

2022

Rapport d'activité

ircam

Centre
Pompidou

institut de recherche et de coordination acoustique/musique

ircam
Centre
Pompidou



INSTITUT
DE RECHERCHE
ET COORDINATION
ACOUSTIQUE /
MUSIQUE

ircam
Centre
Pompidou



Sommaire

3 LIGNES DE FORCE 2022

- 4 LES CHIFFRES CLÉS
- 5 2022 EN IMAGES
- 7 SYNTHÈSE 2022
- 12 LES MOYENS FINANCIERS

15 UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE STMS

- 16 L'ACTIVITÉ RECHERCHE
- 18 ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES (APM)
- 25 ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS (A/S)
- 29 ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS (EAC)
- 36 ÉQUIPE INTERACTION SON MUSIQUE MOUVEMENT (ISMM)
- 40 ÉQUIPE PERCEPTION ET DESIGN SONORES (PDS)
- 51 ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES
- 60 ÉQUIPE SYSTÈMES ET SIGNAUX SONORES: AUDIO/ ACOUSTIQUE, INSTRUMENTS (S3AM)
- 70 PÔLE INGÉNIERIE ET PROTOTYPES (PIP)

75 ANNEXES

- 76 CONSEIL D'ADMINISTRATION
- 77 CONSEIL SCIENTIFIQUE
- 78 ÉQUIPE IRCAM
- 82 RECHERCHE MUSICALE
- 85 PROJETS « CREATIVE EUROPE » 2022
- 87 ŒUVRES PRÉPARÉES OU CRÉÉES EN 2022
- 95 SAISON MUSICALE PARISIENNE 2022
- 97 TOURNÉES 2022
- 99 MANIFESTE-2022
- 102 TRANSMISSION
- 112 ACTION CULTURELLE
- 118 PRINCIPAUX LOGICIELS
- 123 FORUM IRCAM
- 127 SÉMINAIRES
- 129 SOUTENANCES
- 130 PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS
- 144 INFORMATIQUE
- 149 PÔLE WEB
- 154 LE SCHÉMA DIRECTEUR

Lignes de force 2022



Les chiffres clés

PERSONNES

180 personnes
(en équivalent temps plein)

PUBLICATIONS

35 articles pour des revues
à comité de lecture

73 conférences invitées
dans des congrès nationaux
et internationaux

17 ouvrages scientifiques
ou chapitres d'ouvrages

13 thèses de doctorat et HDR

CRÉATIONS: CONCERTS ET SPECTACLES

53 concerts et spectacles
dont

6 en saison
21 ManiFeste – le festival
26 en tournée
35 776 spectateurs

INSTALLATIONS

2 installations
131 803 spectateurs

DIFFUSION WEB

206 832 visites brahms.fr

144 308 visites ircam.fr

123 551 visites forum.ircam.fr

10 716 visites ressources.ircam.fr
ulysses-network.eu

112 667 visites chaîne YouTube
(8 200 heures vues)

598 074 soit 1 639 visiteurs par jour en 2022

2022 en images



9 et 11 février

Festival Présences à Radio France

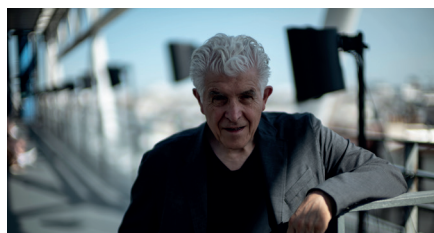
Clara Olivares © Jean-Baptiste Pellerin



7 mars

Lancement du programme « Janus » avec le Centre de musique baroque de Versailles

Les compositeurs Jug Marković et Adrien Trybucki, les compositrices Ariadna Alsina Tarrés et Justina Repečkaitė avec les chefs Fabien Armengaud et Clément Buonomo © Morgane Vie



Juin

Silent Echoes: Notre Dame, sculpture sonore de Bill Fontana sur les terrasses du Musée national d'art moderne

Bill Fontana © Tomas Van Houtryve



8 juin-2 juillet

ManiFeste-2022, festival et académie de l'Ircam



9 juin

Nouveau cycle de rencontres « Fictions-Science » avec La Parole et la BPI

Alan Turing © DR



15-17 juin

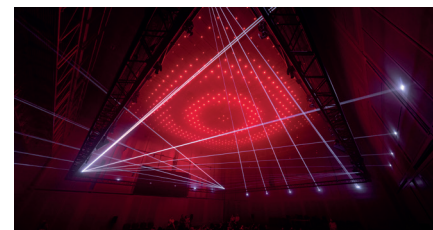
Rencontres « Deep Voices, Paris : diversité et inclusion dans les technologies vocales » avec le SCAI, Sorbonne Université



20 juin

Événement de préfiguration de la réouverture de l'Espace de projection avec la ministre de la Culture

Sachie Kobayashi, Frank Madlener, Rima Abdul Malak, Anouk Aspisi, Bernard Blistène, Emmanuel Marcovitch, Laurent Le Bon © Philippe Barbosa



21 juin-2 juillet

Création/reconstitution *Polytopes* (Xenakis, /nu/thing x Experiens), expérience immersive visuelle et sonore, 30 séances sold-out

Pré-ouverture de l'Espace de projection
© Quentin Chevrier



1^{er} juillet

Alexandre Jamar 1^{er} lauréat du Prix Élan organisé avec l'Orchestre national d'Île-de-France

© Quentin Chevrier



16 et 24 septembre

Concert des dix jeunes étudiants du Coursus

© Centre Pompidou, Hervé Véronèse



30 septembre-3 octobre

Ateliers du Forum des technologies à New York, en partenariat avec NYU



30 septembre-7 octobre

Ex Machina, création de Steve Lehman et Frédéric Maurin avec l'Orchestre National de Jazz en tournée en Amérique du Nord

© Sabine Gripoix



Octobre

Lancement du projet France 2030 « Continuum » pour le spectacle vivant augmenté, avec les sociétés Amadeus et VRTuoz

Le dôme ambisonique de l'Ircam © Quentin Chevrier



5 octobre

L'Ircam partenaire de l'ouverture du SeineLab pour un programme d'éducation artistique et digitale destiné aux enfants.

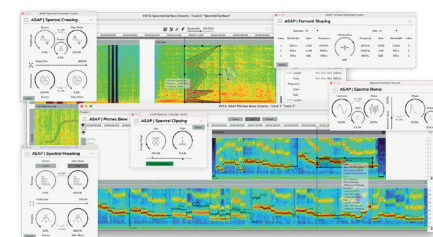
Atelier Bestio-Robot © Julia Brechier



9 octobre

Création de l'opéra *L'Annonce faite à Marie* de Philippe Leroux d'après Claudel à Angers Nantes Opéra

© Delphine Perrin



Décembre

Sortie du logiciel ASAP, une nouvelle génération de traitement audio créatif



Décembre

AXA devient mécène exclusif de l'Espace de projection pour 3 ans

Synthèse 2022

■ Ircam 2022: l'esprit du temps, l'esprit des lieux

2022 est l'année de la réouverture de l'Espace de projection qui a eu lieu le 21 juin, jour de la Fête de la musique. Depuis 2015, l'Ircam se vivait nomade, chez les autres, avec les autres, pour toutes ses activités publiques. Si cette situation a pu renforcer fortement les réseaux et les partenariats culturels, seul un site propre permet de réaliser le continuum entre recherche, création et mobilisation des publics. L'espace de projection est précisément ce lieu d'expériences, d'expérimentations et d'expressions pour les scientifiques, les artistes, les ingénieurs et les nouveaux publics de la création. Il permet la relance d'une saison dédiée à la création et au répertoire, aux installations et au spectacle vivant, aux nouvelles signatures et aux scènes électroniques, à la science participative ou encore à l'intégration du multimédia dans les travaux du Cursus de composition de l'Ircam. L'Espace de projection, « Espro », conçoit avec *l'esprit du temps* qui attire à l'Ircam les musiciens et les artistes visuels, les cinéastes et les protagonistes du spectacle vivant, les artistes émergents et les jeunes chercheurs. Cet esprit du temps se retrouve pleinement dans la maîtrise de la réalité virtuelle, augmentée et mixte (programme soutenu par France 2030), dans l'usage des NFT et des technologies de blockchain pour le domaine musical, ou encore dans quelques réalisations très médiatiques de clonage vocal, de Farinelli à Dalida. L'esprit du temps pénètre aussi les productions de spectacle vivant de 2022. Ainsi *Like Flesh* de la jeune compositrice israélienne Sivan Eldar, créé à Lille à l'automne 2022 et remportant le prix Fedora. Librement inspiré d'Ovide, cet opéra métamorphose l'espace même de la salle de spectacle, par la distribution de l'électronique. Autre événement lyrique dans un monde plutôt économe en créations, *L'Annonce faite à Marie* de Philippe Leroux d'après Paul Claudel, présenté à Nantes, Angers et Rennes, utilise magistralement les ressources de l'électronique et de la polyphonie vocale, avec les voix réelles ou les archives sonores.

Au cœur du festival ManiFeste, la renaissance de l'Espace de projection aura connu un retentissement inédit avec les 30 séances « sold out » du *Polytope de Cluny*, de Xenakis, reconstitué pour l'occasion, et la création en regard d'un polytope contemporain, conçu par le collectif musical /nu/thing et par une ingénierie de lumières, de miroirs et de flashes, grâce au soutien de la commande publique (Mondes Nouveaux). Cette contraction de l'art et de l'innovation se retrouvait pleinement dans le festival de l'Ircam, sur deux lignes de force essentielles pour l'avenir. L'orchestre et l'électronique (Philippe Manoury, Misato Mochizuki, Jesper Nordin, Marco Stroppa); l'intelligence artificielle et la créativité humaine avec la création d'*ANIMA™* d'Alexander Schubert, l'un des chefs de file de la jeune génération en Allemagne. Également à l'affiche de ManiFeste, les ombres portées d'Anton Webern en musique, de Xenakis en alliages « Arts-Sciences », d'Alan Turing en science, inspirant un nouveau cycle élaboré avec la BPI et le DCC (Département Culture et Création) du Centre Pompidou. Les rencontres *Fictions-Science* constituent une plongée dans le vif de la science et de l'art qui se font aujourd'hui, parcourant la *puissance* de la science et de la création et les *pouvoirs* de la technologie et des industries culturelles. Ce festival des premières fois engageait des partenariats au long cours avec l'Orchestre de Paris, le Philharmonique de Radio France, l'Orchestre national d'Île-de-France pour le nouveau concours *ÉLAN*, ou encore le Centre de musique baroque de Versailles pour le programme *Janus*. Juin fêtait enfin les anniversaires de deux figures majeures, exactement contemporaines, Kaija Saariaho et Philippe Manoury dont l'Ensemble intercontemporain a réinterprété le cycle fondateur *Sonus ex machina*. De l'Espace de projection jusqu'au plein air de la terrasse du Centre Pompidou où fut créé *Silent Echoes: Notre Dame* de Bill Fontana, l'esprit du temps s'accorde à l'esprit des lieux, manifestant le renforcement des liens programmatiques avec le Centre Pompidou.

