, ce qui confirme l'efficacité de l'intégration multisensorielle dans les conditions expérimentales proposées. Les temps de réaction des participants ont été influencés différemment par l'ambiance sonore dans laquelle ils étaient immergés en fonction de la présentation sensorielle du stimulus cible. Ceci met en évidence l'impact de l'environnement sonore sur les réactions comportementales chez l'être humain, allant dans le sens d'une surcharge sensorielle générée par l'environnement sonore urbain.

## 1.2 Le son et la musique pour le mieux-être : faciliter la cohésion et les interactions sociales et favoriser les mouvements du corps

La musique et le son participent de l'éveil artistique et culturel des jeunes enfants et ont également un impact sur le bien-être dans le vieillissement. La motricité est stimulée par l'écoute et peut également être soutenue par la sonification du mouvement. Les activités engagées dans ce versant tirent parti des facultés de la musique à augmenter la coordination interpersonnelle (Demos et al, 2001) et à permettre la synchronisation au-delà de l'espace peripersonnel sans limitation liée aux restrictions imposées par l'espace visuel.

### 1.2.1 Cohésion et interaction sociales

La [thèse de Marion Voillot](#) (collaboration IRCAM, CRI-Paris Université de Paris, Ensci-Les Ateliers), intitulée "Le corps au coeur de l'apprentissage, grâce au numérique, un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance" (2019-2023) a été soutenue en décembre 2022. Ce travail propose des scénarios pédagogiques et numériques pour la petite enfance dans lesquels le corps constitue le médium d'interaction avec la technologie. Le système de CoMo-Education a été développé à l'Ircam afin de raconter des histoires en mouvement avec des environnements sonores interactifs. L'objectif est de favoriser l'interaction collective dans les classes de maternelle à l'aide d'interaction multimodales [Voillot et al, 2019, 2020, 2024]. A partir de 2024, CoMo-Education fera l'objet d'ateliers organisés par l'Action Culturelle de l'Ircam.

### 1.2.2 Sonification du mouvement pour la prévention et le mieux-être

Ces travaux sont développés dans le cadre d'une collaboration avec Ana Tajadura-Jimenez (Universidad Carlos III de Madrid, initié par le projet [MagicShoes](https://magicshoes.es/) (2017-2019), puis le projet [MagicOutfit](https://magicoutfit.com/) (2020-2022) et désormais par le projet [BODYinTRANSIT](#). L'objectif global de ces projets est de tester la faisabilité et la valeur potentielle de retours sensoriels, et en particulier sonores, pour des applications en santé et bien-être. Il s'agit d'établir si un retour sensoriel adéquat permet de favoriser une représentation positive du corps, du comportement moteur et des émotions. Les projets [MagicShoes](#) et [MagicOutfit](#) avaient pour but d'étudier la possibilité de favoriser l'adhésion à des exercices physiques, chez les personnes physiquement inactives ou ayant un mode de vie sédentaire. Le projet [MagicShoes](#) s'est focalisé spécifiquement sur la marche, alors que le projet [MagicOutfit](#) a permis d'élargir la palette d'actions et de mouvement au corps entier.

Le rôle de l'Ircam a été principalement de participer à l'élaboration des expériences et de contribuer à l'élaboration de prototypes de sonification du mouvement (équipe ISMM). Ces projets ont permis de financer la thèse de Judith Guadalupe Ley Flores (Universidad Carlos III de Madrid) qui a été co-encadrée par F. Bevilacqua et qui a été soutenue en septembre 2022. En 2023, le système de sonification Soniband, basé sur un Raspberry-nano et utilisant notre framework Soundworks, a été dupliqué pour une étude où 30 participants qui ont utilisé le système plusieurs semaines à domicile. Cette étude fera l'objet d'une soumission à publication.

Cette thématique de recherche et cette collaboration se poursuit dans le cadre du projet [BODYinTRANSIT](#) (Sensory-driven Body Transformation Experiences On-the-move, ERC, 2022-2026) d'Ana Tajadura-Jimenez. Ce projet a pour but d'établir un cadre théorique de design pour individualiser des "Body Transformation Experiences" en vue de produire des effets positifs durables dans des contextes d'utilisation quotidienne. Ce cadre s'appuiera sur quatre piliers scientifiques pour induire, mesurer, soutenir, personnaliser et préserver les transformations corporelles : 1) perception multisensorielle du corps (neurosciences), 2) modélisation des données, 3) conception d'interactions incarnées et 4) études de terrain dans des contextes réels et en mouvement avec des utilisateurs physiquement inactifs, des praticiens somatiques et des utilisateurs souffrant de problèmes d'image corporelle. Certains aspects de ce projet rejoignent des points de notre axe "prise en charge du patient".

## ■ 2. Le son et la musique pour la prise en charge du patient

Cette section présente les recherches liées au développement de nouvelles formes d'évaluation et de traitement basées sur les technologies développées à l'IRCAM pour le son et la musique. Ces développements concernent les troubles de l'audition et les troubles de la voix et de la parole pour les années 2022 et 2023. Pour le traitement, nous proposons des approches permettant au patient d'effectuer une réhabilitation en centre, en ambulatoire ou à domicile. La réhabilitation à domicile est complémentaire aux autres soins et contribue à l'amélioration de la qualité de vie des patients. L'accompagnement se fait alors en lien avec l'équipe clinique.

### 2.1 Evaluation des troubles

Plusieurs outils sont développés pour contribuer au diagnostic du patient, que ce soit au niveau de la compréhension du son ou de la production sonore. Au niveau de la compréhension, il s'agit de proposer des solutions pour une meilleure caractérisation d'un trouble auditif périphérique ou central, où pour des pathologies dans lesquelles la perception auditive est un élément important et souvent négligé. Au niveau de la production, les aspects phonatoires et respiratoires de l'appareil vocal sont abordés par des techniques de modélisation physique (S3AM).

#### 2.1.1 Troubles auditifs périphérique et/ou central

##### Difficulté de compréhension de la parole en contexte cocktail-party : développer des biomarqueurs de la synaptopathie cochléaire

Entre 10 et 15 % des individus qui consultent pour des problèmes de compréhension de la parole dans le bruit les handicapant au quotidien présentent en fait des audiogrammes cliniquement normaux. Des études récentes, notamment chez le modèle animal, suggèrent que la synaptopathie cochléaire – la perte de synapses reliant la cochlée au nerf auditif, causée par le vieillissement ou l'exposition au bruit –, découlée des pertes des cellules ciliées quantifiées par l'audiogramme, pourrait permettre d'expliquer ce paradoxe : les déficits de codage neural induits par cette pathologie entraîneraient chez l'homme des difficultés importantes pour comprendre la parole dans des contextes bruyants. Pourtant, il n'existe à l'heure actuelle pas de test auditif comportemental permettant d'évaluer sélectivement et quantitativement la synaptopathie, également appelée « surdité cachée », chez l'homme. Nous nous intéressons ici à proposer et tester de nouvelles mesures EEG et psychophysiques basées sur la fidélité d'encodage auditif de signaux synthétiques reproduisant des caractéristiques essentielles de la parole. D'une part, les résultats de la série d'expériences EEG (FFR) menées en collaboration avec l'équipe de S. Verhulst (Ghent Univ) montrent de fortes différences dans la fidélité d'encodage neural du timbre d'un signal simulant une voyelle (véhiculée par la structure fine du signal) au niveau inter-groupe (jeunes > âgés ; sans > avec pertes audiométriques) mais également intra-groupe, qui appuyées par des simulations de modèles computationnels du système auditif, suggèrent l'élaboration d'un biomarqueur EEG de la synaptopathie cochléaire dans les basses fréquences.

Le projet ANR INSPECTSYN (2023-2026), mené en collaboration avec C. Lorenzi (ENS), L. Carney (U. Rochester) et P. Avan (Institut de l'Audition) porte sur le codage du timbre d'un son par le système auditif et l'impact de la synaptopathie sur ce codage. Nous avons démarré une réflexion générale sur la conception d'expériences psychophysiques visant à étudier directement la contribution des indices neuraux dans le codage perceptif du timbre, en particulier dans des voyelles, en évaluant l'impact de manipulations fines et ciblées du signal acoustique. L'idée est que les stimuli utilisés dans les expériences sont ajustés sur la base des simulations de modèles neuraux du système auditif périphérique et du tronc cérébral. Une première expérience psychophysique a été conduite par Léo Dairain (césure CentraleSupélec sept. 2023 fev. 2024) en interaction avec L. Carney (Univ. Rochester, US), montrant de manière frappante (et contre-intuitive) une dégradation importante des capacités auditives de discrimination d'un formant si celui-ci présente une légère inharmonicité (décalage d'une harmonique de quelques Hz). Ces résultats seront confrontés quantitativement aux prédictions d'un modèle neural afin d'évaluer si ces données sont en effet compatibles avec la dégradation du code neural du timbre au niveau du nerf et du tronc cérébral induite par l'inharmonicité.

