

AXE SON/MUSIQUE & SANTÉ de l'UMR STMS  
Rapport année 2025

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations cliniques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	13	Revue à comité de lecture	5	Nationaux et régionaux  PSYSON, PHRIP (2022-2025) Fondation pour la Vision et l'Audition  INSPECTSYN, ANR JCJC / E. Ponsot (2023-2026)  eFFRent, CNRS MITI, E. Ponsot (2025-2027)  AVATARS, ANR-PRC (2023-2027)  AudioEval (2024-2026), Fondation John Bost  Sonimove, MITI, 2025-2026	6	Marine Taffou, Clara Suied, Vincent Isnard, Guillaume Andéol, IRBA (FR) Lise Hobeika, Séverine Samson, Boris Gourévitch, Institut de l'Audition, (FR) Ana Tajadura-Jiménez, Universidad Carlos III de Madrid (ES) Marta Matamala Gómez, University of Barcelona (ES), Iseline Peyre, LIB, Sorbonne Université (FR) Christian Lorenzi, LSP - ENS (FR) L. Carney, Univ. Rochester (US) Alann Renault, Thibault Vincete, LAUM (FR) Arnaud Norena, Laboratoire de Neurosciences Cognitives (FR) Celine Quinsac, Ceriah (FR) Anne-Lise Vernejoul, Justine Coubard-Millot Lab-ah / GHU Ste Anne (FR), Stefano Delle Monache, Elif Ozcan (TU Delft) Laurianne Cabrera, INCC, CNRS / Univ. Paris Cité (FR)	Dr Alain Londero, HEGP, Hôpital Lariboisière (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	5	Conférences avec comité de sélection	11	Internationaux  ERC Ana Tajadura-Jimenez ( <a href="http://bodyintransit.eu">bodyintransit.eu</a> )	1		Etablissements de la fondation John Bost : SESSAD et IME La Clé (95490 Vauréal) ; IME Roland Bonnard (95270 Saint-Martin-du-Tertre) ; ESAP Patmos (24130 Prignonrieux) ; EAM Béthel et Siloé (24130 Saint-Pierre-d'Eyraud) Hôpital de jour pour enfants André Bouloche (Paris 10) Lara Belloc, Gwen Averty (GHU Ste Anne) LABORATOIRE d'Accueil et d'Hospitalité (LAB-AH) du GHU Paris
Doctorants	3	Thèse de doctorat	1	Conventions  Sounds4Care entre GHU Paris Psych&Neurosc. (Lab-ah), Ircam, CRD ENS Paris Saclay, Institut FEMTO-ST (Cnrs) – Carine Delanoë-Vieux, co-directrice du Lab-ah – 2021-26  Contrat cadre IRBA  Fondation individualisée John Bost pour la Recherche (FiJBR)	3		
Stagiaires	2						

• Chercheurs et ingénieurs statutaires (13) : Frédéric Bevilacqua (DR-IRCAM, ISMM), Thibaut Carpentier (IR-CNRS, EAC), Emmanuel Fléty (DR-IRCAM, PIP), Thomas Hélie (DR-CNRS, S3AM), Olivier Houix (CR-Ircam, PDS), Benjamin Matuszewski (CR-IRCAM), Nicolas Misdaris (DR-IRCAM, PDS), Patrick Susini (DR-IRCAM, PDS), Emmanuel Ponsot (CR-CNRS, PDS), Arnaud Recher (T-CNRS, PIP), Isabelle Viaud-Delmon (DR-CNRS, EAC), Coralie Vincent (IE-CNRS, EAC/ISMM/PDS), Olivier Warusfel (CR-IRCAM, EAC),

• Chercheurs et ingénieurs non statutaires, chercheurs invités (9) Amar d'Adamo (doctorant Universidad Carlos III de Madrid), Iman Cadi (stage césure CentraleSupélec, PDS), Vincent Isnard (chercheur IRBA), Jean-Philippe Lambert (prestataire pour ISMM), David López-Ramoz (post-doctorant, PDS), Léo Mercier (doctorant Sorbonne Université, Co-encadrement, PDS-ISMM-LIB), Thomas Risse (doctorant Sorbonne Université, S3AM, co-encadrement LMA et LaSIE, 2022-2025), Ulysse Rousset (stage M2 Univ Gustave Eiffel, co-encadrement RepMus, EAC et PIP, doctorant Sorbonne Université, Co-encadrement EAC, RepMus, AnaSynth), Marine Taffou (chercheur IRBA).

Introduction au rapport des activités de l'année 2025 .....	4
■ 1. Le son et la musique pour la prévention en santé et le mieux-être.....	5
1.1 Environnement auditif : quel environnement auditif pour faciliter la possibilité du soin et pour le mieux-être ? .....	5
1.1.1 Alarmes sonores (équipe PDS) .....	5
1.1.2 Influence de la réverbération sur le comportement (équipe EAC) .....	5
1.1.3 Apprentissage automatique pour l'amélioration du confort sonore quotidien de personnes autistes (équipes EAC, RepMus, AnaSynth) .....	5
1.2 Le son et la musique pour le mieux-être : faciliter la cohésion et les interactions sociales.....	5
1.2.1 CoMo-education (équipe ISMM) .....	5
1.2.2 Dynaspace : application sur smartphone pour évaluer l'impact d'un son sur le bien-être social (équipes EAC, PIP, RepMus).....	6
■ 2. Le son et la musique pour la prise en charge du patient.....	6
2.1 Evaluation des troubles .....	6
2.1.1 Troubles auditifs périphérique et/ou central .....	6
Difficulté de compréhension de la parole en contexte cocktail-party : développer des biomarqueurs de la synaptopathie cochléaire (équipe PDS).....	6
Hyperacousie (équipe PDS, collaboration IRBA) .....	7
2.2 Traitement .....	7
2.2.1 Le soin / l'intervention en environnement clinique .....	7
2.2.1.1 Troubles somatiques .....	7
Rééducation multisensorielle pour les acouphènes (équipe EAC) .....	7
Rééducation motrice (équipe ISMM) .....	7
Rééducation de la voix (équipe S3AM).....	8
2.2.1.2 Troubles psychosomatiques .....	8
Projet Psyson (2022-2029, équipe PDS).....	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 .....	9
3.1 Modalité sensorielle auditive .....	9
3.1.1 Effet de la saillance dans la perception d'une scène sonore complexe chez le malentendant équipé d'aides auditives (équipe PDS) .....	9
3.1.2 Développement et effets du vieillissement dans le traitement des modulations temporelles pour les signaux de la parole (équipe PDS).....	9
3.1.3 Caractérisation des indices auditifs liés à la valence émotionnelle : la rugosité (équipe EAC, collaboration IRBA) .....	10
3.1.4 Caractérisation des atypismes de la perception auditive dans l'autisme .....	10
TSA – Audition : Mesures acoustiques et comportementales en contexte sonore écologique (équipe PDS) .....	10
Caractérisation des informations sonores hédoniques chez les autistes (équipe EAC) .....	10
3.2 Intégration multisensorielle .....	10
3.2.1 Sonification du mouvement (équipe ISMM) .....	10
3.2.2 Transmission de l'information sonore par stimulation vibratoire et conduction osseuse (équipe PDS) .....	11
3.2.3 Intégration audio-tactile tout autour du corps (équipe EAC, collaboration IRBA).....	11
3.2.4 Influence de la réverbération sur l'intégration audio-tactile (équipe EAC, collaboration IRBA).....	11
3.3 Modélisation de l'appareil phonatoire humain (équipe S3AM) .....	11
■ 4. Recensement et description des moyens techniques .....	12
4.1 Dispositifs .....	12
4.1.1 Captation du geste (équipes ISMM et PIP).....	12
4.1.2 Spatialisation (équipe EAC) .....	12
4.1.3 Réalité Virtuelle et Réalité Augmentée (équipe EAC).....	12
4.1.4 Dispositifs disponibles .....	13
4.2 Moyens d'expérimentation / évaluation.....	13
4.2.1 Expertises méthodologiques .....	13

4.2.2 Infrastructures .....	14
■ 5. Aspects éthiques .....	14
■ 6. Financements de projet.....	14
ACTIONS DE DISSEMINATION ET COMMUNICATION.....	14

## Introduction au rapport des activités de l'année 2025

L'axe Son/Musique et Santé (SMS) vise à renforcer la synergie entre les travaux liés à la santé dans notre laboratoire. L'objectif principal est d'élargir le champ d'action et d'application des recherches fondées sur l'expertise de nos équipes alliant musique, informatique et traitement du signal, et d'assurer la visibilité de celles-ci.