Un espace retrouvé, une nouvelle saison, un festival revivifié par sa visibilité sur le plateau Beaubourg, l'ensemble de cette programmation présuppose la capacité à séduire de nouveaux publics, à imaginer des médiations culturelles inventives. C'est précisément l'objectif de l'action culturelle développant en 2022 ses ateliers inédits et autant de récits autour des rendez-vous scientifiques, pédagogiques, technologiques et artistiques de l'Ircam. Cette ingénierie culturelle et digitale, renforcée par les résultats des équipes de recherche, permet d'implémenter certaines innovations dans des dispositifs autonomes, comme l'application TACT, inspirée par l'UPIC de Xenakis, coordonnant gestes, images et banques de sons, transformant une interface graphique en instrument sonore intuitif. L'action culturelle se tourne également vers les très jeunes. Après la réussite du dispositif *Maestra, Maestro !*, très remarqué lors de l'inauguration de la Philharmonie des enfants, où les enfants apprennent à diriger un enregistrement sonore, il est possible de tirer parti des techniques de clonage vocal, opérées par l'équipe Analyse/Synthèse, ou de l'environnement CoMo de l'équipe ISMM, en vue de dispositifs sonores d'éveil pour la petite enfance.

Renouveler la perception du sonore et le plaisir de la création musicale est devenu un objectif à part entière. Pas de mondes nouveaux sans capacité à les habiter ici et maintenant, pas de création viable sans ses reprises. Cet enjeu était au cœur des premières rencontres du Méridien, organisé avec la DGCA en juin 2022 et se destinant à renforcer l'action du réseau des scènes nationales et conventionnées en faveur de la musique d'aujourd'hui. Il y a donc une vie après la création !

■ Avancées en spatialisation sonore

La réouverture de l'Espace de projection était également attendue de longue date en vue de nouvelles expériences scientifiques en spatialisation sonore tirant parti de la modularité de ses propriétés acoustiques. Une campagne partielle de mesures de réponses impulsionnelles faisant varier positions de sources, de capteurs et caractéristiques de la salle a ainsi pu être effectuée à l'automne. L'objectif est de constituer une base de données destinée en particulier à alimenter, dans le cadre du projet ANR Haikus, l'élaboration de nouveaux modèles de salles à base de *deep learning* définis à partir d'un jeu limité de mesures. Ce même projet a également permis d'avancer sur la caractérisation de fonctions de transfert individuelles pour le rendu binaural (*HRTF – head related transfer functions*) à partir d'un protocole effectué pendant une durée limitée et dans des conditions ordinaires reposant sur des *selfies binaurales*. Les recherches dans le domaine de la spatialisation sonore ont abouti dans l'année à plusieurs autres résultats remarquables. Suite à des expérimentations menées en lien avec Amadeus pour le Festival d'Avignon, une refonte complète des algorithmes de rendu WFS (*wavefield synthesis*) a été effectuée et intégrée dans le logiciel Panoramix et les versions commerciales Holophonix et Spat Revolution. La finalisation du projet ANR Rasputin s'est notamment traduite par l'identification de paramètres d'algorithmes de réverbération hybride et à décroissance multi-exponentielle fournissant un rendu, à partir de méthodes de radiosité, de l'acoustique d'espaces combinant plusieurs salles couplées. L'arrivée de Benoit Alary a permis quant à elle, à partir de mesures effectuées à l'Opéra d'Helsinki, l'élaboration de nouveaux algorithmes de réverbération anisotropiques permettant de différencier les temps de réverbération selon la direction d'incidence. La finalisation de l'UPI (*Unité Projet Innovation*) BAD (*Binaural Ambisonics Decoder*) a fourni les bases d'une nouvelle approche de transcodage de scènes HOA (*Higher-Order Ambisonics*) pour un rendu binaural. Des études perceptives ont également été menées sur la plausibilité de systèmes de rendu spatial dans le contexte de

la réalité augmentée. Ces résultats alimentent le nouveau projet Continuum présenté ci-après.

■ De multiples innovations accélérées par les enjeux contemporains

Continuum

Présenté par l'Ircam au premier appel à projets « Expérience augmentée du spectacle vivant » du programme France 2030 destiné à soutenir l'innovation nationale dans le secteur des ICC (*Industries Culturelles et Créatives*), Continuum, démarré pour 3 ans en octobre 2022, s'attache au développement d'une chaîne de production complète, de la captation à la restitution finale, permettant de créer et de transmettre aux spectateurs un contenu spatial augmenté à la fois dans des lieux de différentes configurations (salles de spectacle, cinémas, espaces publics ou privés) et en écoute individuelle en réalité virtuelle avec rendu audio binaural. La participation des sociétés Amadeus et VRtuoz contribue à sa démocratisation respectivement pour la diffusion en salle (évolutions du produit Holophonix sous licence Ircam) et pour une expérience individuelle reposant sur des dispositifs de réalité virtuelle. Le projet est l'occasion pour l'Ircam de dépasser ses acquis de recherche et développement en spatialisation sonore : d'une part pour la simulation optimisée de l'acoustique d'une salle dans une autre par réverbération hybride et la modification des caractéristiques de la salle de diffusion par acoustique active ; d'autre part pour le rendu d'une scène spatialisée en réalité virtuelle par l'implémentation de ses méthodes de spatialisation, pour la première fois aux standards de l'industrie du jeu (Wwise compatible Unity et Unreal) avec notamment la réalisation d'un nouvel algorithme de rendu binaural de scènes codées en HOA. Cette évolution marque un tournant pour l'Ircam ouvrant la voie à la production de contenus en réalité mixte à l'état de l'art des techniques de spatialisation sonore alors que l'ensemble du secteur des ICC se mobilise autour de la préfiguration du métavers. En complément de son programme de recherche et développement, plusieurs

productions artistiques d'ampleur réalisées à l'Ircam sont également soutenues par le projet pour évaluer et communiquer sur ses avancées technologiques. D'autres projets ont aussi été soumis dans l'année, notamment en lien avec le Centre Pompidou et la startup Novaya, à des appels de France 2030 et du CNC visant à soutenir la production et la diffusion de contenus en réalité mixte.

DAFNE+

<https://dafneplus.eu/>

Autre marque de la mobilisation de l'Ircam autour du web 3, le projet européen DAFNE+, obtenu dans le cadre de l'appel *HORIZON-CL2-2021-HERITAGE-01-03 - Cultural and creative industries as a driver of innovation and competitiveness*, vise à soutenir les créateurs de contenu numérique à travers de nouvelles formes de création, de diffusion et de monétisation de leurs œuvres s'appuyant sur les technologies blockchain, NFT et la constitution de communautés autonomes décentralisées (*DAO – Decentralized autonomous organisations*). L'Ircam est l'un des principaux partenaires du projet, démarré pour 3 ans en juillet 2022, et y coordonne les cas d'usage de plusieurs communautés créatives – production amateur, makers et designers et plus particulièrement création sonore expérimentale, pour laquelle le projet préfigure une extension de la communauté internationale du Forum Ircam : échanges de technologies créatives pour la musique et le son, diffusion d'œuvres interactives sous la forme d'archives regroupant les composants techniques de leur conception et de leur exécution, expérimentation de nouveaux modes de mécénat culturel / soutien communautaire à la création à base de NFT, ouverture à des nouvelles formes artistiques tirant parti de ce médium de distribution. Les six premiers mois du projet ont été consacrés à l'analyse des besoins sous forme d'ateliers, d'interviews et de questionnaire en ligne en vue d'alimenter la spécification de la plateforme.

Nouveaux projets ANR et européens

En complément de ces deux projets structurels pour l'Ircam, le dynamisme de la recherche de l'Ircam se traduit en 2022 par l'obtention de six nouveaux projets ANR, l'ensemble de ces projets représentant un apport cumulé de 2,8 M€ :

- Trois d'entre eux portent sur l'analyse et la synthèse de la voix : alors que BRUEL et DeTox (équipe Analyse/synthèse) répondent à des enjeux de sécurité des contenus vocaux en se consacrant respectivement à l'analyse des systèmes de reconnaissance vocale et à la détection de vidéos truquées de personnalités (*deepfakes*), AVATARS (équipe S3AM) vise la production bio-inspirée et mécatronique de modèles de production vocale.
- Aqua-Rius (équipe Analyse/synthèse) met en œuvre comme BRUEL et DeTox des techniques de *deep learning* à des fins d'analyse de signal pour produire des descripteurs de la qualité sonore d'enregistrements musicaux, dans la lignée des recherches existantes sur l'indexation automatique, représentant pour l'Ircam un important vecteur de valorisation industrielle.
- DOTS, projet jeune chercheur de Benjamin Matuszewski (équipe ISMM), s'attache à la production et l'expérimentation artistique de systèmes distribués pour l'interaction collaborative.
- INTSPECSYN, projet jeune chercheur d'Emmanuel Ponsot (équipe PDS) se situant dans le champ des études en psychoacoustique et neurosciences cognitives sur l'audition, vise l'élaboration de biomarqueurs d'une pathologie de l'audition, la synaptopathie cochléaire, qui affecte la compréhension de la parole dans des conditions bruitées et n'est pas détectée par les diagnostics standards à base d'audiogrammes.

Il convient également de mentionner la participation de l'Ircam au projet européen SOUND-AI coordonné par le SCAI (*Sorbonne Center for Artificial Intelligence*) de Sorbonne Université démarré en septembre 2022 organisant un programme de contrats et d'échanges doctoraux autour des techniques d'intelligence artificielle.

Désinformation et *deepfakes*

<https://mediafutures.eu/>

L'expertise de l'Ircam à l'interface art-science-innovation est mise à contribution autour des questions de désinformation qui représentent des enjeux stratégiques croissants pour la communication politique et les relations internationales. L'objectif du projet européen MediaFutures, dans le cadre des *Digital Innovation Hubs*, est de soutenir l'innovation dans le secteur des médias en sélectionnant et encadrant des projets de startups et d'artistes proposant des approches originales d'analyse de grandes bases informationnelles et de sensibilisation du public à ces enjeux de désinformation sous de multiples formes : installations, applications pour smartphones, sites communautaires, spectacles, jeux, dispositifs de réalité augmentée, musées virtuels, vidéos, etc. MediaFutures est entré au dernier trimestre 2022 dans sa troisième et dernière année, avec l'achèvement des projets de sa seconde cohorte (comportant 10 startups, 5 artistes et 10 équipes startups+artistes) qui ont été présentés en septembre dans le cadre des « Demo Days ». Cet événement qui s'est tenu à l'Ircam les 10 et 11 octobre réunissait 150 participants et a abouti à l'attribution de prix aux meilleurs projets de chaque rubrique. En parallèle a été organisé le troisième et dernier appel, qui a sélectionné en 2 étapes 24 puis 13 équipes parmi 113 candidatures exprimées, dont les projets se déploient jusqu'en mai 2023.