Globalement, ce projet propose d'avancer dans notre compréhension des mécanismes neuronaux (de la cochlée au colliculus inférieur) qui encodent des formes spectrales (ex. formants de la voix) et de mieux mesurer les dégradations causées par des pertes synaptiques du nerf auditif (synaptopathie). Ces travaux devraient conduire à proposer de nouveaux marqueurs biologiques non-invasifs de l'état auditif d'un individu basés sur la fidélité d'encodage neural des caractéristiques d'un signal complexe (timbre, modulations temporelles) au niveau du nerf auditif et du tronc cérébral, permettant ainsi de compléter les tests cliniques actuels tels l'audiométrie tonale afin de mieux caractériser le profil auditif d'un individu.

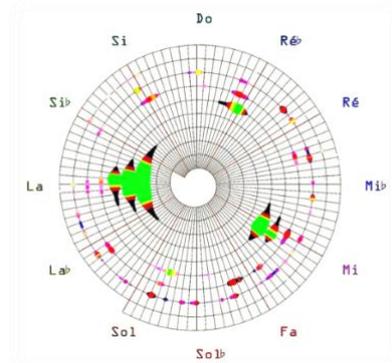
##### TSA – Audition : Mesures acoustiques et comportementales en contexte sonore écologique

Un groupe de travail vient de se mettre en place sur la thématique de l'hyper-réactivité auditive chez l'enfant porteur de troubles du spectre de l'autisme (TSA). L'objectif est de tenter d'identifier des signatures sonores, des caractéristiques acoustiques de sons générateurs de réactions excessives, positives (fascination pour un son) ou négatives (rejet inattendu d'un son), dans cette population spécifique. Le travail en cours est en mode brainstorming autour des différentes sphères de la problématique qui rassemble les différents partenaires : acoustique, psychologique, physiologique. La première approche serait d'avoir une étude sous forme d'enquêtes/entretiens afin de minimiser les hypothèses sur les sources de bruit. Le groupe de travail s'est pour le moment focalisé sur l'élaboration d'un questionnaire à distribuer dans les familles / IME / Uliis / CRA pour commencer à collecter quelques pistes concrètes, notamment voir si des profils se distinguent, si ces sons reviennent systématiquement, etc.

#### 2.1.2 Troubles de la phonation

##### Le Snail-analyser comme bio-feedback pour la ré-éducation vocale

Le Snail-Analyser est une technologie brevetée par le CNRS qui offre une visualisation intuitive et musicale de la musique et les sons en temps réel (voir illustration ci-dessous). Les zones actives du contenu spectral sont représentées par des taches lumineuses sur un squelette en spirale : un tour correspond à une octave, les notes graves se trouvent près du centre de la spirale, les notes plus aiguës vers l'extérieur, et la sonie (volume sonore tel que perçu par l'être humain) de chaque fréquence analysée est convertie en niveau de brillance (une composante deux fois plus forte génère une tache deux fois plus brillante). Cette technologie fournit un visuel réactif et précis de la hauteur du son (précision de l'ordre ou dépassant celle la perception humaine).



Cet outil est potentiellement adapté à l'assistance en ré-éducation vocale dans le cas de jitter (chevrotement) prononcé. De plus, dans le cas de dysphonie (en particulier, présence simultanée de plusieurs hauteurs), la représentation fournit un rendu des différentes hauteurs avec leurs mouvements respectifs, ce qui constitue encore un support à tester pour apparier le contrôle-moteur et son effet sur le signal vocal. Enfin, l'exploitation des flux d'analyse (avant rendu visuel) pour l'élaboration de statistiques et l'aide au diagnostic est également une piste à étudier. Sur la période 05/2022-04/2024, un projet France-Relance avec l'industriel Buffet-Crampon a permis d'aboutir à de nouveaux rendus visuels temps-réel dédiés à la caractérisation de la justesse et du timbre musical (avec de nouveaux indicateurs précis et jusqu'alors inexploités). Un projet poursuivant par une étude sur la caractérisation temps-réel de profils timbraux et d'expressivité est en cours de proposition : il porterait sur la description par des flux (de plus haut niveau que les trajectoires temps-fréquence) qu'on souhaite reliables aux profils gestuels et au contrôle-moteur.

#### Artificial Voice production: control of bio-inspired port-Hamiltonian numerical and mechatronic models (S3AM, projet ANR PRC 2022-2027)

Ce projet étudie la production de la voix humaine et les régimes oscillatoires résultant de l'articulation du larynx et du conduit vocal (impliqués dans les registres de voix de poitrine, de fausset, etc.). Il se fonde sur la modélisation physique et la théorie des systèmes non linéaires pour concevoir des simulations, observateurs-contrôleurs et analyses de bifurcations d'appareils vocaux. Sa première spécificité est d'élaborer ces outils sous l'hypothèse systématique de bilans de puissance garantis (écartant les difficultés d'instabilités non physiques). La seconde est de les compléter, nourrir et évaluer par des mesures in vivo et sur un ensemble cohérent de bancs mécatroniques (contrôle de larynx ex vivo, biomimétiques ou standardisés, et de conduits vocaux artificiels). L'objectif est de comprendre, reproduire et analyser scientifiquement la voix (sur des cas sains et pathologiques) grâce à des avatars virtuels et robotiques. Les retombées médicales permettront une meilleure évaluation des troubles de la voix parlée ou chantée.

## ■ 2.2 Traitement

Les activités liées à la contribution au traitement visent à diminuer les symptômes du patient pour lequel il est pris en charge. On les présente ici selon le type de pathologie :

- Somatique (trouble sensoriel périphérique ou central : moteur, visuel, auditif, vestibulaire... ; trouble neurologique lié à une pathologie dégénérative ou à une lésion)
- Psychosomatique (symptômes qu'aucun trouble physique ne peut expliquer)

Nous visons également à développer les interventions pouvant se réaliser en ambulatoire et à domicile.

### 2.2.1 Le soin / l'intervention en environnement clinique

#### 2.2.1.1 Troubles somatiques

##### Troubles auditifs :

##### Acouphènes (équipe EAC)

Un nouveau protocole clinique est conduit à l'Hôpital European Georges Pompidou (HEGP) depuis 2023, testant l'efficacité de la réalité virtuelle pour la diminution de la gêne liée aux acouphènes. Le protocole est basé sur une refonte de l'environnement virtuel précédemment utilisé, lors duquel le patient manipule visuellement et auditivement un acouphène synthétique, préalablement caractérisé en acouphométrie. La fin des inclusions est prévue pour mi-2024.

##### Troubles moteurs :

### *Rééducation post-AVC, supplémentation sensorielle (ISMM)*

Le projet de rééducation post-AVC utilisant la sonification de mouvement a été initiée dans le cadre du projet ANR Legos (L'apprentissage sensori-moteur dans les systèmes interactifs gestuels avec retour sonore, <http://legos.ircam.fr/>), puis dans le cadre du projet ISMES (Embedded SensoriMotor Interfaces for rehabilitation and aSsistance, <http://ismes.isir.upmc.fr/>) du LABEX SMART (<http://ismes.isir.upmc.fr/>). Dans tous ces projets, une collaboration a été établie avec le Service de Médecine Physique et de Réadaptation de l'Hôpital Pitié Salpêtrière et les laboratoires LIB et ISIR de Sorbonne Université. Cet axe de recherche s'est constitué progressivement par une série d'études sur l'apport et les effets de la sonification du mouvement sur l'apprentissage sensori-moteur [Bevilacqua et al., 2016], puis par l'élaboration d'une étude avec des patients et personnes saines (avec une demande de CER). Le développement du dispositif a été réalisé par l'équipe ISMM de l'Ircam [Bevilacqua et al., 2018], et l'étude expérimentale a été menée par Iseline Peyre qui a poursuivi ce travail en thèse [Peyre et al., 2018]. Les résultats mettent en évidence des effets de la sonification sur la temporalité du mouvement et une étude qualitative a mis en évidence chez les participants des préférences dans les types de relation entre mouvement et son/musique.