Nos approches articulent recherche fondamentale, développement technologique et validation clinique. L'étude des mécanismes en jeu dans la perception de la musique et du son constitue un socle essentiel à la mise en œuvre d'interventions ciblées. La validation de ces interventions est un long processus, et nécessite des évaluations quantitatives rigoureuses, comparées à des thérapies de référence, rendues possibles par des collaborations solides avec des établissements de santé (e.g. IHU reConnect, auquel plusieurs membres de l'axe Son/musique et Santé contribuent).

En 2025, les activités des 3 volets de l'axe se résument de la façon suivante.

- **Prévention et promotion de la santé et du mieux-être** : Les recherches sur le confort sonore en milieu clinique continuent notamment via la participation à l'évaluation des milieux sonores pour les soins intensifs en pédiatrie et néonatalogie. Un volet s'intéresse à l'influence de la réverbération sur le comportement, avec l'objectif de mettre à jour les facteurs contribuant au confort auditif. Plusieurs actions concernent spécifiquement le confort sonore d'enfants autistes non verbaux présentant une perception auditive atypique. Le processus de co-construction avec les centres accueillants des enfants autistes (IME, hôpital de jour) s'est maintenant durablement installé, permettant enregistrements de réponses impulsionnelles de salles de différentes tailles et échanges avec les parties prenantes. Par ailleurs, un nouveau projet, développé dans le cadre de la thèse de Ulysse Roussel, s'intéresse à la caractérisation du confort sonore quotidien pour cette même population, au travers de solutions d'apprentissage profond. Concernant les activités visant à faciliter les interactions sociales, le département Action Culturelle de l'IRCAM a prolongé les travaux menés par l'équipe ISMM (mallette CoMo-éducation). Enfin, l'application Dynaspace développée pour les smartphones Android peut maintenant être utilisée pour estimer les caractéristiques de l'intégration visuo-auditive dans l'espace peripersonnel de la vie quotidienne.

- **Prise en charge du patient (diagnostique et traitement)** : le versant **diagnostique** inclut les travaux sur l'identification de marqueurs de la synaptopathie cochléaire ou surdité cachée (projet ANR INSPECTSYN). Ces travaux se prolongent dans le cadre du projet eFFRent soutenu par la MITI du CNRS, s'intéressant à l'impact de la synaptopathie sur le système efférent. Le projet HYMIL se concentre sur l'hyperacousie, et évalue les caractéristiques acoustiques sous-jacentes à la valence des sons naturels identifiés chez les personnes présentant de l'hyperacousie. Au niveau **traitement**, l'essai clinique sur la rééducation des acouphènes en réalité virtuelle a été clos et les analyses sont en phase de finalisation pour publication. L'étude sur la rééducation des membres supérieurs après AVC (CoMo-r education) est également en voie de finalisation. Son application pour la r education de la mobilité chez les patients avec déficience visuelle acquise se consolide grâce à la thèse de Léo Mercier et un financement de la MITI, tandis que la sonification pour la r education de la marche après AVC bénéficie de l'amélioration du prototype SONIBAND (accéléromètres, gyroscopes et patche Max dédié). Le projet Psyson, proposant l'accompagnement des  tats de crise psychiatriques, prévoit les premières inclusions cliniques en 2026. Le développement des techniques de modélisation physique de l'appareil vocal se poursuit pour proposer de nouvelles approches en r education vocale (projet ANR AVATARS).

- **Mécanismes de la perception de la musique et du son chez l'homme** : les études de ce volet permettent d'identifier des cibles susceptibles d'être mobilisées ou renforcées, notamment dans des contextes de variation ou d'altération des capacités sensorielles ou cognitives, qu'elles soient d'origine congénitale, acquise, temporaire ou durable. Une série de travaux porte sur la caractérisation des mécanismes perceptifs impliqués dans l'analyse de scènes auditives complexes chez le malentendant appareillé. Des recherches se concentrent sur l'utilisation de mesures EEG sous-corticales pour caractériser le traitement neural des modulations temporelles de la parole, ouvrant la voie à une évaluation fine et non invasive des capacités auditives au cours du développement et du vieillissement. Par ailleurs, plusieurs travaux examinent les dimensions émotionnelles de la perception auditive. Les recherches exploratoires sur la caractérisation de la perception auditive atypique liée à l'autisme s'attachent ici au développement de méthodes d'évaluation adaptées à des populations non verbales, centrées notamment sur les préférences sonores et les dimensions spatiales de l'écoute. L'ensemble de ces travaux contribue à une meilleure compréhension de la variabilité interindividuelle des traitements auditifs, dans une perspective à la fois fondamentale et clinique. Enfin, un ensemble de travaux porte sur l'intégration multisensorielle. Ils montrent que l'intégration audio-tactile dépend à la fois de la position du son autour du corps et des propriétés acoustiques de l'environnement, telles que la réverbération. Des recherches sur la sonification du mouvement et la transmission vibratoire de l'information sonore explorent par ailleurs de nouvelles modalités d'interaction sensorielle, avec des applications potentielles en r education et en design audio-haptique. En complément, des travaux de modélisation physique de l'appareil phonatoire visent à mieux comprendre la production vocale, en combinant approches théoriques, simulations et dispositifs expérimentaux biomimétiques.

Dans une perspective de concrétisation et de transmission, nous contribuons à la structuration de nouveaux réseaux et à la formation de nouveaux chercheurs, notamment via nos liens avec le Collegium Musicae (en particulier avec le réseau Musique, Neurosciences et Thérapie crée en 2024) et notre participation au réseau santé de CNRS Sciences informatiques. Par ailleurs des financements de la MITI du CNRS (Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires) ont été obtenus dans le cadre des appels à projet « Avancées thérapeutiques et leur intégration dans le parcours de soins » et « Le large spectre du son : du cognitif au quantique ».

### *Temps fort de l'année 2025*

Le 17 décembre s'est tenue la deuxième journée annuelle de l'axe SMS dans la salle Stravinsky de l'IRCAM. La matinée a été ouverte par les interventions de Yuri Ivanenko, chercheur à l'ICCS Santa Lucia (Italie) et spécialiste du contrôle moteur, et de Ana Tajaduria-Jimenez, chercheuse à l'Université de Madrid (Espagne), spécialiste de la sonification des membres inférieurs. La journée a ensuite été rythm e par quatre présentations en binômes, associant des spécialistes du domaine de la santé et des chercheurs en traitement du signal appliqué à la musique. Les thématiques abordées ont porté sur la perception sonore atypique dans l'autisme ainsi que sur l'évaluation des troubles auditifs. Des professionnels spécialisés dans l'autisme et des cliniciens en audiologie sont intervenus afin de partager leur expertise et d'échanger avec les chercheurs du laboratoire et l'audience.

## ■ 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 et en établissement d'accueil et d'éducation de type IME. L'environnement auditif de ces lieux peut paradoxalement être particulièrement aversif et constituer un facteur de stress, peu propice à la mise en place des soins à prodiguer.