Une composante importante de la désinformation repose sur la production de *deepfakes*, contenus vidéo et audio falsifiés notamment de personnalités connues. Le nouveau projet DeTox

mentionné plus haut s'attache précisément à les détecter automatiquement. Mais le *deepfake* peut aussi être un mode explicite et assumé de production audiovisuelle. C'est le cas de l'émission « Hôtel du temps » de Thierry Ardisson lancée sur France 3 et le mettant en situation d'interviewer des personnalités disparues, à partir de techniques d'intelligence artificielle reconstituant leur apparence et leur expression corporelle et vocale. Pour son premier opus consacré à Dalida et diffusé en mai 2022, la production de la voix de l'artiste a été confiée à Ircam Amplify qui a fait appel aux tout derniers résultats de clonage vocal par *deep learning* de l'équipe Analyse/synthèse, la voix d'une actrice jouant Dalida étant transformée pour prendre ses caractéristiques timbrales. Le même procédé, mais poursuivant un objectif inverse de reconstitution d'un événement réel, a été appliqué en janvier 2023 à la production, effectuée à la demande du journal *Le Monde*, de ce que les historiens ont pu reconstituer du vrai appel du 18 juin du Général de Gaulle à la radio de Londres. Ces deux projets ont bénéficié d'une forte couverture médiatique.

Design sonore et industrie du luxe

Un autre champ de valorisation en plein essor des travaux de l'Ircam est la prise en compte de la dimension sonore dans l'industrie du luxe. Plusieurs aboutissements majeurs sont à signaler pour le compte d'Ircam Amplify notamment la signature de collaborations structurelles avec le parfumeur IFF et avec le groupe l'Oréal. Les recherches en design sonore menées dans l'équipe PDS ont, elles aussi, connu des avancées importantes, à commencer par le renouvellement de plusieurs collaborations avec son partenaire historique Renault, pour la signature sonore de véhicules faisant intervenir Jean-Michel Jarre et Andrea Cera et le démarrage d'une thèse CIFRE co-encadrée avec l'Université technologique de Compiègne sur le rôle de la réalité augmentée sonore en lien avec le confort dans l'habitable. 2022 marque aussi l'aboutissement de la thèse CIFRE de Claire Richards, menée avec l'ENSCI – Centre de Recherche en Design, ENS Paris-Saclay et

la société Actronika, qui ouvre la voie, à travers la réalisation d'un harnais multimodal, à des processus de design combinant productions sonores et vibro-tactiles. L'équipe a aussi poursuivi sa collaboration en milieu hospitalier avec le GHU Paris Psychiatrie et Neurosciences dans le cadre du projet Psyson visant la réduction d'anxiété des patients par la diffusion de playlists musicales. Ses travaux théoriques sur la recherche en design sonore comme intégration de la dimension sonore dans la recherche en design se sont déployés dans plusieurs projets dont le projet européen MSCA *Participatory Designing with Sound* de Stefano Delle Monache mené en collaboration avec l'université de Delft autour de la notion de « sound-driven design ».

Réorganisations internes

L'adaptation constante aux nouveaux enjeux amène l'Ircam à faire évoluer son organisation en vue de leur apporter de meilleures réponses. Les principaux changements à noter en 2022 sont les suivants :

- Rémi Desmonet a succédé à Raphaël Sallé de Chou comme responsable du Service informatique (département IMR)
- Le Pôle Web, placé sous la responsabilité de Guillaume Pellerin, a été scindé en deux services dans le cadre du département IMR, d'une part le Service Web (SW, responsable Clément Gérard) en charge du développement des sites institutionnels et documentaires, d'autre part l'équipe Web Audio Musique (WAM, responsable Guillaume Pellerin), en charge du développement du site Forum et d'un programme d'innovation sur le web et le cloud en lien avec les équipes de recherche de l'Ircam.
- L'importance déterminante de l'action culturelle digitale a eu pour conséquence la création d'un service Action culturelle sous la responsabilité d'Emmanuelle Zoll, service qui était précédemment intégré au département Pédagogie et Action culturelle. Ce département d'origine s'intitule désormais Pédagogie et documentation.

■ Médiations art-science-technologie

Forum Vertigo – Connecter les mondes

La sixième et dernière édition du Forum Vertigo, organisé dans le cadre du cycle « Mutations-Créations 5 » en lien avec l'exposition « Réseaux-Mondes » du Centre Pompidou, s'est tenue à l'Ircam du 9 au 11 mars autour du thème « Connecter les mondes » avec pour enjeu de débattre des relations multiformes entre réseaux et création artistique, comme éléments de matériau, de forme ou d'objets critiques. Son programme, conçu conjointement entre les commissaires de l'exposition, Marie-Ange Brayer et Olivier Zeitoun, et Hugues Vinet pour l'Ircam, a réuni une quarantaine d'intervenants, chercheurs, philosophes, artistes, sous forme de conférences invitées et de tables rondes thématiques : « Le réseau : l'un et le multiple ; Création collaborative ; Les réseaux à l'ère post-internet ; Réseaux et interactions ; Connecter le vivant ; L'emprise du réseau ».

De jeunes artistes compositeurs et designers de l'Ircam ont présenté une expérience musicale virtuelle intitulée *Fābrīca* dans le cadre de l'exposition.

Les replays des 6 éditions du Forum Vertigo sont accessibles sur notre chaîne [YouTube](#).

Lancement des Fictions-Science

Nouveau cycle de rencontres coproduit par l'Ircam avec La Parole et la BPI du Centre Pompidou, en partenariat média avec France Culture, chaque rendez-vous « Fictions-Science » expose un récit, une expérience collective, une projection vive dans le futur proche par le biais d'œuvres nouvelles et d'innovations en cours, de leurs effets déflagrants ou insoupçonnés sur la société qui vient.

En lien avec la création du spectacle *Alan T.* de Pierre Jodlowski à la Philharmonie de Paris, la soirée inaugurale des Fictions-Science le 9 juin 2022, en petite salle du Centre Pompidou, a réfléchi la trajectoire fulgurante et l'aventure intellectuelle sans précédent d'Alan Turing, père de l'information moderne et précurseur de l'intelligence artificielle. Les invités, la chercheuse en intelligence artificielle Alice Cohen-Hadria, les artistes Judith Deschamps et Pierre Jodlowski, l'autrice Catherine Dufour et le chercheur en neurobiologie Alain Prochiantz, ont été mis au défi des questions suivantes : Quelles expériences actuelles peut-on imaginer pour explorer, à la suite de Turing, le code et le vivant, le logiciel et le matériel, la machine et l'esprit, le jeu de l'imitation et de la limitation ? Peut-on concevoir de nouveaux tests de Turing pour distinguer l'humain de la machine, en y intégrant des agents vocaux ?

Forum Ircam et sortie du logiciel ASAP

La forte croissance du Forum Ircam constatée depuis 2019 s'est poursuivie en 2022 avec une augmentation dans l'année de 26 % du nombre de ses membres inscrits portant cette communauté à 40 000 en mars 2023. Ses événements, bénéficiant de la décrue de la pandémie Covid-19, ont pu à nouveau être organisés pleinement en présentiel ; ils ont concerné d'une part les Ateliers Forum à Paris du 22 au 25 mars qui présentaient toutes les nouveautés des équipes, accueillaient plusieurs keynotes, ainsi que la conférence de presse du Centre National de la Musique pour l'annonce de son CNM-Lab ; d'autre part, des Ateliers hors les murs ont été organisés à New York en collaboration avec la New York University du 30 septembre au 3 octobre, faisant intervenir de nombreux orateurs américains et d'autres pays. Le programme de ces ateliers démarrait par un concert à la Roulette inaugurant une tournée américaine de l'Orchestre National de Jazz pour la présentation d'*Ex Machina* de Steve Lehman et Frédéric Maurin, créé au Festival Présences de Radio France en février et explorant pour la première fois les possibilités d'interactions entre les instrumentistes et la machine au sein d'un grand orchestre de jazz

par l'utilisation du logiciel DYCI2 de l'équipe Représentations musicales pour la génération d'orchestrations électroniques et comme agent improvisateur.

Ces Ateliers de New York ont été l'occasion de l'annonce préliminaire de la sortie du logiciel ASAP (*Audiosculpt as Plugins*), aboutissement d'un développement de plusieurs années visant à constituer les bases très attendues de pérennisation et d'extensions d'Audiosculpt, logiciel phare de l'Ircam depuis près de 3 décennies. Sa dernière version V3 reposait sur des fondements logiciels anciens en 32 bits et son renouvellement en tant qu'application monolithique impliquait une réécriture complète qui aurait mobilisé une importante équipe de développeurs pendant plusieurs années pour être aux standards du marché du traitement audio. L'approche poursuivie par son développeur principal, Pierre Guillot, a été de concentrer l'effort sur la spécificité de l'apport de l'Ircam : accès aux derniers algorithmes issus de la recherche à partir d'interfaces simples et performantes dans des modules logiciels intégrables dans les environnements de travail en production audio, compatibilité multi-plateformes (macOS, Windows, Linux). Les principales fonctions d'Audiosculpt, complétées par de nombreuses nouveautés, se retrouvent d'une part pour l'analyse dans l'application *Partiels* dotée d'une architecture ouverte à base de *plug-ins* au format VAMP ; d'autre part les fonctions de traitement audio sont disponibles sous forme de *plug-ins* aux formats VST3, Audio Unit et AAX pour la transformation temps réel du son. Les *plug-ins* nécessitant des fonctions d'édition temporelle reposent sur l'extension ARA2 permettant de synchroniser l'édition de régions multiples à celles de la station de travail hôte. *ASAP* est distribué dans le cadre de l'abonnement Premium du Forum Ircam.

■ Action culturelle de l'Ircam et projets éducatifs de l'UMR

Les projets d'action culturelle avec leurs ateliers spécifiques, s'adosent désormais aux rendez-vous de la saison et du festival de l'Ircam afin de mobiliser de nouveaux publics. Ils peuvent produire des dispositifs autonomes, visuels et sonores, comme TACT qui se présente comme une « partition graphique » directement accessible à un public non expert. Ces projets adaptent ainsi des méthodologies inspirées par les recherches de l'équipe PDS (SpeaK, une méthodologie pour réaliser un design sonore itératif) ou peuvent s'appuyer sur les résultats des travaux de l'équipe ISMM autour de l'interaction et de la production sonore collective. L'année 2022 a vu précisément l'aboutissement de plusieurs applications. *CoMo-Education*, développée dans le cadre de la thèse de Marion Voillot (achevée en décembre 2022) avec le soutien du Centre de Recherches Interdisciplinaires, est un dispositif pour raconter des histoires sonores et en mouvement dès la maternelle, via l'utilisation de smartphones. Un travail important de documentation du dispositif et des gestes associés a été réalisé. Deux versions de l'application *CoMo-Vox* ont été finalisées, en partenariat avec Radio France, dans le cadre d'un financement Edu-Up de l'Éducation nationale, pour aider à l'apprentissage des gestes de battue par les enseignants du primaire et du secondaire. *CoMo-Rééducation* marque l'aboutissement de la thèse d'Iselyne Peyre fournissant des fonctions d'auto-rééducation par l'interaction geste/son à des patients notamment après un AVC.