Cette recherche s'est poursuivie par la [thèse d'Iseline Peyre](#) grâce à un financement de l'IUIS (Institut Universitaire d'Ingénierie en Santé – Sorbonne Université), qu'elle a soutenue en décembre 2022 [Peyre et al., 2023]. L'objectif principal de cette thèse interdisciplinaire, santé-arts-sciences, était de développer un dispositif de sonification du mouvement pour la rééducation en autonomie supervisée de patients présentant des séquelles motrices après une lésion cérébrale acquise. Dans cette perspective, le premier objectif était d'évaluer l'effet de différents types de retours sonores (caractéristiques sonores et modalités d'interactions gestes-sons). Une étude a été réalisée avec des patients et personnes saines à l'Hôpital Pitié Salpêtrière [Peyre et al., 2023] (avec une demande de CER). Le deuxième objectif était de définir les critères de conception et de sélectionner les solutions adaptées pour la création d'un dispositif de sonification du mouvement répondant aux caractéristiques et besoins de patients présentant des séquelles motrices au membre supérieur suite à une lésion cérébrale acquise, dans la perspective d'un usage en autonomie supervisée. Le troisième objectif était d'initier une évaluation du dispositif conçu, afin de disposer d'éléments formels permettant d'envisager une étude clinique. Les travaux menés ont notamment permis de confirmer l'effet de la présence de retours sonores interactifs lors de l'exécution de gestes et l'importance de la prise en considération des modalités d'interaction gestes-sons. Le processus de co-conception centré utilisateurs mis en œuvre avec des experts de plusieurs disciplines a conduit à la création d'un dispositif de sonification du mouvement mobile novateur, fonctionnel, flexible (personnalisable), adapté à une situation de rééducation en autonomie supervisée. Peu onéreux, le dispositif a été dupliqué en 10 exemplaires. Les premiers résultats des évaluations réalisées auprès de thérapeutes sont très encourageants. Ce travail de thèse ouvre ainsi des perspectives d'évaluation clinique à grande échelle.

### **Troubles neurologiques :**

#### *Pathologie cérébrale dégénérative et activité musicale*

Dans le cadre d'un contrat de partenariat avec l'équipe Neuropsychologie et Audition du laboratoire PSITEC de l'université de Lille (Prof. S. Samson), le laboratoire contribue à l'évaluation des bénéfices thérapeutiques des interventions musicales sur l'état cognitif et émotionnel et sur le bien-être des patients et de leurs aidants. Une série d'étude est développée sur la thématique de la synchronisation sensori-motrice et interpersonnelle durant une activité d'écoute musicale.

#### *2.2.1.2 Troubles psychosomatiques*

##### *Projet hyperacousie (équipe PDS, collaboration IRBA)*

La surexposition au bruit, telle qu'elle peut être subie au sein des armées, peut induire des troubles de l'audition qu'on résume souvent par une dégradation des seuils auditifs sur l'audiogramme tonal entre 500 et 8000 Hz. Pourtant, on sait aujourd'hui que les atteintes auditives peuvent prendre de multiples formes, y compris sans être détectées par l'audiogramme classique (e.g. zones fréquentielles non-explorées, pertes auditives cachées, acouphènes). En particulier, l'hyperacousie, c'est-à-dire la perception anormalement intense et désagréable de sons d'intensités modérées, est un trouble qui peut se surajouter aux autres et s'avérer très handicapant pour les opérateurs en générant du stress ou de l'anxiété.

Cependant, la définition de l'hyperacousie permettant de poser un diagnostic varie en fonction des études et de la gravité des symptômes. Le [projet HYMIL](#) vise donc à faire un état des lieux de la prévalence de l'hyperacousie dans les armées en fonction des caractérisations sémantiques, acoustiques, physiologiques et émotionnelles qui seront retenues. De plus, des outils rapides et non-invasifs à destination du personnel médical du SSA seront développés afin d'améliorer le diagnostic de l'hyperacousie au sein des armées.

Pour ce faire, le [projet HYMIL](#) se déroulera suivant deux grands axes. D'abord, une étude portant sur des sujets normoentendants non-hyperacousiques permettra de clarifier le caractère désagréable des sons et d'identifier les corrélats acoustiques sous-jacents. Ce premier axe implique l'expertise de l'équipe PDS concernant les études en qualité sonore. La stratégie proposée ici consiste à étudier les caractéristiques sémantiques et acoustiques des dimensions sonores sous-jacentes au caractère « agréable » - « désagréable » de sons de synthèse et de sons naturels, dans un premier temps avec des participants normoentendants non-hyperacousiques. Ensuite, différentes cohortes de patients susceptibles de développer de l'hyperacousie (militaires mais aussi musiciens) seront recrutées afin de mettre en place et de valider l'efficacité de la prédiction du désagrément, en lien avec une évaluation de leur état auditif général. Ce deuxième axe implique les travaux menés par PDS sur la synaptopathie, ainsi que l'expertise de l'équipe PDS sur les études menées sur la capacité auditive des musiciens (Susini et al. 2020, 2023) en lien avec l'audioprothésiste Bernard Hugon qui s'est spécialisé sur les demandes de musiciens nécessitant des aides auditives.

##### *Projet Psyson (2022-2025)*

Dans le cadre de la convention 4-partites établie entre le GHU Paris Psy&Neuro, l'Ircam, le CRD ENS Paris Saclay et le FEMTO-ST sont envisagés des recherches et expérimentations de dispositifs sonores et musicaux favorisant des expériences acoustiques et sensorielles des usagers susceptibles de constituer des auxiliaires de soins et des alternatives à la contrainte en psychiatrie. L'objectif du projet Psyson est de développer un dispositif d'enveloppe sonore pour réduire l'anxiété de patients psychiatriques en milieu hospitalier.

Le rétablissement des patients en santé mentale n'est pas constant et passe parfois par une exacerbation des symptômes de la maladie. Ces derniers peuvent faire apparaître des moments de crise pour le patient, le rendant vulnérable nécessitant un accompagnement : pharmacologique, relationnel et autres. Ces crises se manifestent selon les patients par de l'anxiété, de l'angoisse, une agitation psychomotrice

mais aussi parfois par des passages à l'acte hétéro ou auto-agressif. Face à un patient en crise, le recours de chimiothérapie complémentaire par prescription conditionnée au traitement de fond du patient est parfois la seule alternative à la prise en charge de cette crise. Au cours de réunions d'analyse de pratique, les soignants de l'unité ont recherché des solutions innovantes pour accompagner leurs patients. L'étude SUDA et al. 2008 démontre que l'écoute de musique a un impact sur la gestion du stress et de l'anxiété. La musique permettant de réduire plus rapidement cette dernière. La modification de l'ambiance sonore a une influence sur la psyché quelle que soit la structuration mentale de la personne. De fait, la modification de l'ambiance sonore du patient à l'aide d'un dispositif d'enveloppement sonore a été imaginée comme un catalyseur de la prise en charge infirmière de la crise. En collaboration avec le Laboratoire d'Accueil et d'Hospitalité (LAB-AH) du GHU Paris, les équipes ont imaginé un outil 100% innovant, PSYSON : un dispositif multimodal et multisensoriel d'écoute sonore et musicale de modulation de l'anxiété associé au recueil de la biographie sensorielle du patient. Les infirmiers au cours d'entretiens semi-directifs répertorient les habitudes de vie et les préférences sonores du patient permettant ainsi de lui proposer un environnement familier et de lui procurer un sentiment de sécurité (position préférée pouvant apporter un sentiment d'apaisement, musiques préférées...).

L'utilisation de "PSYSON" est spécifique et adaptée à la psychiatrie. Conçu en partant des attentes des patients, il permet une adéquation aux différents besoins des infirmiers et usagers face aux situations cliniques complexes liées aux états de tensions. Etant mobile, il permet l'utilisation dans tous les services. Ce projet PSYSON est donc original en raison du peu de travaux ayant encore étudié l'efficacité de l'adjonction de ce type de dispositif spécifique dans la prise en charge usuelle des états de tensions. Il repose sur l'expertise d'une équipe infirmière et s'appuie sur les soins infirmiers intégrés dans la prise en charge globale. Il propose une alternative innovante à la prescription médicamenteuse conditionnelle dans le cadre des soins en psychiatrie. Idéalement, cette alternative permettrait une diminution de la consommation de molécules et de leurs effets secondaires.