#### 1.1.1 Alarmes sonores (équipe PDS)

La thématique sur les alarmes sonores en milieu hospitalier avait été instruite de manière indirecte via la collaboration entamée en 2020 avec Stefano Delle Monache et Elif ozcan (TU Delft) dans le contexte de son projet PaDS – *Participatory Designing with Sound* (MSCA-IF 2020-2022, S. Delle Monache). Un workshop avait été organisé en 2022 sur le thème « Concevoir pour l'écoute dans l'expérience du soin et de la santé » avec un focus sur la fatigue due aux alarmes et la conscience de la situation dans les services hospitaliers.

Cette thématique va se poursuivre en tâche de fond dans le cadre d'une participation au projet « Auditory Footprints A novel soundscape assessment platform for neonatal and paediatric ICUs » principalement déployé à TU Delft (The Netherlands) et financé par le Open Technology Program (OTP) du Dutch Research Council (NWO).

#### 1.1.2 Influence de la réverbération sur le comportement (équipe EAC)

Ce travail vise à identifier les traits sonores contribuant au mieux-être et pouvant potentiellement influencer les réactions comportementales. Nous constituons un corpus de réponses impulsionnelles de salles de différentes tailles, dans les lieux de vies des établissements accueillants des personnes autistes. Sur la base de celles-ci, nous constituons un corpus de sons en mouvement d'approche, dont les composants peuvent être contrastés selon la salle dans laquelle ils sont émis. Dans un premier temps, l'influence de ces composantes sur l'intégration audio-tactile a été étudiée, dans un paradigme de détection de cibles tactiles mené auprès de participants neurotypiques et normoentendants (voir section 3.2.4). Dans un deuxième temps, les composantes pertinentes pour les populations neurotypiques permettront de mettre en place des protocoles étudiant leur perception dans une population de personnes autistes.

#### 1.1.3 Apprentissage automatique pour l'amélioration du confort sonore quotidien de personnes autistes (équipes EAC, RepMus, AnaSynth)

Le projet doctoral d'Ulysse Roussel (école doctoral EDITE) vise à explorer l'utilisation de l'apprentissage automatique pour enrichir l'évaluation, la compréhension et l'amélioration de la perception sonore atypique chez les enfants autistes non ou peu verbaux et avec déficience intellectuelle. Son objectif est de développer des outils permettant de classifier les sons perçus et de proposer des modulations en temps réel, pour augmenter leur acceptabilité et élargir le champ d'écoute, diminuant ainsi les risques d'isolation sociale. L'approche ne vise pas à réduire l'espace sonore, mais à l'adoucir, rendant audibles des sons auparavant perçus comme gênants. L'idée centrale est de quantifier un son gênant pour le transformer en un son acceptable, augmentant ainsi les possibilités d'écoute.

La recherche s'organise autour de deux développements principaux : un modèle de classification personnalisé capable d'identifier les caractéristiques psychoacoustiques qui rendent certains sons plaisants ou gênants pour une personne donnée ; des algorithmes pouvant contrôler différents paramètres sonores (filtrage, spatialisation, modulation) pour rendre les sons plus acceptables. Cette recherche repose sur des évaluations collaboratives et itératives avec les parties prenantes, impliquant des partenariats avec des Instituts Médico-Educatifs.

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

Ces activités tirent parti du son et de la musique comme médiateurs des interactions sociales et du mieux-être, à travers le développement d'outils favorisant l'engagement sensorimoteur et permettant la mesure des dynamiques interpersonnelles. Les deux approches tirent parti des capacités technologiques des smartphones, d'une part pour faciliter l'expression et la coordination collective par le geste sonore, et, d'autre part, pour caractériser dans des contextes écologiques les variations de l'espace péripersonnel au quotidien.

#### 1.2.1 CoMo-education (équipe ISMM)

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. C'est de cet atout dont tire parti *CoMo-education*, qui est une extension de l'application CoMo (pour Collaborative Movement) développée par l'équipe ISMM, permettant de jouer des sons et de la musique avec des gestes. Une mallette *CoMo-education* a été conçue et développée afin de répondre aux besoins d'ateliers coordonnés par le département Action Culturelle de l'IRCAM. Sur la base du prototype initialement réalisé [Voillot et al

2024], *CoMo-education* a été intégré dans un Raspberry-Pi ce qui facilite la mise en œuvre du prototype. Tout le matériel, y compris la borne WiFi et les smartphones, est inclus dans la mallette. Celle-ci a été utilisée lors d'ateliers organisés à la Seine Musicale et d'autres lieux culturels en France et à l'étranger (Corée du Sud). Les retours d'utilisations en 2025 ont permis d'améliorer sensiblement la robustesse du dispositif.

### 1.2.2 Dynaspace : application sur smartphone pour évaluer l'impact d'un son sur le bien-être social (équipes EAC, PIP, RepMus)

Ce travail, initié en 2024 dans le cadre du stage d'Ulysse Roussel (Université Gustave Eiffel Master 2 Musique et Informatique Musicale), a permis la conception et le développement d'une application sur smartphone visant à mesurer l'espace peripersonnel. L'application *Dynaspace* permettra entre autres de travailler sur une conséquence des déficiences auditives qui n'a pas été explorée jusqu'à présent avec des méthodes expérimentales issues des neurosciences : les aspects psychosociaux des déficiences sensorielles. Cette activité fait le lien entre plusieurs disciplines afin de déterminer et de définir des méthodes alternatives réalisables pour étudier le lien entre les aspects sociaux de l'intégration multisensorielle et les déficits auditifs.

Afin de protéger l'intégrité de son corps, un animal doit être capable d'estimer efficacement la distance qui le sépare d'un stimulus en mouvement venant vers lui, et de savoir la distance minimale qu'il peut tolérer sans se mettre en danger. Cette distance minimale recouvre ce qui est appelé l'espace peripersonnel : c'est l'espace directement autour du corps, qui permet de réagir de façon appropriée si sa frontière est franchie. Cet espace n'a pas de dimensions fixes et délimitées. Il est plastique et adaptable à la situation et au contexte émotionnel dans lequel se trouve l'animal. Il se modifie si l'animal est en présence d'un congénère amical, ou encore s'il est confronté à l'approche d'un inconnu. L'étude de la variation de cet espace peut se faire chez l'homme par un test d'intégration multisensorielle, dans lequel des informations auditives en mouvement viennent perturber la détection de stimulations tactiles au niveau des doigts. Il s'agit d'une tâche dans laquelle le participant doit détecter le plus vite possible une vibration tactile alors qu'il entend des sons s'approcher de lui. Plusieurs facteurs jouent sur le temps de détection de la vibration, comme la distance du son, les caractéristiques sémantiques du son (aversif ou hédonique), le contexte social du participant (situé en isolation ou dans une foule). L'application propose une tâche dans laquelle le participant doit détecter le plus vite possible une vibration tactile alors qu'il entend des sons s'approcher de lui, selon le paradigme proposé dans Hobeika et al 2020. La distance au son module le temps de détection de la vibration, et indique les variations de l'espace peripersonnel.

L'application Dynaspace permet de délivrer de façon contrôlée des sons spatialisés immobiles ou en mouvement d'approche, pendant lesquels des vibrations du téléphone doivent être détectées le plus rapidement possible par le participant. Après la validation des performances de précision de 5 différents modèles de smartphone pour délivrer des stimuli sonores et tactiles et mesurer les temps de réponse, l'application a été testée sur 20 participants. Les résultats des participants répliquent ceux obtenus avec un dispositif classique de laboratoire, et confirment la possibilité de déployer l'application dans des situations quotidiennes, utilisant un outil simple dont la majorité de la population est aujourd'hui équipée. Grâce à l'application sur smartphone, les mesures peuvent être faites dans le quotidien plutôt que dans une situation de laboratoire [Roussel et al 2025].

## ■ 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. Pour le versant diagnostique, ces développements concernent les troubles de l'audition dans le contexte de la synaptopathie cochléaire. Pour le versant interventions thérapeutiques, ces développements concernent la rééducation de troubles moteurs liés à des accidents vasculaires cérébraux (AVC) ou à des déficiences visuelles, mais également l'amélioration de la qualité de vie des patients souffrant d'acouphènes, et les états de crise pendant les hospitalisations en psychiatrie.