Les fondements de ces applications s'appuient sur les connaissances développées par l'équipe ISMM sur l'apprentissage des systèmes interactifs, objet du projet ANR Element qui s'est achevé dans l'année par l'organisation d'un colloque de deux jours et d'un workshop. Les développements technologiques autour des interactions collectives se poursuivent autour de l'environnement Soundworks, en particulier dans le cadre du démarrage du projet ANR DOTS susmentionné et de la thèse d'Aliénor Golvet.

Les moyens financiers

COMPTE FINANCIER DE L'IRCAM 2022 : UN SOUTIEN INSCRIT DANS UN CONTEXTE INFLATIONNISTE (EN k€)

Fonctionnement			
Dépenses		Recettes	
Personnel	7 754	Subvention État / SU / CNM	6 816
Autres charges	3 213	Subvention recherche (ANR Europe)	2 054
<i>Résultat exercice</i>	<i>19</i>	Prestations de service	1 043
		Partenariat & mécénat	347
		Autres produits	652
		Produits exceptionnels	74
Total	10 986		10 986

Contributions en nature			
Mise à disposition des locaux	978	Prestations en nature	978

Équipement			
Dépenses		Recettes	
Insuffisance d'autofinancement	55	Capacité d'autofinancement	0
Matériel audiovisuel / musical	350	Subvention d'investissement	309
Matériel informatique	295		
Matériel et aménagements	29		
		Prélèvement fonds de roulement	420
Total	729		729

L'année 2022 s'inscrit en termes macroéconomiques dans un contexte inflationniste. Pour l'Ircam, spécifiquement, la grille de salaires est identique à celle du Centre Pompidou c'est-à-dire qu'elle est indexée sur le point de base de la fonction publique. L'augmentation de 3,5 %, intervenue au 1^{er} juillet 2022, représente 130 k€ au titre du second semestre 2022.

2022 est simultanément une année de soutien du ministère de la Culture pour la mise en œuvre de programmes ponctuels qui contribuent au rayonnement de l'Ircam par l'emploi de ressources temporaires.

■ La filiale de commercialisation Ircam Amplify SAS : le développement se poursuit

L'Ircam avait apporté en 2019 à la société son portefeuille de contrats de licence et de commercialisation conclus avec des sociétés tierces et des titres immobilisés.

Ircam Amplify poursuit son développement dans les différents domaines d'application du son (traitement du signal sonore, transformation du son, interface homme-machine, spatialisation du son, indexation, recommandation, etc.) Ainsi son chiffre d'affaires 2022 atteint 1.631 k€ et double ainsi à chaque exercice depuis sa création en 2019.

Une prochaine augmentation de capital permettant de financer le business plan 2023 /2027 va intervenir. L'Ircam n'est structurellement pas en mesure de participer à une telle opération, son activité habituelle, subventionnée, ne dégagant pas d'excédent. L'Ircam restera l'actionnaire majoritaire à l'issue de l'opération.

Les relations commerciales avec Ircam Amplify permettent à l'Institut, au-delà des retours liés aux contrats de licence, d'inscrire des activités de sous-traitance à hauteur de 73 k€ avec la filiale.

■ La convention triennale 2021-2023 avec la DGCA et des aides aux projets

L'institut bénéficie du programme 131 du ministère destiné à soutenir la création artistique. Ce soutien est resté à un niveau équivalent malgré les conséquences de l'inflation sur la structure de coûts.

L'Ircam a bénéficié du dégel budgétaire lui permettant in fine d'équilibrer ses comptes.

Les travaux de désamiantage de l'Espace de projection qui devaient toucher à leur fin début 2022 ont été réceptionnés avec de nombreuses réserves. Le soutien particulier, issu de la perte d'exploitation de l'Espro et de la logistique liée à la production hors les murs, s'est poursuivi durant l'exercice. Le financement pluriannuel de l'investissement nécessaire à la remise en fonctionnement de la salle a démarré pendant l'exercice.

Le festival ManiFeste a obtenu un soutien de 80 k€ pour 2022 et 2023. Des projets ponctuels ont été soutenus comme la récréation du *Polytope* de Xenakis et la création du collectif /nu/thing.

■ Les financements affectés sur projets scientifiques et les recettes propres restent à un niveau très élevé

Ces financements sont de 31,41 % du compte financier, contributions volontaires comprises.

Les financements européens et ANR contribuent à assurer l'équilibre financier de l'institut.

Le mécénat et les partenariats représentent 346 k€ grâce notamment au mécénat obtenu auprès de la société AXA. Les projets artistiques s'inscrivent, dès leur conception, dans un schéma de mutualisation avec le développement de nombreux partenariats permettant l'aboutissement de projets ambitieux.

Unité mixte de recherche STMS



L'activité recherche



■ Les tutelles scientifiques de l'UMR STMS

www.stms-lab.fr

L'Ircam, association à but non lucratif reconnue d'utilité publique, est associé au Centre Pompidou et placé sous la tutelle du ministère de la Culture.

Le développement de liens structurels avec de grandes institutions de recherche et d'enseignement supérieur constitue pour l'Ircam une priorité destinée à promouvoir son inscription dans le paysage national et international de la recherche.

L'unité mixte de recherche STMS (Sciences et technologies de la musique et du son – UMR 9912) regroupe chercheurs et enseignants-chercheurs de l'Ircam, du CNRS et de Sorbonne Université autour d'un projet scientifique pluridisciplinaire.

Dans le cadre du CNRS, l'UMR est rattachée à titre principal à l'Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (INS2I) et à titre secondaire aux instituts INSIS (Sciences de l'ingénierie et des systèmes), INSHS (Institut des sciences humaines et sociales) et INSB (Sciences biologiques). Dans le cadre de Sorbonne Université, elle est intégrée à la faculté d'Ingénierie – UFR 919 relevant du pôle de recherche Modélisation et ingénierie.

La période contractuelle en cours de l'UMR s'étend de janvier 2019 à décembre 2023.

Directrice : Brigitte d'Andréa-Novel.

Directeur adjoint : Nicolas Misdariis depuis le 1^{er} septembre 2021.

Durant ce nouveau quinquennal, les recherches s'articulent autour de trois thèmes :

- l'atelier du son ;
- le corps musicien ;
- les dynamiques créatives ;

et s'organisent en sept équipes :

- APM : Analyse des pratiques musicales ;
- A/S : Analyse et synthèse des sons ;
- EAC : Espaces acoustiques et cognitifs ;
- ISMM : Interaction son musique mouvement ;
- PDS : Perception et design sonores ;
- RepMus : Représentations musicales ;
- S3AM : Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments ;

avec le support du pôle Ingénierie et prototypes et du pôle Mécanique.

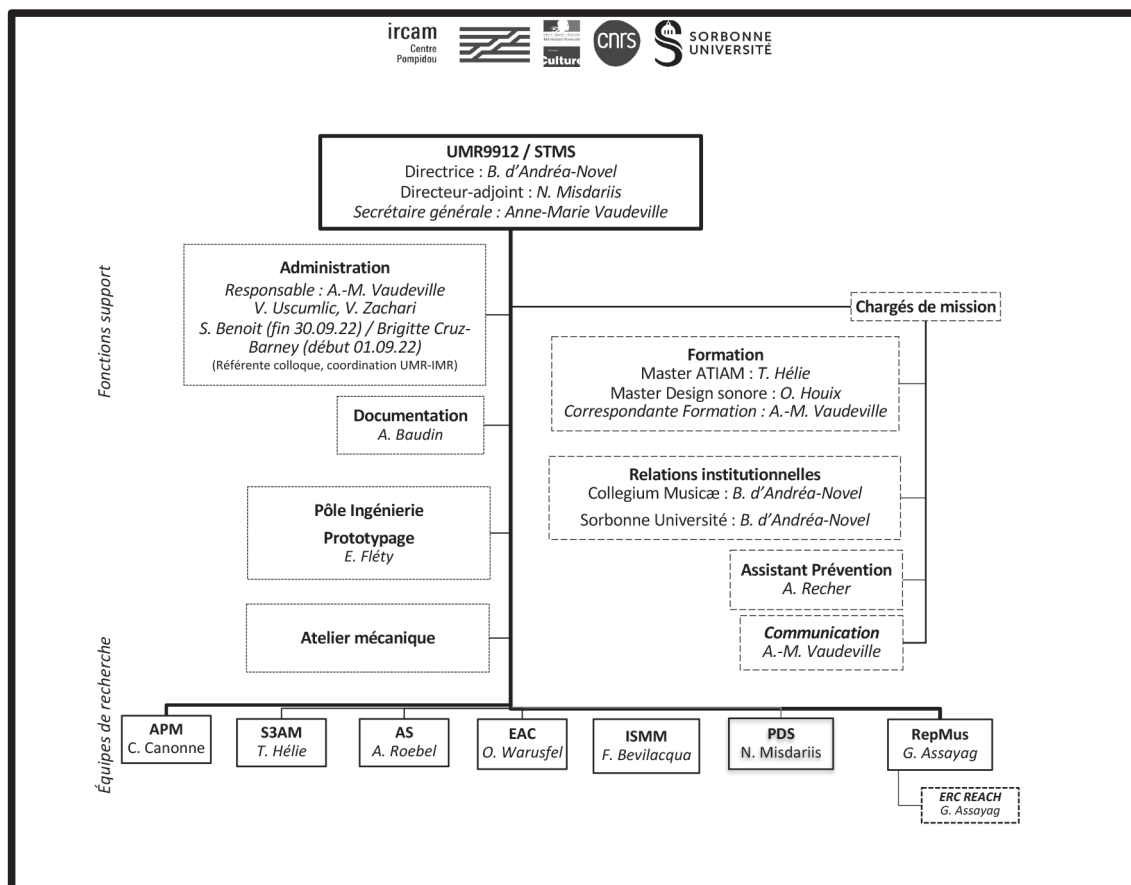
La stratégie à moyen terme du laboratoire met l'accent sur des thématiques prioritaires :

- IA et créativité ;
- design sonore, discipline intégrée dans le champ de la recherche en design ;
- spatialisation audio 3D : en RV/RA, comme outil compositionnel et dans un contexte web audio de performance distribuée ;
- axe son/musique et santé.

Ces différentes thématiques sont portées conjointement par plusieurs équipes du laboratoire.

Notons enfin que les artistes en résidence sont immergés dans les différentes équipes de l'UMR depuis que la Recherche musicale est intégrée au sein du laboratoire et coordonnée par Markus Noisternig (chercheur dans l'équipe EAC), cf. l'annexe correspondante pour plus de détails.