Nous faisons l'hypothèse que, par rapport à la prise en charge usuelle des moments de crise, l'adjonction du suivi infirmier s'appuyant sur l'utilisation de ce dispositif multimodal et multisensoriel d'écoute sonore et musicale, créant un espace d'aide à la détente (ambiance sonore personnalisée et auto adaptative), a un effet positif sur la crise (état de stress, agitation, d'anxiété des patients, etc.). L'objectif est alors de diminuer le recours aux traitements pharmacologiques, voire aux mesures coercitives, et d'améliorer l'alliance thérapeutique pour les patients hospitalisés en psychiatrie. Le dispositif proposé est potentiellement reproductible dans les territoires et structures où une équipe spécialisée et formée (médecin, IDE case managers) peut être constituée pour prendre en charge le patient hospitalisé en psychiatrie. La prise en charge spécifique proposée pourrait être appliquée, en cas d'évaluation concluante, pour d'autres pathologies psychiatriques chroniques nécessitant une prise en charge globale et un accompagnement rapproché, personnalisé et adapté au profil de risque des patients. Il serait également possible d'utiliser le dispositif dans des services de gériatrie, soins palliatifs, chirurgie, pour des prises en charge de patients, usagers, en situation anxiogène ou de stress.

Ce dispositif va rentrer en phase d'essai clinique dans le cadre d'un PHRIP permettant de tester ces hypothèses.

### 2.2.2 Le soin à domicile

Il s'agit ici d'interventions implémentées pour que le patient puisse s'entraîner à domicile. Ce peut être un matériel dédié ou une interface disponible via un smartphone ou le web. Un programme de réhabilitation à domicile a pour avantage de permettre aux patients de rester chez eux tout en prenant soin de leur santé. Au cours de ces programmes, les patients progressent à leur rythme en fonction des objectifs qu'ils se sont fixés avec le référent clinicien, en recherchant des changements à long-terme.

### Troubles neurologiques

La [thèse d'Iseline Peyre](#) (cf 2.2.1) inclut spécifiquement le thème d'auto-rééducation à domicile des membres supérieurs (post AVC) avec retour sonore/musical (financement de l'IUIS-Sorbonne). L'utilisation d'un retour sensoriel, conçu comme un contenu sonore ou musical motivant et porteur d'information sur le mouvement, semble particulièrement adapté à la situation de l'auto-rééducation. Un système spécifique pour l'auto-rééducation à domicile a été développé, appelé CoMo-rééducation a été développé en utilisant un Raspberry Pi et les capteurs de mouvements RIoT., avec une interface dédiée qui est adaptable à chaque patient [Iseline Peyre 2022]. Une première étude avec des utilisateurs de profils variés a été effectuée à l'INSEAD. Une deuxième phase d'évaluation du système d'auto-rééducation CoMo-Rééducation, initiée dans le cadre de la thèse d'Iseline Peyre (soutenue fin 2022), s'est poursuivie en 2023 avec le soutien de Coralie Vincent. Cette étape a impliqué la collaboration de 16 thérapeutes travaillant aussi bien en libéral qu'en hôpital : ergothérapeutes, kinésithérapeutes et psychomotricien-nes. Le recueil des données devrait être finalisé au cours du premier semestre 2024, ouvrant ainsi la voie à l'analyse approfondie des données quantitatives et qualitatives. Le système est particulièrement adapté pour la rééducation en autonomie supervisée par un thérapeute.

## ■ 3. Caractérisation des mécanismes neurophysiologiques, physiologiques et psychoacoustiques impliqués par l'utilisation du son et de la musique pour la santé et le mieux-être

Des recherches permettent de caractériser les mécanismes potentiellement déficitaires dans une symptomatologie donnée, afin de mieux cibler la façon dont le son et la musique peuvent moduler ceux-ci. Il s'agit le plus souvent d'études de mécanismes chez le sujet sain, dont l'objectif est de comprendre comment leurs dysfonctionnements peuvent impacter le comportement. L'objectif est de pouvoir ensuite proposer des stratégies permettant de renforcer ces mécanismes, que ce soit par supplémentation, substitution, ou entraînement. Nous présentons les activités selon les modalités sensorielles impliquées dans les recherches. : modalité auditive seule, ou processus relevant de l'intégration multisensorielle (auditivo-motrice, auditivo-tactile, auditivo-visuelle), puis les projets se concentrant sur la voix humaine. Un dernier volet, relevant de l'équipe APM, propose une perspective historique sur les liens entre musique et santé.

## 3.1 Modalité sensorielle auditive

### 3.1.1 Étude du percept de saillance auditive et des mécanismes de capture attentionnelle associés

La [thèse de Baptiste Bouvier](#) sur la saillance auditive et son influence dans la gêne sonore (2020-2024, co-direction Catherine Marquis-Favre /ENTPE Lyon). Dans cette thèse, l'étude de la saillance, liée au mécanisme de capture attentionnelle, s'effectue, dans un premier temps, sur des stimuli de laboratoire contrôlés en fonction des paramètres du timbre – donc autres que sonie et hauteur – dont on cherche à évaluer l'influence (approche psychoacoustique). Pour cela, elle met en œuvre un paradigme expérimental issu de la vision, transposé à l'audition par Dalton et Lavie (2004) et adapté/amélioré pour les besoins de l'étude : le paradigme du singleton additionnel qui met en évidence la capture attentionnelle par un allongement du temps de discrimination en présence d'un distracteur non pertinent. Une série d'expériences a montré l'effet significatif des paramètres de brillance et de rugosité sur la capture attentionnelle, ainsi qu'une évolution significative de cet effet en fonction de la force de ces paramètres (mesurée sur la base du JND – Just Noticeable Difference). Cependant ces résultats sont comparables quel que soit le paramètre (brillance, rugosité) ce qui amène à réfléchir sur la cause de la capture attentionnelle : dimension du timbre ou bien simple changement de la nature du stimulus ? Des expériences seront menées pour étudier le caractère dispersif et directif (transposition et symétrie), ainsi qu'additif (interaction) de ce phénomène et mettant potentiellement en lumière d'autres relations de cause à effet (nouveaux paramètres du timbre). D'autre part, des études seront faites avec des sons plus écologiques (alarmes) et dans des scènes plus complexes. Enfin, la question de la relation entre saillance et gêne, sur la base d'une approche de modélisation, sera posée dans un contexte de scènes réelles et de simulation ou d'augmentation de sources.

### 3.1.2 Influence de la saillance sur le traitement auditif de scènes sonores complexes

L'organisation auditive résulte de processus de traitement « top down » comme l'expertise musicale qui module nos capacités sensorielles, et de processus de traitement « bottom up » de certaines informations qui focalisent notre attention indépendamment de notre volonté, on parle alors de la saillance d'un événement. La question abordée ici concerne l'effet de la saillance sur l'organisation du traitement de l'information auditive. En particulier, la saillance a-t-elle un effet sur la perception globale de la scène sonore et le traitement de l'information locale ? Les résultats de la thèse de Baptiste Bouvier en cours de publication dans JASA mettent en évidence que la capture attentionnelle affecte la hiérarchie du traitement temporel de l'information sonore, favorisant le traitement au niveau où se situe l'information saillante.

### 3.1.3 Effet de la saillance dans la perception d'une scène sonore complexe chez le malentendant équipé d'aides auditives

Dans une scène auditive complexe, certains sons peuvent, de par leurs caractéristiques acoustiques intrinsèques ou en fonction de leurs propriétés émergentes dans la scène, attirer notre attention plus que d'autres. Notre écoute est façonnée, à notre insu, par ces processus bottom-up de saillance auditive. Si des études sur la saillance sont menées depuis plusieurs années chez des individus normo-entendants (cf thèse de B. Bouvier ; Bouvier et al. 2023), très peu de travaux ont jusqu'alors été conduits sur ces questions chez des individus malentendants. Or, la prévalence de personnes atteintes de troubles de l'audition présentant un traitement anormal de l'intensité ou de la saillance des sons est estimée entre 2 et 15 %. Il est donc crucial de comprendre les mécanismes à l'origine de ces phénomènes de saillance atypique, afin que les aides auditives puissent les restaurer et non au contraire les aggraver, conduisant ainsi certains patients trop gênés à renoncer à porter leurs aides. La [thèse d'A. Schwarz](#) (ED3C), débutée en oct. 2023 et partagée entre PDS et le CERIAH (Institut Pasteur), développera des travaux de recherche fondamentaux afin de comprendre (1) comment les pertes auditives modifient la saillance de certaines sources et (2) comment la saillance affecte l'organisation auditive chez les malentendants porteurs d'aides auditives. Ces travaux s'inscrivent dans la continuité des des travaux de l'équipe mené sur l'analyse de scènes auditives complexes dans leur variabilité entre individus (Susini et al., Sci. Rep. 2020, JASA 2023) en s'attachant cette fois au problème des personnes malentendantes. Les expériences psychophysiques envisagées seront conduites au casque, en laboratoire, chez des individus normoentendants auxquels des pertes et des aides auditives seront simulés par des algorithmes de traitement du signal, avant d'être déployées dans un second temps chez des participants malentendants.