### 2.1 Evaluation des troubles

Plusieurs outils sont développés pour contribuer au diagnostic du patient. Il s'agit de proposer des solutions pour une meilleure caractérisation d'un trouble auditif périphérique ou central, ou pour des pathologies dans lesquelles la perception auditive est un élément important et souvent négligé.

#### 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 (équipe PDS)**

Entre 10 et 15 % des individus qui consultent pour des problèmes de compréhension de la parole dans le bruit les handicapant au quotidien présentent 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 –, découplée 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 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 physiologiques (EEG) et psychophysiques basées sur la fidélité d'encodage auditif de signaux synthétiques reproduisant des caractéristiques essentielles de la parole. Dans le cadre du projet ANR *INSPECTSYN* en collaboration avec C. Lorenzi (ENS), L. Carney (U. Rochester) et P. Avan (Institut de l'Audition), nous avons conduit en 2025 une large campagne de mesures psychophysiques et EEG sur des cohortes de sujets jeunes et âgés ayant des audiogrammes normaux. L'objectif était de caractériser l'effet de la synaptopathie cochléaire sur le codage neural et perceptif du timbre. Paradoxalement, si les résultats EEG montrent clairement un encodage neural moins performant chez les sujets âgés (en particulier pour certaines caractéristiques du timbre

identifiables), confirmant nos travaux précédents (Ponsot et al., 2025), nous n'observons aucune différence dans les mesures perceptives entre sujets jeunes et âgés. Nos résultats indiquent que les sujets âgés présentent des capacités perceptives de discrimination du timbre, dans le silence ou dans le bruit, équivalentes à celles des sujets jeunes. Deux pistes d'explication, qui seront évaluées dans des travaux à venir, sont envisagées : soit les différences de codage neural sont trop faibles pour avoir des conséquences perceptives, soit le système auditif central est capable de compenser les déficits d'encodage neural périphérique.

David Lopez-Ramos a été recruté comme chercheur postdoctoral dans l'équipe en nov. 2024 pour une durée de 24 mois. Nous poursuivons les recherches dans le cadre du projet interdisciplinaire **eFFRent** obtenu en 2025 avec l'appel à projet MITI du CNRS, (en collaboration avec B. Gourévitch (Institut de l'Audition, Paris), pour lequel Iman Cadi a été recrutée en stage (césure Centrale Supélec). Ce projet propose d'étudier l'impact de la synaptopathie sur le système efférent, en particulier le système olivocochléaire médian (MOC). Notre approche repose sur une comparaison directe de mesures comportementales et neurophysiologiques chez l'humain (STMS) et le modèle animal exposé au bruit (Institut de l'Audition) en s'appuyant sur un nouveau modèle computationnel du système auditif périphérique incluant le retour efférent du MOC (Farhadi et al., 2023). Le travail conduit en 2025 a consisté à poser les bases théoriques et méthodologiques de ce projet, et à concevoir et piloter les premiers tests psychoacoustiques ciblant spécifiquement l'effet de la synaptopathie sur le codage auditif et la perception gouvernés par le retour efférent du système MOC à travers des paradigmes de type *forward masking*. Globalement, ces travaux visent 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, et in fine conduire à de nouvelles tâches/protocoles psychoacoustiques pour mesurer l'effet de la synaptopathie cochléaire sur la perception auditive dans le bruit.

### **Hyperacousie (équipe PDS, collaboration IRBA)**

La surexposition au bruit 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, les troubles auditifs peuvent prendre de multiples formes, y compris sans être détectés 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 et 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 à faire un état des lieux de la prévalence de l'hyperacousie dans les armées en fonction de caractérisations sémantiques, acoustiques, physiologiques et émotionnelles. Des outils rapides et non-invasifs à destination du personnel médical du Service de Santé des Armées seront développés afin d'y améliorer le diagnostic de l'hyperacousie. Au cours de l'année 2024, une procédure expérimentale avait été mise en place par Charlotte Fernandez (stage M2 ATIAM) combinant évaluations de l'état auditif et de l'état émotionnel à une évaluation de l'hyperacousie. Le projet va prochainement intégrer l'évaluation de musiciens d'orchestres professionnels. La stratégie proposée ici consiste à étudier les caractéristiques acoustiques sous-jacentes à la valence émotionnelle de sons naturels identifiés chez les personnes présentant de l'hyperacousie. Ce projet implique les travaux menés par PDS sur la synaptopathie, ainsi que l'expertise de l'équipe PDS sur les études menées en qualité/désagrément sonore. Dans le cadre de ce projet, une convention a été signée entre l'IRCAM et l'IRBA (2025 – 2027).

## **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 la symptomatologie qui est la cible du traitement, et non son étiologie :

- Somatique (problème sensoriel : moteur, visuel, auditif, vestibulaire... que son origine soit périphérique ou centrale)
- Psychosomatique (symptômes qu'aucun trouble physique ne peut expliquer)

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

#### **2.2.1.1 Troubles somatiques**

##### **Rééducation multisensorielle pour les acouphènes (équipe EAC)**

*Réalité virtuelle auditive et visuelle pour l'amélioration de la qualité de vie des patients acouphéniques (EAC, collaboration avec Alain Londero, MD et avec Lise Hobeika, Institut de l'Audition)*

Le protocole clinique a été conduit à l'Hôpital Européen Georges Pompidou (HEGP), dans le but de tester l'efficacité de la réalité virtuelle pour la diminution de la gêne liée aux acouphènes. Deux groupes de 46 patients ont été inclus, l'un participant à 8 séances de réalité virtuelle, l'autre participant à 4 séances d'accompagnement structuré. Le protocole en réalité virtuelle était basé sur une refonte de celui précédemment utilisé (Londero et al 2010) : le patient manipule visuellement et auditivement un acouphène synthétique préalablement caractérisé en acouphénométrie.

Les résultats ont démontré une amélioration significative des paramètres mesurés (inconfort, THI, STSS, anxiété) après les traitements (réalité virtuelle ou accompagnement structuré), sans aucune interaction avec l'un ou l'autre traitement, indiquant une équivalence entre les deux traitements. Dans le groupe réalité virtuelle, la tolérance à l'immersion en réalité virtuelle a été excellente, quel que soit l'âge du patient. La présence dans l'environnement virtuel (mesurée par l'IPQ) était stable au cours des sessions, et s'avère être un prédicteur de l'amélioration des paramètres mesurés à l'issue du traitement.

##### **Rééducation motrice (équipe ISMM)**

*Rééducation post-AVC, supplémentation sensorielle*

Le projet de rééducation post-AVC utilisant la sonification de mouvement avait 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/>). Ces recherches se sont consolidées avec plusieurs séries 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 des volontaires sains lors du travail de thèse d'I. Peyre soutenu en décembre 2022.

Les travaux menés ont confirmé l'effet des 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 permis la création d'un dispositif mobile de sonification du mouvement *CoMo-Rééducation* (dupliqué en 10 exemplaires), personnalisable et adapté à une situation de rééducation en autonomie supervisée. La phase d'évaluation du système *CoMo-Rééducation* est en voie de finalisation, avec l'analyse des entretiens menés auprès d'ergothérapeutes et kinésithérapeutes ayant utilisé le dispositif dans leur pratique professionnelle.

#### Rééducation de la marche

La collaboration avec le projet *SoMoWalk* de Marta Matamala Gómez (EU Marie Skłodowska-Curie PF), se concentrant sur la rééducation de la marche chez les patients ayant subi un accident vasculaire cérébral, se poursuit. En 2025, le prototype SONIBAND, qui utilise des accéléromètres et gyroscopes (RIoT) et un patch Max dédié pour la sonification des mouvements de la marche, a été amélioré. Un premier article a été soumis à une revue. Cette collaboration est amenée à se poursuivre et une soumission à un appel européen est en discussion.