Organigramme de l'UMR 9912 STMS



Équipe Analyse des pratiques musicales (APM)

Responsable : Clément Canonne

■ Acoustique musicale : une discipline scientifique et ses enjeux musicaux

Le projet RAMHO – Recherche et acoustique musicales : une histoire orale

Au cours de la seconde moitié du XX^e siècle, les pratiques musicales ont été totalement bouleversées avec l'émergence et la démocratisation des technologies sonores et le développement des connaissances sur le son. L'acoustique musicale, et plus généralement ce qu'on appelle la recherche musicale – qui est liée à l'intégration des nouvelles technologies dans la musique –, ont conduit scientifiques (chercheurs, ingénieurs, informaticiens...) et musiciens (compositeurs, chefs d'orchestre, instrumentistes...) à collaborer étroitement au sein de nouveaux lieux. La France a joué un rôle historique, à l'échelle mondiale, dans l'institutionnalisation de ces champs de recherche, en soutenant la création de laboratoires, de studios et d'instituts s'intéressant à la science des sons au prisme de la musique et des technologies. Coordonné par F.-X. Féron et réunissant un pôle de chercheurs issus de différentes disciplines, RAMHO est un projet à long terme qui vise à retracer l'histoire de ces instituts et à expliciter les connexions qui les relient les uns aux autres, qu'il s'agisse de personnes, d'outils technologiques, de préoccupations scientifiques ou artis-

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	4	Revue à comité de lecture	5	Nationaux et régionaux FOMA (Émergence-SU)	1	J. Chowning (Stanford University) C. Guastavino (McGill University/CIRMMT) V. Tiffon (Aix-Marseille) S. Cappelletto (Rome) R. Donatoni (Sarteano) G. Giacco (Strasbourg) P. Arias (Glasgow University) T. Wolf (CEU University) L. Goupil (Grenoble) H. Rodriguez (KBR)	S. Roux Quintette El Memorioso Quatuor Bozzini
Chercheurs et ingénieurs non statutaires. Chercheurs, compositeurs et artistes invités	0	Conférences avec comité de sélection	6	Internationaux	0	E. Majeau-Bettez (McGill University) E. Sigute Mikalonyte (Vilnius University)	
Doctorants invités	2	Ouvrages et chapitres	13				
Stagiaires	0	Thèses de doctorat/HDR	0				

tiques. Pour cela, les chercheurs recueillent les récits de celles et ceux qui ont œuvré au développement de l'acoustique et de la recherche musicales en France depuis les années 1950. Pour préparer, mais aussi pour compléter ces entretiens, des investigations sont menées dans plusieurs fonds d'archives. Une fois transcrits intégralement, les entretiens font l'objet d'un processus d'éditionnalisation répondant à un protocole spécifique qui a été progressivement mis en place. Les entretiens éditorialisés sont alors corrigés et validés par les interviewés. Ils seront alors diffusés publiquement, accompagnés de documents d'archives à partir d'une base de données dédiée au projet RAMHO. Celle-ci devrait être fonctionnelle fin 2023. Grâce au financement obtenu avec l'appel à projet Émergence 2021 (Sorbonne Université), Baptiste Bacot a rejoint l'équipe RAMHO en 2022 dans le cadre d'un contrat postdoctoral de 10 mois. Il a notamment effectué plusieurs missions à Marseille pour mener, avec Vincent Tiffon (Université Aix-Marseille) et F.-X. Féron, plusieurs entretiens au sujet du LMA, le MIM et le GMEM.



Figure 1. Quatre personnes interviewées dans le cadre du projet RAMHO : Michèle Castellengo, John Chowning, Richard Kronland-Martinet, Brigitte Marger. © RAMHO

En 2022 :

- traitement et analyse des données collectées en 2021 :
 - transcription et édition des entretiens et des documents d'archives correspondants : Michel Decoust, Jean-Sylvain Liénard ;
 - soumission d'une proposition de communication [acceptée] pour le XIV^e congrès de la Société française d'histoire des sciences et des techniques (SFHST) qui se tiendra en avril 2023 à Bordeaux ;
- nouvelle collecte de données :
 - entretiens au sujet des débuts de l'Ircam et des centres de recherche musicale à Marseille (LMA, MIM, GMEM) : Andrew Gerzso, Brigitte Marger, Jean Kergomard, Richard Kronland-Martinet, Jean-Pierre Moreau, Pascal Gobin, Lucien Bertolina ;
 - recherche dans le fonds Risset (PRISM, Marseille), dans les archives de l'Ircam et aux Archives nationales ;
- communication et diffusion :
 - présentation du projet RAMHO dans quatre séminaires différents ;
 - établissement d'un cahier des charges et d'une maquette pour la mise en place de la future base de données dédiée au projet.

Composer (avec) l'espace : approches théoriques, psychoacoustiques et artistiques

Au fil des siècles, l'espace est devenu pour beaucoup d'artistes une préoccupation constante occupant une place centrale au sein du processus créatif. Si la notion d'espace en musique peut souvent renvoyer à des concepts abstraits, elle peut ainsi apparaître comme une dimension sonore à part entière travaillée par les compositeurs et perçue par les auditeurs. F.-X. Féron s'intéresse à l'émergence du paradigme spatial dans une perspective historique et travaille au développement d'une taxonomie visant à mieux comprendre ce que signifie composer (avec) l'espace.



Figure 2. La saxophoniste Ida Toninato jouant dans la cale vide d'un cargo (port de Montréal, Québec, juin 2019).

En 2022 :

- publication d'un article dans *Les cahiers Louis Lumière* (n° 15, « La perception du son spatialisé : un son propre pour un sens figuré ») ;
- interventions données dans le séminaire « L'expérience sonore (XVIII^e-XXI^e siècles) » coordonné par Rémy Campos au CNSMDP.

Musiques spectrales : de l'acoustique à l'analyse musicale

F.-X. Féron poursuit la préparation de son ouvrage monographique sur *Les Espaces acoustiques* de Gérard Grisey pour les éditions Contrechamps. Ses recherches sur l'œuvre de Grisey ont fait l'objet de plusieurs communications dans des colloques internationaux.

En 2022 :

- communications dans le colloque 1722-2022 : trois siècles du *Traité* de Jean-Philippe Rameau. La musique-science devant la question de l'harmonie (Ircam, 7-9 novembre 2022) et dans le colloque Les bibliothèques de compositeur-ices : pratiques

de lecture et espaces dynamiques de la création musicale (Université Libre de Bruxelles, 20-21 octobre 2022) ;

- rédaction avec Liam Cagney (BIMM Institute) d'un chapitre d'ouvrage qui a été présenté à Venise dans le cadre du colloque *New Concepts of Harmony in Musical Composition 1945-1975* (Fondazione Giorgio Cini, 12-13 juillet 2022) où F.-X. Féron était invité.

■ Esthétiques de la musique contemporaine : des avant-gardes historiques aux pratiques émergentes Écrits et analyses de compositeurs italiens, 1955-1995

Si les débuts du sérialisme et leur éphémère revendication d'une *tabula rasa*, par laquelle les compositeurs entendaient se départir des modèles nationaux, sinon nationalistes, qui avaient conduit au désastre de la Seconde Guerre mondiale, œuvrèrent à une vision internationaliste de la création, des singularités demeuraient. Contemporaine des guerres d'Éthiopie et d'Espagne, l'adoption du dodécaphonisme par Luigi Dallapiccola est indissociable d'une société construite sur les valeurs de l'antifascisme et ouvre la voie au sérialisme italien de l'après-guerre, dont l'attachement au dernier Schoenberg, celui de l'*Ode à Napoléon* et d'*Un survivant de Varsovie*, naît de cette *Resistenza*. Il en résulte un jugement moral et politique sur les motivations de la technique et l'affirmation de la *praxis*, de l'affinité de la musique avec le langage, une communication ouverte et l'expression, entre signification objective, rationnellement construite, et adresse à l'autre. Deux axes déterminent nos recherches : a) Le premier est une étude de la manière dont, au cours des années 1970-1980, les sériels ont théorisé, en les modifiant, voire en les contredisant, les principes qu'ils avaient édictés, notamment par une théorie de l'automatisme qui évince le sujet, ruine l'intention, correspond à un processus contrôlable à chaque instant et ne tient ni du langage ni de la seule technique, mais d'une attitude mettant l'accent moins sur le résultat que sur l'action (Donatoni), et, à l'inverse, par une réintégration, en majesté, du sujet (Sinopoli). Cet axe implique la traduction et

l'édition critique d'ouvrages, et leur commentaire au regard de l'œuvre musicale des auteurs; b) Le second axe est l'analyse de la persistance d'une combinatoire, déduite de l'esprit sériel, dans l'œuvre tardive de Bruno Maderna et jusqu'à celle, plus récente, de Stefano Gervasoni.

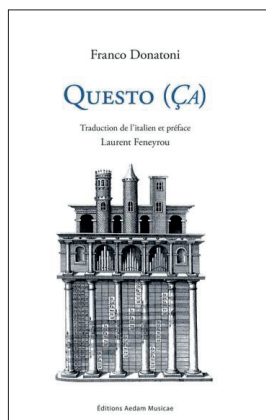


Figure 3. Franco Donatoni, *Questo (Ça)*, traduit et édité par Laurent Feneyrou.

En 2022:

- publication du *Questo (Ça)* de Franco Donatoni (Aedam Musicae);
- réécriture d'une longue postface à *Parsifal à Venise* de Giuseppe Sinopoli (remis aux Éditions MF), à la suite de nombreuses études parues, en Italie et en Allemagne, à l'occasion du 20^e anniversaire de sa mort, et de la transmission, par sa famille, de sa thèse de doctorat en psychiatrie (inédite et jamais commentée): *Déviante et moments criminogènes dans la médiation phénoménologique de l'œuvre d'art*;

- édition d'un premier volume d'écrits de Salvatore Sciarrino, regroupant plus de 200 articles et notices rédigés entre 1962 et 1997, articles et notices réunis, traduits, annotés et introduits en collaboration avec Grazia Giacco (Université de Strasbourg) – volume remis aux Éditions MF;
- articles sur les pratiques compositionnelles de Bruno Maderna et de Luigi Dallapiccola;
- communications analytiques sur l'œuvre de Stefano Gervasoni dans le cadre de l'European Creative Academy.

Instruments anciens ou traditionnels, esthétiques modernes

Les orgues à bouche sont des instruments traditionnels à anches libres qu'on retrouve sous différentes formes dans plusieurs régions d'Asie de l'Est. Ils demeurent encore aujourd'hui relativement méconnus en Occident mais suscitent de plus en plus l'intérêt des compositeurs et des scientifiques. F.-X. Féron a coordonné avec la compositrice et musicologue Liao Lin-Ni un numéro de la revue canadienne *Circuit – Musiques contemporaines* abordant l'étude des orgues à bouche, et plus particulièrement le sheng et le shō dans une perspective interdisciplinaire: musicologie, ethnomusicologie, analyse musicale, acoustique, ingénierie sonore, composition et interprétation. Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet international ACTOR dont F.-X. Féron est partenaire.

En 2022:

- édition du numéro 32-1 de la revue *Circuit*: «L'orgue à bouche entre Extrême-Orient et Occident. L'invention d'un répertoire contemporain» coordonné par F.-X. Féron et L.-N. Liao;
- participation de F.-X. Féron à deux séances du séminaire: «Sheng, l'orgue à bouche» coordonné par L.-N. Liao.