## 3.2 Intégration multisensorielle

### 3.2.1 Sonification du mouvement

Des études de terrain et des études expérimentales contrôlées en laboratoire, couplées au développement de modèles, d'outils logiciels et de prototypes sont menées. Premièrement, des méthodologies de design centrées sur les utilisateur-trice-s sont mises en pratique dans le contexte de pratiques de musique et de danse. Deuxièmement, nous développons des modèles informatiques en tirant parti de notre expertise sur l'apprentissage machine "interactif" et centré sur l'utilisateur. Une telle approche diffère des approches classiques de l'apprentissage machine qui reposent généralement sur de grands ensembles de données et se concentrent sur l'amélioration des algorithmes. Troisièmement, nous développons des plateformes logicielles et prototypes, s'appuyant sur des environnements de programmation interactifs ou des technologies Web, qui sont particulièrement bien adaptées aux usages collaboratifs.

Les études expérimentales ont permis de mettre en avant des concepts et principes pour appréhender l'apprentissage du mouvement et pour le design d'applications interactives. Des bases de données ont été produites et diverses méthodes d'apprentissage machine ont été évaluées dans notre contexte. Plusieurs plateformes ont été développées. En particulier le laboratoire a développé CoMo, une plateforme pour créer des applications d'interaction sonore avec le mouvement. Plusieurs applications spécifiques ont été créés, en collaboration avec divers partenaires et institutions externes pour l'éducation (CoMo.education en maternelle et CoMo-Vox pour la pédagogie musicale, en collaboration avec Radio France et le soutien de du Ministère de l'Éducation Nationale) et la rééducation (CoMo-rééducation).

### 3.2.2 Audition et perception tactile

#### *Espace peripersonnel et rugosité auditive, collaboration avec l'IRBA (contrat cadre)*

Participants : Marine Taffou (IRBA), Clara Suied (IRBA), Coralie Vincent, Isabelle Viaud-Delmon

Afin d'identifier les traits sonores contribuant à la perception de la menace, nous avons étudié les liens entre valence émotionnelle et rugosité dans les sons naturels. Nous avons pu observer que plus un son est rugueux, plus il est perçu comme négatif (travaux de Claralynn Schubert en 2021, M1 BIP – SU). Par ailleurs, nous avons montré que la rugosité impactait les réactions de défense en provoquant une augmentation de la taille de l'espace péripersonnel (Taffou et al 2021). Nous avons cherché à préciser et étendre ces résultats. Les sons étudiés jusqu'ici étaient des sons rugueux artificiels très simples et non-sémantiques (pour lesquels l'émetteur du son ne pouvait être identifié). Nous avons étudié la pertinence comportementale de sons rugueux plus complexes, afin de tester si l'effet comportemental de la rugosité est généralisable. Ces sons rugueux complexes ont été choisis sur la base des résultats d'une évaluation de trois catégories de sons naturels (sons émis par différents animaux, regroupés en 3 espèces : insectes, mammifères, et oiseaux). L'objectif était d'étudier le lien entre rugosité et évaluation émotionnelle, et de voir si ce lien éventuel était influencé par l'espèce animale à l'origine du son (expérience en ligne, 120 participants). Nous avons montré qu'il existe une corrélation claire entre rugosité et valence émotionnelle : plus un son est rugueux, plus sa valence est évaluée comme négative, quelle que soit l'espèce animale émettant le son. En nous basant sur les résultats de cette expérience subjective, nous avons alors étudié les effets de deux sons complexes de vocalisation animale sur une mesure objective de défense chez l'Humain. Nous avons utilisé cette fois des sons naturels (protocole initié dans le cadre du stage de Chloé O'Neill, 2022, M1 BIP – SU). Nous avons opposé un son d'oiseau sans rugosité à ce même son d'oiseau auquel était rajouté de la rugosité (modulation d'amplitude à 100Hz). Avec une tâche de détection tactile permettant de mesurer les variations de l'espace péripersonnel, nous avons observé que les réactions de défense provoquées par la rugosité se retrouvent quand on utilise des sons naturels et identifiables. Le son original est jugé comme positif par les participants. Le seul ajout de rugosité au son naturel a provoqué un mécanisme de défense (élargissement de la taille de l'espace péripersonnel), sans modifier la valence émotionnelle du son naturel de façon dichotomique.

#### *Transmission de l'information sonore par stimulation vibratoire et conduction osseuse*

Lors de la [thèse CIFRE de Claire Richards](#) (collaboration Ensci - Centre de Recherche en Design, ENS Paris-Saclay, et la société Actronika, 2019-2022) a été développé un dispositif audio-haptique pour la transmission du son et de la musique par conduction osseuse et stimulation vibrotactile (Etude des effets tactiles associés à la conduction osseuse, et à la spatialisation des sensations sonores et vibrotactiles). La thèse de Claire Richards (soutenue en février 2023) part du principe qu'un même stimulus peut exciter simultanément l'oreille interne et la surface de la peau, par conduction osseuse et sensation vibrotactile. En examinant cet équilibre sensoriel spécifique entre l'ouïe et le toucher, ce travail de recherche tente de trouver une balance multidisciplinaire entre les mondes du design, de l'industrie et des sciences, en posant d'abord la question suivante : comment la technologie portable pourrait-elle permettre de réfléchir à une expérience du son qui n'implique pas seulement les oreilles mais le corps tout entier ? Après une approche psychophysique, le sujet s'est inscrit dans un cadre de recherche en design pour fabriquer et étudier un nouveau dispositif audio-tactile portable : le Harnais Multimodal. L'approche globale mise en œuvre dans la thèse est identifiée comme une recherche en design "intégrative". Les différents éléments du projet contribuent chacun à un ensemble cohérent, établissant un lien entre la science et le design, la perception et la création. En utilisant le dispositif portable comme un outil d'exploration créative, C. Richards a étudié comment l'interaction entre l'audition et le toucher peut informer la composition de vibrations spatialisées sur la surface et l'intérieur du corps.

### 3.3 Modélisation de l'appareil phonatoire humain

[Artificial Voice production: control of bio-inspired port-HAMilToniAn numerical and mechatronic models \(S3AM, projet ANR PRC 2022-2027\)](#)

En complément des informations du paragraphe 2.1.2, notons plusieurs travaux menés à STMS :

- 1) La [thèse de Thomas Risse \(2022-2025\)](#) : « Auto-oscillations de l'appareil vocal : modélisation physique, analyse de régimes et synthèse sonore », Dir.: T. Hélie, co-encadré par F. Silva-LMA et A. Falaize-LaSIE) porte sur la modélisation physique de l'appareil vocal sous une forme énergétiquement équilibrée.
- 2) La conception de maquettes robotisées de larynx artificiels auto-oscillant (3 maquettes à complexité croissantes sont prévues et la première sera finalisée en 2024)

On peut enfin signaler l'acquisition d'une caméra rapide dans le laboratoire (financement de l'INS2I) qui a été utilisée pour des mesures in vivo (ouvertures glottiques, en plus d'autres bio-sinaux) au CHU de Liège (première campagne effectuée en mars 2024, une seconde est prévue en juin 2024) et qui sera aussi utilisée sur les maquettes robotisées.

### 3.4 Aspect historique et musicologique

L'équipe APM propose de se situer au carrefour de l'histoire de la musique, de l'esthétique musicale, de l'histoire et de la philosophie de la médecine, en croisant les approches monographiques, comparées et synthétiques, et a organisé un colloque en 2023 dans cette mouvance.