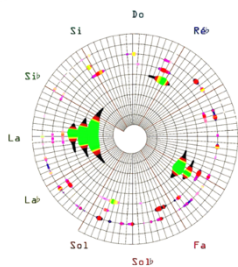
#### Rééducation de la mobilité pour les personnes atteintes de troubles visuels

Les troubles visuels acquis affectent l'exécution de mouvements précis, ainsi que l'équilibre et la marche. Ces difficultés ne sont pas dues à des problèmes moteurs, mais à la perte de la vision impactant la boucle visuo-motrice. D'autres retours sensoriels, comme la proprioception et l'audition, doivent compenser la perte visuelle. Afin d'aider les patients à mettre en place efficacement des mécanismes de compensation, on étudie les effets et limites de la sonification utilisée comme retour auditif en temps réel pour améliorer la perception et le contrôle du mouvement dans un cadre de rééducation. Dans cet objectif, les liens tissés depuis mai 2023 avec le Service des Déficiences Sensorielles de l'Hôpital Sainte-Marie, dirigé par le Dr. Pierre Safar, ont amené à de nouveaux développements basés sur CoMo-Rééducation, incluant la mesure de la rotation de la tête et des épaules par des magnétomètres. Ce projet a pu se consolider par l'obtention du financement de thèse en 2025 de Léo Mercier, co-encadrée par Nicolas Misdariis (équipe PDS), Frédéric Bevilacqua (équipe ISMM) et Iseline Peyre (LIB Sorbonne Université Inserm équipe NCP). Ce travail de thèse s'inscrit dans le domaine de l'Interaction Humain-Machine (IHM) et de la sonification du mouvement, avec une application spécifique dans le champ de la santé, de la rééducation et réadaptation sensorimotrice.

Des réunions de travail régulières permettent de poursuivre en parallèle deux axes de ce projet : 1) la rédaction d'un protocole clinique pour évaluer la sonification du mouvement en thérapie avec des personnes déficientes visuelles et 2) des sessions de co-design entre le personnel soignant et l'équipe, afin d'affiner les retours sonores proposés pour les différents exercices. Le protocole clinique sera déposé pour approbation en 2026. Le financement MITI CNRS (*Sonimove*) nous a également permis de finaliser un premier prototype adapté aux expériences à l'hôpital, basé sur l'utilisation de Raspberry-Pi et les logiciels développés au sein de l'équipe, notamment par B. Matuszewski et J.P. Lambert (CoMo, Soundworks).

#### Rééducation de la voix (équipe S3AM)

Le *Snail-Analyser* (breveté par le CNRS) est utilisé comme bio-feedback pour la rééducation vocale. Il offre une visualisation intuitive et musicale de la musique et les sons en temps réel. 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. Cette technologie fournit un visuel réactif et précis de la hauteur du son (précision de l'ordre ou dépassant celle la perception humaine).



L'outil est potentiellement adapté à l'assistance en ré-éducation vocale dans le cas de jitter (chevrotement) prononcé. Dans le cas de dysphonie (en particulier, présence simultanée de plusieurs hauteurs), la représentation des différentes hauteurs avec leurs mouvements respectifs permet de visualiser l'effet du contrôle moteur 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.

### 2.2.1.2 Troubles psychosomatiques

#### Projet *Psyson* (2022-2029, équipe PDS)

Le projet *Psyson* étudie l'impact d'une enveloppe sonore sur la modulation de l'anxiété chez les patients psychiatriques, en évaluant l'efficacité d'un espace temporel et sonore dédié, dans le cadre d'un Projet de Recherche Infirmière et Paramédicale (PHRIP). Il propose un dispositif multimodal d'écoute sonore et musicale, qui sera testé via une étude randomisée en simple aveugle, comme alternative aux mesures coercitives ou pharmacologiques pour réduire l'anxiété chez le patient. Une interface utilisateur et un système de collecte de données ont été développés et consolidés pour le projet, accompagnés d'une documentation destinée à la formation des équipes soignantes. Les derniers ajustements de l'application ont été finalisés début 2025 pour rendre le dispositif opérationnel. Le projet a ensuite résolu de nombreux points techniques relatifs au déploiement du dispositif sur les sites d'expérimentation en lien avec les services support concernés du GHU Paris psy. & neurosc. Les 1ères inclusions constituant l'étude clinique sont finalement prévues pour 2026. Elles concerneront au total 144 patients et seront réparties

dans 6 services hospitaliers, sur une durée de 3 ans. Cette recherche concrétise le rapprochement institutionnel (GHU Ste-Anne / Lab-ah) et le déploiement de la thématique son-musique / santé au sein de l'équipe PDS. Il constitue une expérience relativement singulière d'application sur le long terme et à grande échelle d'un projet de recherche en son et santé.

### ■ 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

Les recherches visent ici à caractériser les mécanismes qui pourraient être déficitaires dans une symptomatologie donnée reliée aux phénomènes sonores. Il s'agit le plus souvent d'études de mécanismes chez le sujet sain, qui permettent par la suite de comprendre comment leurs dysfonctionnements peut impacter le comportement. Les activités sont présentées selon les modalités sensorielles impliquées dans les recherches : modalité auditive seule, ou processus relevant de l'intégration multisensorielle (auditivo-motrice, auditivo-tactile), puis les projets se concentrant sur la voix humaine.

#### 3.1 Modalité sensorielle auditive

##### 3.1.1 Effet de la saillance dans la perception d'une scène sonore complexe chez le malentendant équipé d'aides auditives (équipe PDS)

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 l'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 (Bouvier et al., 2023, 2025), très peu de travaux ont jusqu'alors été conduits sur ces questions chez des individus malentendants. Dans la continuité de l'étude des variations intra-individuelles de l'analyse de scènes auditives complexes menée dans l'équipe PDS (Susini et al., 2020, 2023, 2025), nous nous intéressons ici à la situation des personnes malentendantes.

En 2024 & 2025, deux expériences ont été menées sur quatre groupes de participants normo-entendants et malentendants de différents âges (47 auditeurs au total) afin de mieux distinguer les effets de la perte auditive, de l'aide auditive et de l'âge. La première expérience consistait à évaluer sur une échelle l'intensité sonore de sons complexes variant en timbre. La seconde expérience consistait à évaluer la différence perçue entre deux sons variant sur certaines dimensions du son. Les résultats ont été présentés au Congrès Français d'Acoustique (avril 2025, Paris). Ils suggèrent que la sonie et le timbre mesurés à l'aide de sons complexes sont plus déformés chez les malentendants équipés d'appareils auditifs que ne le supposent généralement les modèles actuels fondés sur des sons simples. Premièrement, nous avons constaté que chez les malentendants équipés d'aides auditives, l'augmentation de la sonie (i) est influencée par le temps d'attaque et (ii) présente des pentes plus raides à des niveaux faibles, par rapport à une audition normale. Deuxièmement, en ce qui concerne la perception du timbre des sons complexes, nos résultats suggèrent que la variation de l'enveloppe temporelle et la rugosité (à des valeurs faibles) sont plus fortement pondérées par les personnes malentendantes appareillées que par les auditeurs normo-entendants.

Dans une autre série d'expériences, nous avons examiné dans quelle mesure les distorsions du timbre observées chez les auditeurs malentendants utilisant des aides auditives affectent la hiérarchie des traitements temporels local et global d'une séquence sonore. Autrement dit, est-ce qu'une saillance locale induite par une distorsion du timbre influence le traitement local-global différemment chez des auditeurs normo-entendants et malentendants utilisant des aides auditives ? La difficulté à réaliser la tâche a été un obstacle majeur pour vérifier les hypothèses concernant l'effet de la saillance chez les auditeurs malentendants utilisant des aides auditives. En revanche, l'analyse dans le cadre d'une General Recognition Theory met en évidence des différences individuelles pertinentes. Les résultats montrent aussi une interaction, déjà observée, entre l'information globale et l'information locale, indépendante de la saillance locale et quel que soit le groupe d'auditeurs. Ces résultats seront publiés en 2026 et présentés à la conférence Forum Acusticum (Schwarz et al., 2026).