Lutherie, hacking, improvisation

C. Canonne a poursuivi ses travaux sur les pratiques de lutherie des improvisateurs. Depuis 2015, il mène une série d'entretiens au long cours avec des improvisateurs. Le premier objectif de ces



Figure 4. Li Li-Chin lors d'une séance d'enregistrement à l'Ircam ayant permis de comparer le timbre de trois sheng différents.

entretiens est de retracer les processus à l'œuvre, à la fois artistiques et matériels, dans leur activité de lutherie – ces pratiques qui engagent un processus matériel d'assemblage, de transformation ou de création d'instrument. Le second objectif est de tenter de comprendre ce qui fait un instrument d'improvisation, d'une part, en mettant au jour les logiques de création et les savoir-faire spécifiques qui présidaient à la constitution de tels dispositifs, d'autre part, en analysant les usages que font les musiciens de leur instrument dans le temps de la performance. L'objectif est la



Figure 5. Le piano préparé d'Alvisé Sinivia et Frédéric Blondy, manipulé conjointement par les deux musiciens.

publication d'une monographie intitulée *Instruments d'improvisation*, aux Éditions de la Philharmonie.

En 2022 :

- ethnographie d'une résidence de travail d'Alvisé Sinivia et Frédéric Blondy au Césaire (Reims) pour un projet de piano 4 mains ;
- entretien avec Léo Maurel pour son projet « Organous » ;
- rédaction d'un chapitre, intitulé "Objects of Free

Improvisation", pour l'ouvrage collectif *Music and the Performing Arts in the Anthropocene: Nature, Materialities and Ecological Transformation* dirigé par N. Donin, I. Moindrot et F. Ribac.

■ Documentation et édition scientifiques

Bases de données en ligne

La base de données Analyses de l'Ircam (<https://brahms.ircam.fr/analyses/>) propose une collection d'analyses musicales en ligne d'œuvres créées à l'Ircam et considérées comme représentatives de la culture de l'institut tant sur le plan artistique que technologique. Codirigée par F.-X. Féron et A. Bonardi, cette base présente de nombreux exemples audio ou vidéo et commence à intégrer des applications interactives invitant le lecteur à jouer avec certains traitements électroniques ou modes de synthèse. Le travail de restructuration qui a débuté en 2019 de manière que cette base réponde aux exigences éditoriales d'une revue scientifique en ligne s'est poursuivi. En 2022, Laura Zattra a achevé la révision de son analyse de *Stria* de John Chowning, et Brice Tissier a finalisé son analyse de *Burger Time* de Mauro Lanza. Trois analyses ont par ailleurs été traduites en anglais et validées par leurs auteurs (*Prologue* de Gérard Grisey, *Sculpting the Air* de Jesper Nordin, *En Trance* de Fausto Romitelli). La mise en ligne des nouvelles analyses et des traductions se fera au cours de l'année 2023.

Par ailleurs, L. Feneyrou a contribué à la base BRAHMS en 2022, par la préparation et l'édition de plusieurs textes biographiques et parcours de l'œuvre.

New Methods and New Challenges in Empirical Musicology

C. Canonne et F. Gribenski ont poursuivi leur travail éditorial pour l'ouvrage *New Methods and New Challenges in Empirical Musicology* en organisant un second workshop à l'automne 2022. L'objectif de l'ouvrage est de dresser un état des lieux des méthodes de la musicologie empirique 20 ans après l'ouvrage fondateur *Empirical Musicology*, dirigé par Eric Clarke et Nicholas

Cook. L'ouvrage rassemblera des contributions d'une douzaine de chercheuses et chercheurs internationaux, permettant d'introduire à une grande variété de méthodologies, qu'elles soient d'inspiration « quantitatives » ou « qualitatives » (expériences de pensée, extraction semi-automatique de commentaires YouTube, auto-annotation de performances, entretiens phénoménologiques, analyse de réponses libres, etc.). Ce faisant, l'ouvrage proposera une réflexion sur l'épistémologie de la musicologie empirique – qu'il s'agisse de la nature des données, de leur mode de collecte ou de leur organisation – à l'heure des nouveaux défis éthiques et politiques auxquels est confrontée la musicologie (Que faire de la surabondance de données ? Quelles pratiques de réutilisation des données au sein de la communauté musicologique ? Comment éviter les biais de sélection et permettre une meilleure diversité ? Etc.).

Rencontres publiques « Autour d'un livre » : programmation et animation en collaboration avec la PAC

L'équipe APM a proposé une nouvelle rencontre autour du livre de Bertrand Denzler et Jean-Luc Guionnet, *The Practice of Musical Improvisation* (Bloomsbury, 2020). Bertrand Denzler et Jean-Luc Guionnet sillonnent la scène des musiques improvisées depuis de nombreuses années. L'ouvrage qu'ils ont publié consiste en un « montage » des entretiens qu'ils ont pu faire au gré des rencontres musicales et propose ainsi une plongée fascinante dans l'artisanat de tous ces musiciens. Cette rencontre a été l'occasion de prolonger leur dialogue et de partager leur réflexion avec un public divers.

■ Travaux exploratoires sur de nouvelles thématiques

Projet DSYNC : l'action conjointe par-delà la synchronisation

C. Canonne a déposé à l'ANR le projet DSYNC, qui vient prolonger sur un nouveau terrain certaines des questions abordées lors du projet ANR « Improvisation musicale et action collective ». L'idée est de s'intéresser plus spécifiquement aux formes de coordination

musicale qui ne se ramènent pas à une simple synchronisation, ou, pour le dire autrement, à tout le champ de la coordination temporelle qui s'étend au-delà de la synchronisation. Dans un grand nombre de pratiques, les musiciens manifestent en effet des comportements temporellement flexibles, qu'il s'agisse d'une flexibilité « verticale » (maintenir des comportements qui sont, au moins dans une certaine mesure, temporellement indépendants les uns des autres) ou d'une flexibilité « horizontale » (rompre les schémas de synchronisation précédemment établis afin de modifier le tempo commun).

En combinant études de cas (analyses, enquêtes ethnographiques) et expériences de laboratoire, le projet propose donc de mettre en évidence les mécanismes à l'œuvre dans ce type de situations musicales et par là même d'éclairer notre disposition à la flexibilité quand nous agissons ensemble. Ce faisant, il s'agira de résoudre en partie la tension qu'il peut y avoir entre, d'un côté, les sciences cognitives de l'action conjointe – qui ont souvent utilisé la musique comme paradigme expérimental, mais en l'envisageant systématiquement sous l'angle de la synchronisation – et, de l'autre, la musicologie empirique de la performance musicale – qui, si elle s'est largement penchée sur les multiples formes de flexibilité temporelle (rubato, swing, groove, etc.) n'a pas encore vraiment interrogé les mécanismes qui rendent cette flexibilité possible. Ce projet se développera en collaboration étroite avec le Social Mind and Body Group de Central European University (dirigé par Natalie Sebanz et Günther Knoblich).

Le projet n'ayant pas été accepté à la session 2022, il sera soumis à nouveau à la session 2023.

Interactions créatives

Trois derniers travaux ont été effectués en lien avec le projet ANR MICA, dirigé par C. Canonne.

Premièrement, il est fréquent de rencontrer l'idée selon laquelle le succès esthétique de l'improvisation libre semble avoir affaire avec l'exploration de la tension (et la recherche d'un équilibre)

entre l'autonomie individuelle et la cohésion du groupe. Cette hypothèse a été testée auprès d'auditeurs experts et non experts : nous avons extrait aléatoirement différents passages d'un corpus d'improvisations préalablement enregistrées, qui se répartissent en trois blocs : un premier bloc dans lequel les deux musiciens avaient l'intention de jouer l'un « avec » l'autre ; un deuxième bloc dans lequel un musicien avait l'intention de jouer « avec » l'autre, mais pas réciproquement ; et un troisième bloc dans lequel aucun des deux musiciens n'avait l'intention de jouer « avec » l'autre. Nous avons ainsi pu montrer que le dissensus interactionnel était corrélé avec la tension expressive perçue ; et, par ailleurs, que les extraits laissant une place au dissensus étaient effectivement jugés comme plus créatifs par les auditeurs musiciens. Les résultats de cette dernière expérience, qui nous permettent d'éclairer la manière dont la manipulation des relations interpersonnelles peut fonctionner comme une ressource pour les interactions créatives, ont fait l'objet d'un article accepté par la revue *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*.

Deuxièmement, un article de synthèse sur la pratique de la composition au sein de l'ONCEIM (Orchestre des nouvelles compositions, expérimentations et improvisations musicales) a été rédigé en collaboration avec D. Schwarz (équipe ISMM) pour le colloque TENOR. Cet article a proposé une typologie des modes de « comprovisation » explorés par l'orchestre, et interrogé la manière dont ceux-ci pouvaient stimuler la créativité des musiciens. De nouvelles données ont été mobilisées pour l'écriture de cet article, notamment l'analyse des nombreuses partitions élaborées par les membres de l'orchestre eux-mêmes pour « adapter » les propositions compositionnelles qui leur étaient faites à leur propre pratique musicale.

Troisièmement, un travail autour de la question de l'écoute a été réalisé en 2022, en collaboration avec le Quatuor Bozzini, grand spécialiste de l'interprétation des musiques dites « indéterminées » (c'est-à-dire sans partition traditionnelle, et laissant généralement une grande part d'improvisation aux interprètes). Plus précisé-



Figure 6. Le Quatuor Bozzini à l'Ircam lors d'une expérience sur les stratégies d'écoute.

ment, nous avons conçu une étude exploratoire pour étudier la dynamique de l'attention auditive des membres du Quatuor Bozzini dans l'interprétation de *Occam Delta XV* (2018) d'Éliane Radigue. En utilisant une procédure d'annotation post-hoc, nous avons pu constater que l'écoute conjointe entre les musiciens était plus susceptible d'émerger lorsque la coordination était plus difficile, ce qui suggère une utilisation stratégique de l'écoute et de l'attention auditive, comme un moyen d'améliorer la coordination au sein

du groupe. Ce travail a fait l'objet d'un article accepté par la revue *Musicae Scientiae*.

En 2022 :

- soumission de deux articles (*Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts* et *Musicae Scientiae*);
- conférence TENOR (Marseille, mai 2022) et publication d'un article dans les *Proceedings*;
- présentation des résultats liés aux trois travaux présentés ci-dessus dans le cadre du symposium Musical Togetherness (Vienne, juillet 2022).

Music & Fun

Cet axe de recherche cherche à interroger ce qu'on pourrait appeler, en suivant Roger Moseley, le « ludomusical ». S'il existe bien une sous-discipline de la musicologie qui se définit comme « ludomusicologie », celle-ci traite de fait essentiellement de musique de jeu vidéo ou de la manière dont la musique participe de l'expérience ludique procurée par les jeux vidéo. On vise ici quelque chose de beaucoup plus général, l'idée étant de s'intéresser aux œuvres et aux pratiques dont le but est de susciter *l'amusement*.