[Colloque « Musique et maladie », sous la direction de Vincent Barras, Laurent Feneyrou \(CR-CNRS, APM\) et Céline Frigau Manning , octobre 2023](#)

Le colloque « Musique et maladie », organisé par l'Ircam, avec l'Institut des humanités en médecine (Lausanne) et l'IHRIM (CNRS, Lyon), s'est proposé, les 19 et 20 octobre 2023, de nouer histoire de la médecine et histoire de la musique dans le monde occidental, et d'interroger

les conditions et les méthodes de leur dialogue à l'âge moderne, du XVIII<sup>e</sup> siècle à la fin du XX<sup>e</sup> siècle. Il n'a pas porté principalement sur la santé, le soin et les vertus thérapeutiques de la musique, mais sur l'étude des maladies. Deux types d'approches ont été développés :

1. Des études de cas ou des pathographies d'artistes, compositeurs et interprètes, dont la figure devient décisive avec l'affirmation du sujet moderne. Dans un saisissant renversement, ce compositeur ou cet interprète, autrefois sorte d'Orphée, exprime, expose son *pathos*, et devient malade, de plus en plus gravement, de Bach à Donatoni, pour envisager des bornes chronologiques. Il ne s'agit plus seulement d'établir un diagnostic, mais d'écrire une pathographie. Un tel genre implique un renouveau de la biographie et un régime singulier de discursivité. En ce sens, les communications n'ont pas produit une énième tentative d'interprétation médicale qui prétendrait expliquer la créativité des musiciens ou plus largement le phénomène artistique au prisme des savoirs médicaux positifs du moment. Nous avons, au contraire, étudié les pathographies existantes (celles de Glenn Gould, par exemple) ou le genre même dont elles relèvent en questionnant la tentation de soustraire le regard médical à sa détermination historique, ainsi que les modalités de prise en considération, du point de vue musical comme musicologique, du corps naturel de l'artiste.
2. Des études par maladies, notamment le Sida, la maladie d'Alzheimer et le diabète, mais aussi, et principalement, dans le champ psychologique et psychiatrique (trac, hystérie, autisme, schizophrénie et psychose maniaco-dépressive ou trouble bipolaire, auxquels se sont ajoutées les prescriptions nutritionnelles dans les maladies nerveuses). L'histoire de ces maladies en soi et dans leur contrôle par les pouvoirs publics (comme chez les chanteuses et musiciennes yougoslaves), ainsi que de leurs descriptions médicales a été réalisée à travers traités et autres documents historiques, mais aussi en examinant la manière dont ces maladies sont rapportées à des musiciens, à leurs œuvres (chez Alexandros Markeas, par exemple, compositeur de *Mots bruts*) ou à leurs interprétations, à leurs discours, ainsi qu'à des représentations musicales, notamment dans le domaine, également littéraire et scénique, de l'opéra avec une étude consacrée au premier opéra représentant la vie d'un hôpital psychiatrique (*Agnes* de Buonavoglia et Paër) ou des représentations lyriques de la folie religieuse (chez Penderecki, Sciarrino et Pauset).

Le colloque a réuni vingt et un chercheurs et chercheuses français (CNRS, EHESS, ENS, Université de Bordeaux, Université Jean Moulin – Lyon 3 et Université de Paris 8) et étrangers (Geisinger Commonwealth School of Medicine, Institute of Musicology SASA de Belgrade, Mississippi University for Women, Stanford University, Université de Montréal, Université d'Utrecht, Universität für Musik und darstellende Kunst de Vienne). Il a été filmé par l'Ircam et mis en ligne sur sa chaîne YouTube. Avec le soutien de la Sacem et en coproduction avec le Centre Pompidou, l'Ircam a par ailleurs organisé, avec l'ensemble L'Instant donné un concert présentant : *Etwas ruhiger im Ausdruck* de Franco Donatoni (en regard des troubles bipolaires), *Infinito nero* de Salvatore Sciarrino (en regard de l'hystérie dissociative) et *Cardiophonie* de Heinz Holliger (en regard de la cardiologie), avant la projection du film *Une page folle* (1926) de Teinosuke Kinugasa, sur un scénario de Yasunari Kawabata et avec une musique électronique composée par Mayu Hirano – un film sur la vie dans un hôpital psychiatrique japonais.

## ■ 4. Recensement et description des moyens techniques

### 4.1 Dispositifs

#### 4.1.1 Captation du geste

En 2022-2023, les développements ont concerné principalement la mise à jour des dispositifs CoMo-Rééducation, dont 9 exemplaires sont en fonction (cf section 2.2.2). CoMo Rééducation est un dispositif portable d'auto-rééducation du membre supérieur par la sonification du mouvement. Il est basé sur l'utilisation de deux capteurs sans-fil (accéléromètres, gyroscopes et magnétomètre) qui se connectent à une boîte contenant un « nano-ordinateur » (Raspberry-Pi) et un écran tactile. Le son est diffusé soit par deux haut-parleurs soit par des casques (2 prises sont intégrées). Le boîtier contient également une plateforme pour recharger les capteurs par induction. Le logiciel (en JS) peut être facilement modifié. Actuellement il permet trois types d'exercices :

- Des exercices de maintien de posture (exercice « Statique »)
- Des exercices de répétition de mouvements d'un point de départ à un point d'arrivée (exercice « Dynamique »)
- Des exercices de reproduction d'une séquence sonore (exercice « Memory ») en vous déplaçant sur un support

Pour chacun de ces trois types d'exercices, il est possible de choisir différents retours sonores pour accompagner le geste, ainsi que différents niveaux de difficulté. Les données de mouvement font l'objet d'un enregistrement, permettant ainsi d'observer les évolutions dans la rééducation.

#### 4.1.2 Spatialisation

La bibliothèque Spat~ est en constante évolution avec de nombreuses mises à jour ou introductions de nouveaux modules. Nous ne mentionnons ci-dessous que les modules susceptibles d'intéresser les collaborateurs en charge de développement d'expériences ou de matériaux sonores exploitant les techniques de spatialisation 3D, notamment pour le traitement de scènes sonores enregistrées ou synthétisées au format HOA.

Filtrage spatial de scènes en format HOA 3D

spat5.hoa.blur~ : floutage spatial

spat5.hoa.rotate~ : rotation globale d'une scène (yaw, pitch, roll)

spat5.hoa.mirror~ : symétrie globale d'une scène (x, y, z)

spat5.hoa.focus~ : zoom spatial avec contrôle du facteur de directivité et de l'orientation

spat5.hoa.beam~ : formation de voie (cardio, hypercardio, subcardio, maxre, dipole, etc.)

spat5.hoa.warp~ : warping spatial (concentration ou dilatation vers les pôles, vers l'équateur ou dans une direction particulière)

Analyse spatiale de scènes en format HOA 3D

spat5.hoa.intensity~ : estimation du vecteur incident et du coefficient de diffusion

spat5.hoa.scope~ : visualisation du champ acoustique (2D ou 3D)

Conversions spatiales :

spat5.hoa.downscale~ : réduction en 2D (plan horizontal) d'un flux HOA 3D

spat5.hoa.reduce~ : réduction de l'ordre d'un flux HOA (avec ou sans compensation du niveau des composantes résiduelles)

Décodage d'un flux HOA en mode binaural :

spat5.hoa.binaural~ : De nombreuses expériences immersives font appel à des scènes sonores enregistrées ou synthétisées en mode HOA. Leur décodage en mode binaural pour casque d'écoute faisait appel jusqu'à présent au paradigme des haut-parleurs virtuels qui consiste dans une première étape à décoder le flux pour un ensemble de haut-parleurs, puis à virtualiser ces derniers en faisant appels aux HRTFs correspondant à leur directions respectives. Bien que générique (c.à.d. compatible avec n'importe quel format de diffusion), ce décodage s'avère assez coûteux en termes de puissance de calcul requise et s'accompagne de nombreux artefacts de timbre ou spatiaux dans le cadre de décodage de flux HOA. Un algorithme de décodage issu de la littérature récente, dénommé MagLS (Magnitude Least Square) et basé sur un décodage directement effectué dans le domaine des harmoniques sphériques offre des performances significativement supérieures en termes de respect du timbre et de rendu spatial. Ce module est désormais disponible dans la bibliothèque Spat~ (spat5.hoa.binaural~) ainsi que dans la bibliothèque Wwise utilisée dans les environnements de réalité virtuelle Unity et Unreal (cf. ci-dessous).

### 4.1.3 Réalité Virtuelle et Réalité Augmentée

Le recours aux technologies de la réalité virtuelle pour les dispositifs à visée thérapeutique ou pour l'exploration scientifique (tests perceptifs/cognitifs) tend à se généraliser. Cela nécessite de maîtriser les environnements de RV comme Unity ou Unreal pour la conception et le développement des scènes et scénarios interactifs exploitant conjointement les différentes modalités sensorielles visuelles, auditives et kinesthésiques. Concernant la modalité auditive, il existe différents moteurs de spatialisation sonores, souvent basés sur des modèles extrêmement simplifiés et fermés ou au contraire très complexes à maîtriser (Wwise). Un projet est en cours de recherche de financement pour effectuer un portage du Spat~ de sorte à le rendre disponible au sein des environnements Unity et Unreal. Une réflexion est en cours pour en déterminer le périmètre (portage exhaustif ou sous forme d'import/export de fichiers de spatialisation au format ADM).