##### 3.1.2 Développement et effets du vieillissement dans le traitement des modulations temporelles pour les signaux de la parole (équipe PDS)

L'apprentissage du langage chez l'homme repose sur la mise en place d'un processus biologique unique d'extraction et de traitement sélectif d'indices acoustiques contenus dans les signaux de parole, comme les modulations temporelles. Les travaux comportementaux et neurophysiologiques actuels montrent que le traitement auditif de ces indices est déjà en place dès la naissance, mais qu'il reste inefficace pendant longtemps. En particulier, les jeunes enfants montrent plus de difficultés que les jeunes adultes à percevoir correctement la parole dans un environnement bruyant. Cependant, les étapes et les paramètres de ce développement restent mal caractérisés, notamment à cause de des différentes méthodes de mesure employées chez les nourrissons ou les adultes. L'objectif principal de ce projet interdisciplinaire financé par la MITI, et mené en collaboration avec l'équipe de L. Cabrera (CNRS/Université Paris Cité), a été de concevoir une nouvelle approche expérimentale objective non-invasive de caractérisation du traitement neural des modulations temporelles qui pourrait être déployée sur l'adulte comme sur le jeune enfant ou le bébé. Nous avons proposé une approche permettant de caractériser la fonction de transfert neurale du système auditif d'une personne, en particulier du tronc cérébral, aux modulations temporelles, entre 50 et 150 Hz à travers des mesures FFR (mesures EEG sous-corticales). Ce travail a conduit à une première étude publiée (Ponsot et al., J. Neurophysiology, 2026) qui démontre la faisabilité de notre approche en validant les signatures EEG obtenues à travers un modèle computationnel du système auditif périphérique. Nos résultats révèlent, au niveau du tronc cérébral, un filtrage neural passe-bande présentant déjà une grande variabilité entre individus adultes normo-entendants. Ce projet propose une méthode non-invasive pour profiler la fonction de traitement temporel du système auditif humain. Il ouvre la voie à une caractérisation objective et plus fine des traitements auditifs temporels, notamment ceux qui ne sont pas détectés par l'audiométrie standard, et à leur suivi développemental ou clinique. A terme, nous prévoyons de déployer de telles mesures chez le bébé, ou

chez l'adulte âgé, afin de caractériser les modifications de cette fonction de transfert neurale pré-corticale critique dans l'encodage des modulations temporelles.

### 3.1.3 Caractérisation des indices auditifs liés à la valence émotionnelle : la rugosité (équipe EAC, collaboration IRBA)

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 rajouter de la rugosité sur un son harmonique de synthèse 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 en nous concentrant sur des sons naturels émis par des animaux (mammifères, oiseaux et insectes).

Nous avons examiné le lien chez l'homme entre les jugements de valence émotionnelle de vocalisations ou stridulations animales et la rugosité perçue. Quarante-vingt-dix vocalisations ou stridulations d'une seconde chacune, réparties en 3 catégories (mammifères, oiseaux et insectes, 30 par catégorie) ont été évaluées en ligne par deux groupes indépendants : un groupe jugeait la rugosité perçue dans le son, un autre groupe évaluait la valence et l'arousal ressenties pour chaque son.

La rugosité perçue présentait une forte corrélation négative avec la valence (les sons plus rugueux étaient jugés plus négatifs). Les jugements d'arousal n'indiquent par contre pas de lien clair avec la rugosité. Les analyses acoustiques ont montré qu'une mesure de variabilité dérivée du modulation power spectrum (MPS) reflète la rugosité perçue et, de manière inverse, la valence, tant au sein des trois catégories qu'entre elles.

Ces résultats suggèrent que les humains interprètent systématiquement la rugosité, indépendamment de l'espèce à l'origine de la vocalisation ou stridulation la contenant, comme un indice de valence négative. La rugosité tend à augmenter l'arousal, mais cette relation est plus faible, dépendante de la catégorie et probablement modulée par d'autres facteurs acoustiques ou sémantiques. Le lien entre rugosité et valence repose sur des statistiques spectro-temporelles larges plutôt que sur la connaissance sémantique de la source sonore. La rugosité pourrait ainsi constituer un indice auditif écologiquement pertinent, capable de déclencher des réponses émotionnelles chez l'humain.

### 3.1.4 Caractérisation des atypismes de la perception auditive dans l'autisme

#### **TSA – Audition : Mesures acoustiques et comportementales en contexte sonore écologique (équipe PDS)**

Un groupe de travail a été mis en place en 2024 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. Une étude pilote a été menée par les chercheurs du LAUM dans une unité autisme d'un IME au Mans. Depuis, le projet est en pause à cause d'un problème de santé du porteur du projet.

#### **Caractérisation des informations sonores hédoniques chez les autistes (équipe EAC)**

Dans le projet [AudioEval](#) initié en 2024, mené avec les établissements cliniques de la Fondation John Bost dans le cadre du post-doctorat de Valentin Bauer, nous nous intéressons spécifiquement aux attributs spatiaux des sons pour mettre en place des évaluations de la sensibilité auditive chez les personnes autistes. Aucune méthodologie et aucun contenu sonore pour les évaluations n'est encore disponible pour cette population. Les évaluations sont d'autant moins représentatives pour les personnes peu verbales ou avec une déficience intellectuelle, qui ne peuvent répondre par elles-mêmes et nécessitent de passer par des tierces personnes.

L'enjeu est de caractériser au plan psychoacoustique les informations sonores pertinentes à la perception auditive spatiale d'enfants et jeunes (4-20 ans) présentant un autisme modéré à sévère, avec ou sans trouble du développement intellectuel associé. Une démarche participative est employée pour co-concevoir les solutions d'évaluation avec les parties prenantes, en se concentrant sur l'identification des préférences sonores. Nous avons deux objectifs : 1) valider une méthode d'évaluation objective basée sur des mesures comportementales, 2) utiliser cette méthode pour analyser l'impact de paramètres spatiaux.

Dans un premier temps, une étude a été menée afin de permettre aux parties prenantes (personnes autistes, proches aidants professionnels et familiaux) d'identifier les sons à intégrer dans les futures évaluations avec les enfants. Les participants ont évalué la pertinence de sources sonores naturelles variant selon des critères sémantiques (sons environnementaux, sons d'animaux, sons techniques, sons musicaux), puis selon des descripteurs acoustiques (chaud, rond, grave, répétitif, tonal et fluctuant). Les résultats mettent en évidence une hétérogénéité des préférences, tout en montrant une convergence en faveur des sons d'eau familiers. Certaines caractéristiques acoustiques, notamment temporelles et fréquentielles, semblent moduler l'appréciation de ces sons.

En parallèle, une méthode d'évaluation des préférences des enfants est en cours de développement avec trois centres spécialisés (IME Roland Bonnard, IME Rosette et Hôpital de Jour André Bouloche). Elle s'inspire d'un paradigme expérimental utilisé pour étudier l'espace péripersonnel, et repose sur la présentation de sons spatialisés en mouvement combinés à des stimulations tactiles. L'objectif est d'examiner l'effet de la distance du son sur les temps de réaction aux stimulations tactiles, et de déterminer si cet effet interagit avec la valence du stimulus sonore, les sons évalués négativement étant susceptibles d'amplifier la facilitation des réponses. Cette méthode est en cours de validation.