On englobera donc sous une même thématique un ensemble de travaux qui porteront aussi bien sur la question des jeux musicaux que sur celle de l'humour musical, contribuant ainsi à asseoir l'importance de la catégorie du ludomusical pour une réflexion sur les pratiques musicales.

Cet axe a donné lieu à deux travaux en 2022.

Premièrement, C. Canonne a réalisé une expérience autour des pièces pour piano de Cécile Chaminade (1857-1944) possédant un contenu comique ou humoristique. L'idée était de montrer que certains paramètres musicaux peuvent faciliter l'inférence d'une intention humoristique, toutes choses égales par ailleurs. Les contrastes de registres fournissent ici un candidat intéressant, à la frontière de la syntaxe et de la prosodie musicales, et déjà identifiés comme un facteur important dans les tentatives de catégo-



Figure 7. « Cible », un jeu proposé par C. Canonne pour le spectacle Jeux Sonores.

risation de l'humour musical au XIX^e siècle. Des extraits de pièces de Cécile Chaminade ont donc été modifiés de façon à réduire ou à augmenter les contrastes de registres qu'ils contiennent. Les extraits (originaux et modifiés) ont ensuite été soumis au jugement d'auditeurs (musiciens et non-musiciens) ayant à évaluer, d'une part, à quel point ces extraits leur semblent exprimer quelque chose de comique, d'autre part, à quel point ces extraits leur semblent exprimer quelque chose de joyeux. Nous avons ainsi pu montrer que les contrastes de registres impactaient positivement la perception de l'humour musical, mais qu'ils étaient sans effet pour la perception du caractère émotionnel joyeux de l'extrait. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication acceptée par *Music Perception*.

Deuxièmement, C. Canonne a participé à la fois en tant qu'ethnographe et en tant que *game designer* au projet Jeux Sonores initié par Sébastien Roux et créé dans le cadre du festival Instants Fertiles à Saint-Nazaire en novembre 2022. Outre le suivi ethnographique, le projet a également fait l'objet d'un questionnaire auprès des joueurs comme des spectateurs. Un article de synthèse est en cours de rédaction. Une édition de ces Jeux Sonores a également été préparée pour les Éditions Vroum.

En 2022 :

- soumission d'un article à *Music Perception* ;
- spectacle Jeux Sonores créé dans le cadre d'Instants Fertiles (Saint-Nazaire, novembre 2022), et repris à la Pop (Paris, décembre 2022).

Musique et médecine

Cet axe de recherche, dont les bases théoriques ont été établies en 2022 avec Vincent Barras (Institut des humanités en médecine, Lausanne) et Céline Frigau Manning (Université Jean Moulin Lyon 3 – IHRIM), se propose 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^e siècle à la fin du XX^e siècle. Il ne porte pas principalement sur la santé, le soin et les vertus thérapeutiques de la musique, mais sur l'étude des maladies. Trois types d'approche sont envisagés, qui se basent sur des périodiques et des traités de médecine, générale et spécialisée, sur l'histoire de la médecine, sur l'histoire des maladies, sur l'histoire des médecins, que ces derniers soient illustres (ceux de Chopin) ou non (ceux de Schumann), par exemple, sur la littérature médicale consacrée aux musiciens, sur leurs biographies, leurs archives, leurs correspondances et leurs écrits d'orientation thérapeutique ou scientifique (les lettres de Leopold Mozart sont éloquentes à ce sujet), sur l'iconographie qui leur est relative, sur les témoignages de leurs contemporains, mais aussi, et surtout, sur les œuvres musicales.

1. Des études de cas ou des pathographies d'artistes, compositeurs et interprètes, dans le but de décrire les conséquences de la maladie sur la biographie, la pratique, voire l'esthétique du musicien. Un tel genre implique un renouveau de la biographie et un régime singulier de discursivité qu'il convient d'interroger précisément. Il ne s'agit pas de produire 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 visons, au

contraire, à étudier les pathographies existantes 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 – syphilis, tuberculose, cancer, Sida... –, mais aussi, dans le champ psychiatrique, schizophrénie et psychose maniaco-dépressive ou trouble bipolaire. Il convient d'étudier l'histoire de ces maladies et leurs descriptions médicales à travers traités et autres documents historiques, mais aussi d'examiner la manière dont ces maladies sont rapportées à des musiciens, à leurs œuvres ou à leurs interprétations, à leurs discours, ainsi qu'à des représentations musicales, voire opératiques.

3. Des études par disciplines médicales, en mesurant par exemple l'histoire de la pédiatrie à celle de l'enfance, vivace depuis le XIX^e siècle, de Schumann à Stockhausen ; l'histoire de la pneumologie, particulièrement efficiente dans le cas du romantisme tardif, à celle du souffle ; ou l'histoire de la cardiologie à celle du rythme, ce dernier point faisant signe vers le thème, séculaire, de la musique et du pouls, connu depuis Hérophile, que François Nicolas Marquet revivifie au XVIII^e siècle, et dans lequel s'inscrit une œuvre comme *Cardiophonie* (1971) de Heinz Holliger.

En 2022 :

- communication à l'Université de Strasbourg, dans le cadre du colloque Temps et psychose, approches croisées (3-4 mars 2022) : « Morcellements et autres altérations psychotiques du temps musical » ;
- préparation du colloque Musique et Maladie (Ircam, octobre 2023).

Équipe Analyse et synthèse des sons (A/S)

Responsable : Axel Roebel

■ Introduction

L'année 2022 a été marquée par de multiples réalisations qui ont permis de valider différents choix effectués les années précédentes. Notons tout d'abord l'article "A Differentiable Piano Model for MIDI-to-Audio Performance Synthesis" du doctorant Lenny Renault, qui a reçu le prix du meilleur article de la conférence DAFx. Étant donné qu'il s'agissait du premier article de Lenny, nous sommes très heureux de ce résultat. L'article démontre l'intérêt de combiner des modules de traitement du signal (DSP) avec des réseaux neuronaux profonds (DNN) pour résoudre des problèmes de synthèse.

L'une des décisions importantes de l'année précédente concernait le choix d'une approche pour le traitement de la voix avec les réseaux neuronaux profonds. Il y a deux ans, il avait été décidé d'utiliser le spectrogramme mel comme représentation de la voix et de développer un vocodeur neuronal universel, construit maintenant en combinant des modules DSP et DNN. Alors qu'une analyse/resynthèse de haute qualité avec le vocodeur neuronal avait déjà été réalisée en 2021, il a pu être démontré en 2022 que les méthodes employées permettent d'obtenir une qualité suffisante pour une production télévisuelle (voir ci-dessous).

Une autre réalisation importante est la publication d'un nouveau logiciel de traitement de la voix appelé Circe, également

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	6	Revue à comité de lecture	3	Nationaux et régionaux : ANR TheVoice Région IdF MoVE ANR ARS	4	Apeira, CETH (Greece) Flux (Orléans) FhG IDMT (Allemagne) ISIR/Sorbonne Université LAM/Sorbonne Université LIA (Université d'Avignon) PSA (Paris) Univ. Huddersfield	Florian Hecker, Judith Deschamps, Jérôme Nika, Aida Shiraz, Sachie Kobayash
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	1	Conférences avec comité de sélection	10	Internationaux : AI4Media IRiMaS	2	(Royaume-Uni) Université Lumière Lyon 2 Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis	
Doctorants	8	Ouvrages et chapitres	0	Contrats industriels/via Amplify MetaSoundIndex UbiSoft De Gaulle Dalida CSR (SuperVP pour Radio) VoiceForger pour Gendarmerie	1/6		
Stagiaires	2	Thèses de doctorat et HDR	2				

construit sur le vocodeur neuronal mais cette fois combiné avec le Bottleneck Auto-Encoder, développé dans la thèse de doctorat de Frederik Bous. Le logiciel a été conçu pour la résidence artistique de Judith Deschamps, mais a déjà suscité l'intérêt de quelques autres compositeurs. Enfin, retenons la finalisation du nouvel algorithme d'alignement ADAGIO, basé sur un DNN, développé dans le cadre de la thèse de Yann Teytaut, doctorant dans le projet ANR ARS. ADAGIO devrait remplacer l'algorithme précédent, ircam-Align. Les avantages d'ADAGIO sont les suivants : le modèle peut être entraîné pour des langues arbitraires. Le temps d'entraînement est inférieur à une journée (le ré-entraînement d'ircam-Align nécessiterait des jours de préparation). ADAGIO a été combiné avec un nouvel algorithme de décodage de la représentation interne qui permet maintenant de l'utiliser pour aligner du texte avec des fichiers audio de plus de 2 heures (ircamAlign était limité

à quelques secondes). Enfin, notamment pour l'alignement de mots, il a été démontré qu'un modèle entraîné à aligner des mots en anglais peut être utilisé pour aligner des langues arbitraires. Ce modèle a été validé en pratique pour des études musicologiques de style de chant. À l'avenir, il devrait permettre de générer des données d'entraînement pour la synthèse vocale expressive à partir de livres en audio. De telles ressources n'étaient jusqu'à présent accessibles qu'aux grandes entreprises (Google).

Collaboration artistique

La résidence artistique de Judith Deschamps a permis de développer le logiciel Circe mentionné ci-dessus. Dans le cadre de cette résidence, l'équipe a également participé au film La Mue, présenté lors du festival Hors Pistes du Centre Pompidou en février 2022. Enfin, à la fin de l'année, Frederik Bous a aidé Judith Deschamps

à préparer l'installation an-other voice qui a été exposée en février 2023 au Casino Luxembourg au Luxembourg. Le logiciel Circe a parallèlement suscité l'intérêt des compositeurs du Cursus de l'Ircam pour créer les effets de *Né entre corps* d'Aida Shirazi (brahms no 58058), ainsi que pour *Day 0 – Trans-instrumentalism* de Sachie Kobayashi (brahms no 58061).

Valorisation

2022 enregistre de multiples collaborations avec Ircam Amplify, la plupart couronnées de succès. Un exemple remarquable en a été la création de la voix historique de Dalida pour l'émission *Hôtel du Temps* de Thierry Ardisson : <https://www.youtube.com/watch?v=seXKtSGf4U8&t=14s>. Les apports manuels en post-production ont été confiés à Sylvain Cadars mais ceux-ci ont été considérablement réduits en comparaison avec les algorithmes précédents.

La collaboration avec Ircam Amplify a d'abord bénéficié de financements par les projets de STMS (theVoice et ARS). Ceux-ci ont été complétés par le projet Dalida apporté par Ircam Amplify dès 2021. Les outils obtenus ont suscité l'intérêt du département Production de l'Ircam, et montrent plus généralement que la collaboration entre Ircam Amplify, STMS et l'Ircam peut être bénéfique à chacune des parties. Citons ensuite le projet Illumination (effet de rajeunissement d'un enfant acteur qui avait dépassé sa mue) et le projet De Gaulle avec *Le Monde* https://www.lemonde.fr/videos/video/2023/01/18/moi-general-de-gaulle-l-appel-du-18-juin-peut-il-etre-reconstitue_6158301_1669088.html (à 10 min 15 s). Ces projets ont fait l'objet d'une forte couverture médiatique. Enfin, des actions communes ont été menées avec Ircam Amplify lors de conseils scientifiques, de développements (projet d'anonymisation de voix avec C3N, pour la Gendarmerie nationale, projet RCS de *time scaling* SuperVP).