### 4.1.4 Dispositifs disponibles

Dispositifs commerciaux :

- Capture de mouvement avec capteurs inertiels (full-body), Système Perception Neuron
- Différents systèmes de tracking par caméras infra-rouge (Optitrack)
- Divers visiocasques (Hololens, Oculus Rift, Vive, Sony)
- Multiples casques audio fermés (notamment BeyerDynamic DT 770) ou ouverts (notamment HD650)
- 2 casques audio totalement transparent AKG K1000 utiles pour mener des expériences en réalité augmentée
- Casque à conduction osseuse Trekz AfterShok
- Microphone sphérique ZM-1 Zylia pour prise de son spatialisée au format HOA (3rd order). Connexion USB
- Microphone sphérique EM32 mh-acoustics pour prise de son spatialisée au format HOA (4th order) - format MADI
- Microphone sphérique EM64 mh-acoustics pour prise de son spatialisée au format HOA (6th order) - format DANTE
- Haut-parleur à directivité contrôlée IKO (vingt transducteurs indépendants)
- Haut-parleur omnidirectionnel (ACOEM).
- Ecran de projection stéréoscopique 3mx2m + lunettes polarisantes (stéréoscopie passive)
- Caméra 360° Theta (USB)
- Caméra rapide PHOTRON utilisée pour des mesures in vivo (ouvertures glottiques, en plus d'autres bio-signaux)
- Oreille artificielle Brüel&Kjaer avec coupleur IEC 60 318
- Electroencéphalographe "ActiveTwo EEG system complete" de Neurospec AG

Dispositifs développés en interne ou via collaboration (gilet haptique, capteurs, objets connectés, ...)

- Capteurs inertiels WiFi (accéléromètres, gyroscope, magnétomètre) RIoT, commercialisés par la Plux (Bitalino- Riots)
- Système Como-Rééducation (9 unités)
- Systèmes Como-Elements Como-education
- Dispositif audio-haptique pour la transmission du son et de la musique par conduction osseuse et stimulation vibrotactile (techniquement maintenu dans le cadre de la Résidence en Recherche Artistique d'Alberto Gatti)

## 4.2 Moyens d'expérimentation / évaluation

### 4.2.1 Expertises méthodologiques

Développement d'environnements logiciels (p. ex., jsPsych dans PDS)

- Logiciel CoMo pour l'interaction mouvement-son et interaction collective, utilisant une infrastructure Client-Serveur (Node.JS, avec la librairie IRCAM Soundworks).

- Librairie MuBu (Max/Msp) pour la captation, analyse de mouvement et synthèse sonore interactive

#### 4.2.2 Infrastructures

2 cabines psycho-acoustiques  
 1 chambre anéchoïque  
 Studio équipé d'un dôme ambisonique (24 HPs)

### ■ 5. Aspects éthiques

En 2022 et 2023, les activités de l'axe se sont reposées sur les protocoles suivants au niveau éthique :

- Etude Intégration multisensorielle et surcharge auditive (section [1.1.3](#)) : couvertes par le protocole « Interactions multisensorielles et perception de l'espace en environnements dynamiques (IMPED) » ayant reçu un avis favorable par le Comité de Protection des Personnes Nord-Ouest I – CPP n°2019-A01131-56.
- Etude Espace peripersonnel et rugosité auditive (section [Espace peripersonnel et rugosité auditive, collaboration avec l'IRBA \(contrat cadre\)](#)), couverte par le protocole « CER-2021-084\_VIAUD-DELMON-Rugosité sonore et émotions », ayant reçu un avis favorable par le Comité d'Éthique de la Recherche de Sorbonne Université le 1 décembre 2021.
- Développement d'un dispositif de sonification du mouvement à domicile: évaluation technique et retour d'expérience utilisateur, CER-2020-086\_PEYRE\_Sonification, ayant reçu un avis favorable par le Comité d'Éthique de la Recherche de Sorbonne Université le 19/03/202
- Évaluation utilisateur d'un dispositif d'apprentissage d'espaces audio-moteurs, CER-2021-061\_PAREDES-Espaces-audio-moteurs, ayant reçu un avis favorable par le Comité d'Éthique de la Recherche de Sorbonne Université le 19/01/2021.
- Etude sur de saillance auditive dans le cadre de la thèse de B. Bouvier, couverte par le protocole " Investigating auditory salience: the effect of timbre features on attention capture " ayant reçu un avis favorable par le Institutional Review Board (IRB) de l'Insead, le 21 Juill. 2022, Protocol ID : 2022-53.

### ■ 6. Résidences

En 2023, l'appel à résidence a été ouvert sur 4 thèmes dont 2 relevant du son et de la musique pour la santé.

#### Composer avec des vibrations audio-tactiles avec les équipes PDS et ISMM

Les deux équipes s'intéressent aux propositions de projets qui pourraient explorer et mettre en œuvre les questions abordées par les approches audio-tactiles et les dispositifs d'écoute du son et de la musique. En fait, la combinaison de l'audio - par conduction aérienne ou osseuse - et des stimulations tactiles peut proposer une alternative pour créer et diffuser le son et la musique, soit par l'intégration multimodale, soit par l'amélioration multimodale des mécanismes perceptifs et cognitifs. À cet égard, les dispositifs portables offrent un moyen possible (mais non exclusif) de mettre en œuvre ces nouvelles expériences plus holistiques des vibrations. De plus, ces implémentations pourraient facilement et de manière intéressante être couplées à des paradigmes interactifs, distribués et participatifs afin de créer et d'écouter de la musique de manière stimulante et innovante.

Le lauréat est Alberto Maria Gatti, projet Re-sounding bodies, composer avec des vibrations audio-tactiles.

#### Environnements sonores pour le bien-être en collaboration avec l'équipe EAC

Malgré l'intérêt croissant pour les effets psychosociaux de la musique et du son, leur évaluation systématique reste difficile. Les mesures au niveau comportemental ne sont pas très précises, et la description du matériel musical et/ou sonore manque souvent de clarté, empêchant ainsi un travail théorique basé sur une méta-analyse. Nous proposons aux compositeurs et aux artistes sonores de travailler en étroite collaboration avec nos équipes de recherche sur les deux sujets suivants : l'un porte sur l'amélioration de l'environnement sonore pour le bien-être et les soins, l'autre sur la musique et le son pour la cohésion sociale et la stimulation des capacités motrices. Les deux sujets requièrent des approches compositionnelles distinctes, le premier étant basé sur l'écoute passive tandis que le second est basé sur l'écoute active.

Les lauréats sont Laurent et Vincent Isnard, projet Massage acousmatiques, vers un environnement sonore dédié au mieux-être.

## PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

Baptiste Bouvier, Patrick Susini, Catherine Marquis-Favre, Nicolas Misdariis. Revealing the stimulus-driven component of attention through modulations of auditory salience by timbre attributes. *Scientific Reports*, 2023, 13, pp.6842.

Judith Ley-Flores, Eslam Alshami, Aneesha Singh, Frédéric Bevilacqua, Nadia Bianchi-Berthouze, Ophelia Deroy, Ana Tajadura-Jiménez. Effects of Pitch and Musical Sounds on Body-Representations When Moving with Sound. *Scientific Reports* 12, no. 1 (2022): 2676. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06210-x>. <https://anr.hal.science/hal-03956587/>

Iseline Peyre, Agnès Roby-Brami, Maël Segalen, Alain Giron, Baptiste Caramiaux, et al.. Effect of sonification types in upper-limb movement: a quantitative and qualitative study in hemiparetic and healthy participants. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2023, 20 (1), pp.136. ([10.1186/s12984-023-01248-y](https://doi.org/10.1186/s12984-023-01248-y)). ([hal-04233853](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04233853))

Isabelle Viaud-Delmon, Georges Chapouthier. 2023, Qu'est-ce qu'une émotion ?, *Intellectica - La revue de l'Association pour la Recherche sur les sciences de la Cognition (ARCo)*, Au-delà de la cognition, les émotions, 79 (2). ([hal-04308483](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04308483))

### ■ Conférences invitées dans des congrès nationaux et internationaux

N/A

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

Bouvier, B., Susini, P., Marquis-Favre C., & Misdariis, N. (2022). *Auditory salience: A study of the influence of timbre attributes using the additional singleton paradigm*. In *Proceedings of the 19th International Symposium on Hearing, Lyon, France*

Bouvier, B., Susini, P., Marquis-Favre, C., & Misdariis, N. (2022, April). Étude de la saillance auditive: analyse de l'influence de la brillance par la méthode du singleton additionnel. In *16ème Congrès Français d'Acoustique, CFA2022*

Baptiste Bouvier, Emmanuel Ponsot, Patrick Susini. Reorganization of temporal local/global processing with auditory salience. *Forum Acusticum 2023*, Sep 2023, Turin, Italy.

Misdariis, N., Kerforn, F., Petitpierre, W., Houix, O., Cahen, R., Gorrias, J., Delanoe-Vieux, C., Coirié, M., Karpinski, E. & Bergot, C. (2022). Sound, Music / Health relations – The PsySon project and the “musico-caregiver interview”. In *Healthcare Systems Ergonomics and Patient Safety (HEPS) Conference Proceedings*.