## 3.2 Intégration multisensorielle

### 3.2.1 Sonification du mouvement (équipe ISMM)

Nous collaborons au projet [BODYinTRANSIT](#) de Ana Tajudura-Jiménez (Universidad Carlos III de Madrid en collaboration avec University College London). Notre contribution concerne l'étude du rôle de la sonification du mouvement sur la proprioception et le schéma corporel. Cette collaboration est importante car elle est en synergie avec nos travaux sur la rééducation, et des expériences sont menées avec nos

dispositifs (plusieurs articles ont été publiés [Judith Ley-Flores et al 2024, Aneesha Singh et al. 2024]. Nous avons accueilli à l'automne 2025 le doctorant Amar d'Adamo pour poursuivre nos travaux sur la sonification de la marche (initiés avec la collaboration avec Marta Matamala Gómez de l'Université de Barcelone). Nous avons testé l'utilisation de détection du pas avec des centrales inertielles, dans le but de créer des "illusions sonores" sur la conscience du corps. Des premières résultats ont fait l'objet d'une soumission qui a été acceptée à la conférence MOCO 26. Nous avons également travaillé sur une nouvelle version du prototype Soniband.

### 3.2.2 Transmission de l'information sonore par stimulation vibratoire et conduction osseuse (équipe PDS)

La perception du son via la conduction osseuse a été la cible de divers types d'applications ces dernières années, mais il reste difficile d'organiser le contenu sonore à diffuser avec des transducteurs vibrants, souvent mal adaptés à une restitution sonore fidèle. A la suite de la thèse CIFRE de Claire Richards (soutenue en février 2023), Alberto Gatti – artiste en résidence en 2024 – avait exploré le paradigme développé par le harnais multimodal. Le projet se faisait dans une démarche de recherche musicale et contribuait à la voie nouvelle de la composition et du design audio-haptiques. La résidence d'Alberto Gatti s'est achevée fin 2024. Une nouvelle action pour continuer cette recherche a été engagée sous la forme d'une réponse à l'Appel à Petits Projets du PEPR ICCARE pour 2026/2027.

### 3.2.3 Intégration audio-tactile tout autour du corps (équipe EAC, collaboration IRBA)

Les modulations des temps de réaction tactile associés à l'espace péripersonnel ont principalement été étudiées à l'aide de stimuli présentés dans l'espace frontal, tandis que les données concernant les autres dimensions spatiales restent limitées. Dans cette étude, nous avons examiné l'organisation de l'espace péripersonnel à l'arrière et à l'avant du corps, en testant si l'effet de la distance du son sur l'intégration audio-tactile varie selon sa position autour du corps. Des stimuli sonores spatialisés en mouvement d'approche étaient présentés dans quatre quadrants : avant-droit, avant-gauche, arrière-droit et arrière-gauche. Nous avons analysé si la distance à laquelle le son facilitait la détection tactile variait en fonction du quadrant autour du corps. Dans l'hémi-espace avant, les sons provenant de la gauche devaient être plus proches du corps pour induire une facilitation tactile par rapport à ceux provenant de la droite. En revanche, dans l'hémi-espace arrière, la facilitation tactile survenait à des distances similaires, indépendamment du côté de provenance du son. Ces résultats indiquent que l'espace péripersonnel n'est pas homogène autour du corps. Une asymétrie latérale est observée à l'avant, mais pas à l'arrière. Ils suggèrent que le codage perceptif de l'espace intègre les contraintes d'action qui, chez l'être humain, sont déterminées par l'organisation avant/arrière du système musculo-squelettique et la distribution des organes sensoriels (Amiel et al. 2026).

### 3.2.4 Influence de la réverbération sur l'intégration audio-tactile (équipe EAC, collaboration IRBA)

Nous avons étudié l'effet du temps de réverbération sur l'intégration audio-tactile dans le paradigme de l'espace péripersonnel (Hobeika et al 2020). Les participants (N=33) devaient détecter le plus rapidement possible une stimulation tactile, alors qu'ils entendaient un son spatialisé, présenté soit en mouvement d'approche, soit en position fixe. Deux conditions de réverbération ont été testées : courte (0.93s) et longue (2.36s).

Notre objectif était de déterminer à quelle distance la source sonore commençait à interagir avec le traitement du stimulus tactile, améliorant ainsi les temps de réaction des participants dans chacune des deux conditions de réverbération.

La valence et l'arousal des sons ont été jugés équivalents entre les deux conditions. Cependant, les résultats indiquent que dans la condition avec une courte réverbération, le son a commencé à faciliter la détection tactile à une distance plus éloignée du participant que dans la condition à longue réverbération. Ces données sont cohérentes avec le fait que des temps de réverbération longs sont perçus comme indiquant des distances plus grandes, ce qui pourrait refléter une surestimation de la distance dans la condition à longue réverbération. Elles suggèrent ainsi que les propriétés de l'espace acoustique influencent le comportement humain et moduleraient l'intégration multisensorielle.

## 3.3 Modélisation de l'appareil phonatoire humain (équipe S3AM)

**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.

Dans le cadre de cette activité, plusieurs travaux sont menés à STMS :

- 1) La thèse de Thomas Risse (2022-2025) : "Energy-based modeling and simulation for sound synthesis: application to a quasi-1D vocal apparatus", Dir.: T. Hélie, co-encadré par F. Silva-LMA et A. Falaize-LaSIE (ED SMAER) porte sur la modélisation physique de l'appareil vocal sous une forme énergétiquement équilibrée. Elle a été soutenue le 3 octobre 2025.
- 2) La conception de maquettes robotisées de larynx artificiels auto-oscillant (3 maquettes à complexité croissantes sont prévues)

## ■ 4. Recensement et description des moyens techniques

### 4.1 Dispositifs

#### 4.1.1 Captation du geste (équipes ISMM et PIP)

##### *CoMo Rééducation et CoMo-Health*

**CoMo Rééducation** est un dispositif portable d'auto-rééducation du membre supérieur par la sonification du mouvement (équipe ISMM). 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. En 2025, une mise à jour la librairie CoMo a permis de mettre au point une nouvelle version du dispositif appelé désormais **CoMo-Health**, qui sera évalué courant 2026.

##### *Capteurs R-IoT*

La nouvelle génération de capteurs inertiels sans-fil R-IoT v3 a été finalisée et disponible commercialement. Le module a été industrialisé en en première série de 130 pièces dont 20 pour être mise à disposition de l'équipe ISMM. Cette nouvelle version a été mise en exploitation entre autres dans les expérimentations de l'axe musique-santé, dans l'équipe ISMM et EAC. Elle améliore en particulier la précision de la mesure d'angles absolus, particulièrement attendus et utiles pour les mesures d'attitude corporelle (tête, membres) dans les études sensori-motrice, pour analyses ou processus de rééducation.

#### 4.1.2 Spatialisation (équipe EAC)

La bibliothèque **Spat~** est en constante évolution. 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 leurs 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 (équipe EAC)

Le recours aux technologies de la réalité virtuelle pour les dispositifs à visée thérapeutique ou pour l'exploration scientifique (tests perceptifs) 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 :*

- Captation 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), financement de l'INS2I, campagne de mesures au CHU de Liège
- Oreille artificielle Bruel&Kjaer avec coupleur IEC 60 318
- Electroencéphalographe "ActiveTwo EEG system complete" (Biosemi)
- Tympanomètre Titan avec module recherche (interfaçage Matlab) (Interacoustics)

##### *Dispositifs développés en interne ou en collaboration :*

- Capteurs inertiels WiFi R-IoT version 3 (commercialisation Q1 2025 par la société EOWAVE)
- Banc de test pour mesures de temps de réaction sur smartphone (doigt robotisé)
- 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
- Micro-logiciel du module de captation gestuelle R-IoT v3 (open source) intégrant des primitives d'analyse gestuelle embarquées et une adaptation ad-hoc à de l'expérimentation spécifique (capteurs gestuels / corporels particulier, mesures dédiés à faible latence)

#### *Corpus sonore pour le soin*

Dans le domaine de la santé, les expériences qui utilisent du matériel sonore reposent souvent sur un ensemble de sons sélectionnés de façon empirique, sans nécessairement suivre une méthode rigoureuse ou systématique. La démarche ne repose pas sur un cadre théorique clair ou sur des critères formalisés. En conséquence, la variété de sons utilisés ne permet pas de comparer facilement les résultats issus des différentes études, et de comprendre l'implication des caractéristiques sémantiques et acoustiques des sons utilisés. Afin d'établir un cadre théorique aux approches proposant d'utiliser les sons pour le soin, un travail de collecte et de classification des sons employés dans l'ensemble des expériences menées au sein de l'axe Son/Musique Santé du laboratoire a été réalisé. Des entretiens ont été menés avec les investigateurs des différents projets, et les sons liés à ces expériences ont été collectés, puis classifiés selon plusieurs critères : le contexte et l'objectif scientifique de l'expérience, l'objectif technique d'utilisation du son (e.g. sonification, spatialisation, interaction), les caractéristiques de diffusion temporelle (par ex. : bouclage ou non), les droits associés, et les caractéristiques sémantiques et acoustiques (critères issus de Carron, 2017<sup>1</sup>). La classification résultante doit faciliter l'identification et la manipulation de corpus sonores et musicaux dédiés.

---

<sup>1</sup> Carron, M., Rotureau, T., Dubois, F., Misdariis, N., & Susini, P. (2017). Speaking about sounds: A tool for communication on sound features. *J. of Design Research*, 15(2), 85. <https://doi.org/10.1504/JDR.2017.086749>

## 4.2.2 Infrastructures

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

## ■ 5. Aspects éthiques

En 2025, soumission et avis favorable de 3 nouveaux protocoles de recherche :

- Participatory design of a behavioural auditory assessment method for autistic children - IRB number 2025-54 (INSEAD), 23/06/2025.
- Interindividual differences in supra-threshold hearing processing beyond hearing sensitivity in quiet reference - IRB number 2025-26 (INSEAD)
- Caractérisation et évaluation des informations sonores hédoniques chez les personnes autistes (RIPH-3), CPP Nord Ouest IV, Protocol ID-RCB : 2025-A00219-40, 23/10/2025.

## ■ 6. Financements de projet

Appel à projet de la MITI du CNRS « Avancées thérapeutiques et leur intégration dans le parcours de soins » (mars 2025)

- projet Sonimove - La sonification des mouvements au service de la rééducation des patients avec des déficiences visuelles  
Partenaires : STMS, LIB et l'Hôpital Sainte-Marie Paris. Coordination : Frédéric Bevilacqua.

Appel à projet de la MITI du CNRS "Le large spectre du son : du cognitif au quantique" (mars 2025)

- projet eFFRent – Behavioral and Electrophysiological Assessment of Cochlear Synaptopathy: A Cross-species Approach Based on a Model of the Efferent Auditory System, partenaires

E. Ponsot, D. López-Ramos ; en collaboration avec Boris Gourévitch et Brice Bathellier (Institut de l'Audition)

## **ACTIONS DE DISSEMINATION ET COMMUNICATION**

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

Amiel, A., Hobeika, L., Viaud-Delmon, I., Taffou, M. Functional organization of distance-dependent audio-tactile integration is different in rear and front spaces. *Cortex*. 2026 Jan;194:220-238. doi: 10.1016/j.cortex.2025.11.015. <hal-05469779v1>

Bauer, V., Caslini, G., Mores, M., Gianotti, M., Garzotto, F. MusicTraces : Combining music and painting to support adults with neurodevelopmental conditions and intellectual disabilities. *International Journal of Human-Computer Studies*. 2026 Jan; 207:103675. doi: 10.1016/j.ijhcs.2025.103675. <hal-05452250v1>

Ponsot, E., Bauer, V., Goedseels, N., Basire, C., & Cabrera, L. (2026) Temporal Modulation Transfer Functions Derived from Envelope Following Responses: What Can They Tell Us About Auditory Midbrain Tuning Properties? *Journal of Neurophysiology*. 135:1, 42-50

Ponsot, E., Devolder, P., Dhooge, I. & Verhulst, S. (2025) Age-Related Decline in Neural Phase-Locking to Envelope and Temporal Fine Structure Revealed by Frequency Following Responses: A Potential Signature of Cochlear Synaptopathy Impairing Speech Intelligibility. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology: JARO*, 26(3), 249-270.

Roussel, U., Fléty, E., Agon, C., Viaud-Delmon, I., Taffou, M. Using Android Smartphones to Collect Precise Measures of Reaction Times to Multisensory Stimuli. *Sensors (Basel)*. 2025 Oct 2;25(19):6072. doi: 10.3390/s25196072. <hal-05315986v1>

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

Elif Özcan, Nicolas Misdariis, and Stefano Delle Monache. 2025. Sound-driven Design through the lens of four applications for healthcare. In *Proceedings of the 20th International Audio Mostly Conference (AM '25)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 154–163. <https://doi.org/10.1145/3771594.3771609>

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

Valentin Bauer, Isabelle Viaud-Delmon. Exploring hedonic sound features for non-verbal autistic children in collaboration with autism stakeholders. *Aural Diversity Conference*, Sep 2025, Salford, United-Kingdom. <hal-05508846>

Valentin Bauer, Isabelle Viaud-Delmon. Perception Sonore Atypique dans l'Autisme. *CFA 2025 – 17e Congrès Français d'Acoustique, Société Française d'Acoustique (SFA)*, Avril 2025, Paris, France. <hal-05365516>

Vincent Isnard, Laurent Isnard, Véronique Chastres, Isabelle Viaud-Delmon. Effet sur l'anxiété d'une performance sonore et haptique de « massages acousmatiques ». *CFA 2025 – 17e Congrès Français d'Acoustique, Société Française d'Acoustique (SFA)*, Apr 2025, Paris, France. <hal-05365886>

Vincent Isnard, Dorian Vernet, Isabelle Viaud-Delmon, Marine Taffou. Détection de cibles auditivo-tactiles en environnement sonore urbain. CFA 2025 – 17e Congrès Français d’Acoustique, Société Française d’Acoustique (SFA), Apr 2025, Paris, France. (hal-05365853)

David López-Ramos, Victor Bauer, Emmanuel Ponsot. Characterizing the impact of age (cochlear synaptopathy?) on the neural and perceptual coding of spectral and temporal auditory information. Audiological Research Cores in Europe (ARCHES), Zurich, Switzerland, 17th – 18th November 2025.

Léo Mercier, Iseline Peyre, Coralie Vincent, Benjamin Matuszewski, Nicolas Misdariis, Frédéric Bevilacqua. La sonification du mouvement. XXXIe congrès de la SOFPEL, Dec 2025, Bordeaux, France. (hal-05469265)

Emmanuel Ponsot, Victor Bauer, Nathan Goedseels, Clémence Basire, Laurianne Cabrera. Using Envelope Following Responses to Characterize Human Neural Tuning to Auditory Temporal Modulations, International Symposium of Hearing 2025, Vienna, Austria, 1-6th June 2025.

Emmanuel Ponsot, David López-Ramos, Lily Paulick, Varnet Léo, Christian Lorenzi. Across-frequency interactions in the central auditory system: Insights from psychophysics of spectro-temporal modulation discrimination, International Symposium of Hearing 2025, Vienna, Austria, 1-6th June 2025.

Armand Schwarz, Charlotte Badoc, Emmanuel Ponsot, Paul Avan, Patrick Susini. Impact of salience on temporal processing of local-global pitch patterns: Comparison between normal-hearing and aided hearing-impaired listeners using general recognition theory. Audiological Research Cores in Europe (ARCHES), Zurich, Switzerland, 17th – 18th November 2025.

Clara Suied, Guillaume Andéol, Franck Élisabeth, Véronique Chastres, Isabelle Viaud-Delmon. Saillance auditive et surdité attentionnelle. CFA 2025 – 17e Congrès Français d’Acoustique, Avril 2025, Paris, France. 2025. (hal-05366156)

#### ■ Organisation de colloque

Journée de l’axe « Des sons pour le soin », mercredi 17 décembre 2025, IRCAM.

#### ■ Comités et expertises

Isabelle Viaud-Delmon : Horizon Europe – Digital Health, 2025 ; ANR