Iseline Peyre, Pascale Pradat-Diehl, Veronique Marchand-Pauvert, Agnès Roby-Brami, Coralie Vincent, et al.. La sonification du mouvement pour la rééducation post lésion cérébrale acquise : une expérience perceptive atypique ?. 4es Journées Perception Sonore (JPS2023), Nov 2023, Paris, France. ([hal-04427102](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04427102))

Thomas Risse, Thomas Hélie, Fabrice Silva, Victor Wetzel. Lumped parameter modelling and simulation of a simplified vocal apparatus in the port-hamiltonian framework. *Forum Acusticum*, Sep 2023, Turin (Italie), Italy. ([hal-04163506](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04163506))

Richards, C., Cahen, R., & Misdariis, N. (2022). Designing the balance between sound and touch: methods for multimodal composition. In *Proceedings of the 19th Sound and Music Computing Conference (SMC 2022)*.

Richards, C., Misdariis, N., & Cahen, R. (2022, August). The Reciprocity of Speculative and Product Design Research in an Industrial Framework. In *Haptic and Audio Interaction Design: 11th International Workshop, HAID 2022, London, UK, August 25–26, 2022, Proceedings* (pp. 81-91). Cham: Springer International Publishing.

### ■ Communications sans actes dans un congrès international ou national

Thomas Hélie, Henri Boutin. Robotic experimental testbeds: from brass instruments to voice. Journée scientifique GAP-SFA "Acoustique de la voix et de la parole : modèles, mesures, maquettes" (dans le cadre de l'ouverture du projet AVATARS, ANR-22-CE48-0014), Mars 2023, Paris, France. ([hal-04185161](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04185161))

Thomas Hélie, Fabrice Silva, Victor Wetzel. Vocal apparatus and modelling in Port-Hamiltonian systems. Journée scientifique GAP-SFA "Acoustique de la voix et de la parole : modèles, mesures, maquettes" (dans le cadre de l'ouverture du projet AVATARS, ANR-22-CE48-0014), Mar 2023, Paris, France. ([hal-04185181](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04185181))

Nicolas Misdariis, Journée MAEVAS (Motiver Aider Evaluer Valider Accompagner Soigner) organisée par le GHU Paris Psy & Neurosc sur le thème « Innovation et créativité au profit du soin : l'expertise soignante vers l'hôpital de demain » - 9 juin 2023 - Paris, Site Sainte-Anne

Iseline Peyre, Pascale Pradat-Diehl, Véronique Marchand-Pauvert, Agnès Roby-Brami, Coralie Vincent, et al.. « La sonification du mouvement pour la rééducation post lésion cérébrale acquise : une expérience perceptive atypique ? », 4es Journées Perception Sonore (JPS2023), Novembre 2023, Paris, France, ([hal-04427102](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04427102))

Marine Taffou, Augustin Amiel, David Hartnagel, Lise Hobeika, Isabelle Viaud-Delmon. Spatial sensory organization around the body: anisotropy of audio-tactile integration. International multisensory research forum, Jun 2023, Bruxelles, Belgium. (hal-04308210)

Isabelle Viaud-Delmon, Olivier Warusfel, Peter Brugger, Marine Taffou, "Auditory and body perception in microgravity", 21st International Multisensory Research Forum, Juin 2023, Bruxelles, Belgique, (hal-04308209)

Marion Voillot - Table ronde « Les enjeux de l'élaboration et du design d'objets encourageant l'exploration musicale autonome des enfants », colloque Ecoute, mouvement, exploration musicale : quels enjeux pour l'apprentissage ? - vendredi 17 mars 2023, Philharmonie de Paris

#### ■ **Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages**

N/A

#### ■ **Rapports techniques**

N/A

#### ■ **Thèses, mémoires et travaux universitaires**

Baptiste Bouvier (2023). "Auditory salience: A study of the influence of timbre attributes using the additional singleton paradigm.", Sorbonne Université.

Franck Élisabeth (2022). Thèse de Sciences Cognitives, Sorbonne Université, « Mesure et contre-mesure de la surdité attentionnelle », juillet 2022, (tel-03828331).

Judith Ley Flores Guadalupe (2022). "Using movement sonification to alter body perception and promote physical activity in physically inactive people", soutenue le 29 septembre 2022 à Madrid, Universidad Carlos III de Madrid

Vincent Martin, (2022). Thèse de Sciences Cognitives, Sorbonne Université, « Auditory distance perception of static sources in the context of Audio-only Augmented Reality : an investigation of acoustic and non-acoustic cues », co-directrice, mars 2022

Iseline Peyre (2022). "Sonification du mouvement pour la rééducation après une lésion cérébrale acquise : Conception et Évaluations de dispositifs", soutenue le 12 décembre 2022 à l'Ircam, Sorbonne Université

Claire Richards (2023). Wearable sound: integrative design for hearing and feeling vibrations (Sorbonne Université, 2023).

Marion Voillot, (2022). « Le corps au coeur de l'apprentissage par le numérique - exploration d'un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance. », soutenue le 5 décembre 2022 à l'Ircam, Université de Paris-Cité

#### ■ **Organisation de colloque**

Colloque Musique & Maladie - Ircam - 19 et 20 octobre 2023

Journées Perception sonore - 21 & 22 novembre 2023

#### ■ **Séminaires Mercredi STMS**

Emily Graber - Perceptual Inquiries on Contemporary Music: Reconstructing musical features from neural and cardiovascular signals & pitch distractions in temporal processing - 14 juin 2023

#### ■ **Diffusion des connaissances, enseignement**

F. Bevilacqua, I. Peyre, Présentation de l'axe Son-Musique Mouvement, et démonstration de CoMo-Rééducation, Fêtes de la Sciences, Sorbonne Université, 13-15/10/2023

Iseline Peyre, Coralie Vincent, Frédéric Bevilacqua : Portes Ouvertes IRCAM – 13\_14 janvier 2023, Como-rééducation

Claire Richards, Nicolas Misdariis, Roland Cahen, Alberto Gatti : Portes Ouvertes IRCAM – 13\_14 janvier 2023, Démonstration du harnais multimodal

Marine Taffou, Isabelle Viaud-Delmon, Coralie Vincent, Olivier Warusfel : Portes Ouvertes IRCAM – 13\_14 janvier 2023, Traiter les acouphènes en réalité virtuelle, Estimer auditivement la taille d'une foule

Isabelle Viaud-Delmon, Rencontre IFA - présentation La Musse (présentations à 45 étudiants de l'IFA formation en audioprothèse - 13 mars 2023

Isabelle Viaud-Delmon, Son/musique et santé, soirée/concert Musique et maladie, IRCAM, 27 octobre 2023.

Coralie Vincent, Présentation de l'axe « Son/Musique & Santé », Journée Arts/Sciences de l'école des mines, 1er juin 2023

Marion Voillot. Stage Préac. CoMo•education, création d'histoires sonores et en mouvement. Biennale de Design de Saint-Étienne, 13 avril 2022.

Marion Voillot. Atelier CoMo•education. Super Demain 2022, 25 novembre 2022.

Marion Voillot, CoMo.education, raconter des histoires sonores et en mouvement, en maternelle. In Le Mans Sonore, 28 janvier 2022.

Olivier Warusfel, Institut de l'audition, HeaR Course « Hearing: from mechanisms to restoration technologies", 5 juin 2022, 5 juin 2023.

■ **Participation à des jurys et comités de thèse**

- Valentin Bauer, Thèse d'informatique, Université Paris Saclay, "Exploring Multisensory Extended Reality Approaches for Autistic Children: Improve Well-Being and Assess Auditory Perception", Isabelle Viaud-Delmon, examinatrice, janvier 2023

- Octavia Rioual, Thèse de musicologie, Université de Rennes 2, « De la musique dans le monde sourd à l'ère numérique. Étude des nouveaux modes de diffusion et des nouvelles pratiques artistiques en Europe et en Amérique du nord au XXIe siècle»; Isabelle Viaud-Delmon, rapporteur, décembre 2022

- Charles Hernoux, Thèse de Neurosciences, Université PSL, « Étude des effets de la représentation visuelle d'une sensation tactile sur la modulation de la perception douloureuse et de l'incarnation en réalité virtuelle », Isabelle Viaud-Delmon, présidente, janvier 2022

■ **Comités et expertises**

Isabelle Viaud-Delmon : Horizon Europe - Health, 2023

■ **Articles de presse et radio**

Isabelle Viaud-Delmon : Emission « Affaire en cours », Marie Sorbier, France Culture, Janvier 2023