■ Traitement de la musique

Synthèse de la batterie par réseaux génératifs profonds

(Thèse d'Antoine Lavault, CIFRE Apeira)

Pour la synthèse de la batterie, l'apprentissage par GANs (Réseaux génératifs antagonistes) a été poursuivi pour une synthèse audio dans le domaine temporel. Pour contrôler la synthèse avec un nombre limité de paramètres, une supervision a été ajoutée : le type de fût ainsi que des paramètres perceptifs de haut niveau AudioCommons, réimplémentés pour une intégration « white box » (SMC22). En particulier en 2022, des études perceptives sur la qualité de la génération (EUSIPCO22) et du contrôle (DAFx20in22) ont été menées et démontrent les capacités de l'approche. Des résultats préliminaires sur le contrôle de la dynamique ont montré que la même méthode « white box » peut être réutilisée à partir d'une vérité terrain obtenue via un accéléromètre.

Ce travail fait l'objet de trois publications en conférences : SMC, EUSIPCO, DAFx.

Analyse de similarité musicale

(Guillaume Doras, Mathilde Abrassart, Stage Ircam Amplify)

Le système existant d'Ircam Version Identifier (IVI 1.1) reposait sur l'analyse de la similarité mélodique et la similarité harmonique des morceaux. L'objectif en 2022 était d'ajouter un composant permettant d'analyser la similarité des paroles entre différents morceaux. Un système a donc été développé, permettant 1) d'extraire une représentation temporelle et stochastique des paroles présentes dans l'audio ; 2) de compresser et de comparer cette représentation à celle de centaines de milliers d'autres morceaux dans une base. Ce système, basé sur plusieurs réseaux de neurones profonds, a permis d'établir le nouvel état de l'art en la matière. La solution a été implémentée dans la version IVI 1.2, et est utilisée par Ircam Amplify.

Publication : ISMIR 2022 (nominée pour le Best Paper Award).

Synthèse de sons de piano par méthode différentiable

(Thèse Lenny Renault, projet AI4Media)

La méthode se base sur l'approche DDSP (Differentiable Digital Signal Processing). Des synthétiseurs additifs et soustractifs différentiables sont contrôlés par des réseaux de neurones pour modéliser les enveloppes de partiels et les filtres du bruit, ainsi qu'un module de réverbération en bout de chaîne. Cette approche initialement monophonique a été étendue au cas polyphonique du piano. Pour aider le modèle à reproduire le plus fidèlement le son du piano, des informations liées à la physique sont introduites, comme l'inharmonicité du piano. Le modèle est appris sur de performances réelles issues du corpus MAESTRO, contenant l'audio et la performance au format MIDI.

Publication : DAFx20in22 (Best Paper Award).

Développement de descripteurs audio lié à l'acoustique des salles

(Thèse Maria Larrosa Navarro, Rémi Mignot)

Dans ce projet, nous nous sommes intéressés à concevoir des descripteurs audio permettant de mettre en valeur l'effet de la réverbération de salle dans des enregistrements. Cette tâche est liée à un projet plus large qui tente d'expliquer comment le compositeur espagnol Antonio Soler, au XVIII^e siècle, a composé certaines pièces pour des espaces spécifiques. L'étude s'est concentrée sur deux aspects : 1) la conservation de l'intelligibilité de la musique est prise en compte pour le développement de descripteurs inspirés du *modulation spectrum* ; 2) l'interférence des harmoniques, amplifiée par la réverbération, est étudiée via un descripteur inspiré de la *roughness*, descripteur de rugosité qui mesure la dissonance d'un son. Après l'enregistrement de nouvelles pièces d'Antonio Soler, nous pourrions évaluer les effets de réverbération des salles et étudier le lien entre les compositions et les lieux pour lesquels elles ont été écrites.

Licences d'analyses d'enregistrements musicaux
(Rémi Mignot)

Les activités de recherche et de développement d'analyse audio dans le cadre de contrats commerciaux se sont poursuivies en 2022 en collaboration avec Ircam Amplify, avec néanmoins une baisse des activités. Un travail a également été mené sur un démonstrateur pour le projet AI4Media.

■ Traitement de la voix

Alignement avec des réseaux profonds

(Thèse Yann Teytaut, projet ANR ARS)

Cette thèse s'intéresse à l'alignement temporel automatique entre des signaux de voix et leurs données symboliques (textes et notes). Le système développé, ADAGIO, est un réseau profond convolutionnel renforcé par des contraintes temporelles pour son apprentissage. ADAGIO a permis une étude fine de l'expressivité vocale tant pour la parole (stratégies de production des attitudes sociales) que la voix chantée (étude musicologique du style de chant), au travers de collaborations et publications fructueuses. Des expériences de robustesse à des textes imparfaits et le cas d'alignements très longs ont été abordés (collaboration G. Doras). De premières expériences d'utilisation d'ADAGIO pour l'alignement phonétique des voix existant dans ISiS ont été effectuées. La thèse est en cours de rédaction et sera soutenue en 2023.

Génération des gestes corporels et des expressions faciales à partir de la parole

(Thèse Mireille Fares co-encadrée avec C. Pelachaud à l'ISIR et financée par le SCAI, soutenue le 15 février 2023)

Une première architecture neuronale « transformer » a été implémentée pour générer le comportement multimodal (gestes corporels et expressions faciales) d'un agent conversationnel incarné (ECA) à partir du texte et d'un signal de parole sous forme de spectrogramme mel. Une seconde architecture par transfert de style « zero-shot » a été réalisée pour conditionner la génération à

partir d'un encodage du style issu du comportement multimodal d'un locuteur cible. Des évaluations objectives et subjectives sont en cours de finalisation pour évaluer les travaux réalisés.

Conversion neuronale des attitudes sociales dans un signal de parole

(Thèse Clément Le Moine, projet MoVE Région Île-de-France avec STELLANTIS – soutenue le 27 février 2023)

Une architecture neuronale de conversion de représentation d'un signal de parole en spectrogramme mel a été réalisée à partir d'une architecture « transformer » et apprise sur une base de données parallèle (les mêmes textes sont prononcés dans des attitudes variées) et pour un seul locuteur sur la base Att-HACK créée dans le cadre de cette thèse. Le signal de parole converti est reconstruit avec le vocodeur neuronal développé dans l'équipe. Pour pallier la dégradation observée lors de l'application de la conversion sur de nouveaux textes, un encodage explicite du contenu linguistique a été ajouté. Une version multilocuteur test est en cours de finalisation pour adapter la conversion en fonction des stratégies spécifiques d'un locuteur.

Manipulation des attributs de la voix par apprentissage de représentations neuronales démêlées

(Thèse Léane Salais)

L'objectif de cette thèse est de réaliser une architecture neuronale permettant d'encoder un signal de parole de manière structurée selon un ensemble d'attributs complémentaires et interprétables (par exemple: l'identité, le texte, le genre, l'âge ou l'accent). La première année de thèse a principalement consisté à sélectionner les architectures neuronales exploitables pour la manipulation des attributs vocaux, inspirées directement de la manipulation des attributs d'un visage ou plus fondamentalement des stratégies neuronales de démêlage de l'information, par exemple par mesure de l'information mutuelle entre les codes représentant les attributs. Ces algorithmes sont en cours d'implémentation et seront

comparés expérimentalement avec des évaluations objectives et subjectives sur une tâche de manipulation du genre ou de l'accent.

Vocodeur neuronal

(Axel Roebel, Frederik Bous)

Les activités de recherche sur notre vocodeur neuronal universel MBExWN se sont poursuivies en 2022. Un article de presse a été soumis et accepté. Par la suite, nous avons continué à travailler sur la robustesse du modèle et sur les stratégies d'apprentissage plus rapides.

Transformation de la voix par réseau profond

(Thèse Frederik Bous, contrat doctoral Sorbonne Université, projet ARS)

Cette recherche est liée au projet ANR ARS et à la résidence artistique de Judith Deschamps. Comme premier objectif, nous avons concentré notre étude sur la transposition des hauteurs. Nous avons continué le travail sur l'algorithme de transformation de la hauteur de la voix en utilisant un auto-encodeur avec « *information bottleneck* » qui transforme le spectrogramme mel. Un article sur la transformation de la fréquence fondamentale a été publié. En outre, nous avons mis au point une technique d'estimation du niveau de la voix qui permet d'extraire le niveau de la voix à partir d'enregistrements vocaux sans annotations explicites. Ce paramètre de niveau vocal peut être utilisé en plus du paramètre de fréquence fondamentale dans l'auto-encodeur à goulot d'étranglement pour modifier le niveau vocal. Un article sur la transformation du niveau de la voix a été soumis à l'ICASSP 2023 et a été accepté pour publication.

Séparation du chant

(Alice Cohen-Hadria, Yann Teytaut, Guillaume Doras, Axel Roebel/ projet ANR ARS)

Dans le contexte du projet ARS, nous devons séparer le chant de la musique de fond afin de mieux pouvoir analyser le style de chant

employé. En nous basant sur une nouvelle structure de réseau qui a été publiée en 2021 et en apprenant avec une base interne de musique, nous avons finalement pu produire un modèle de séparation qui remplit toutes les attentes du projet ARS. Ce réseau tourne plus rapidement que le temps réel sans avoir besoin de processus GPU et obtient une séparation qui, en moyenne, est caractérisée par un SDR (*source-to-distortion ratio*) légèrement au-dessus de 9 dB (plus ou moins l'état de l'art). Par conséquent, nos collègues musicologues dans le projet ARS vont pouvoir établir le service web d'annotation automatique du chant avec un serveur qui tournera sans GPU, ce qui réduira considérablement l'impact environnemental du service. Le service web est en cours de construction pour être opérationnel en 2023.

Conversion de l'identité vocale

(Axel Roebel, Sylvain Cadars, Amplify)

L'algorithme de conversion d'identité développé sur la base des recherches effectuées dans le projet theVoice a été raffiné dans le cadre de la première production d'une voix historique expressive. Le projet de la reconstitution de la voix de la chanteuse Dalida a été mené avec succès avec Ircam Amplify. La voix est apparue dans l'émission *Hôtel du Temps* de Thierry Ardisson le 3 mai 2023 sur France 3. Le résultat a été bien reçu. Grâce à ce succès, d'autres projets similaires ont pu être effectués. Une production avec la voix d'Isaac Asimov (en anglais) a été effectuée avec une qualité satisfaisante pour le producteur du film. Cependant, elle n'a finalement pas été utilisée pour des questions de droits. À la fin de l'année, nous avons pu finaliser une 3^e expérience en collaboration avec *Le Monde* et Ircam Amplify afin de reconstituer la voix du général de Gaulle dans son Appel du 18 juin 1940. Pour ce dernier projet, nous avons pu développer une méthode permettant d'intégrer des enregistrements de la voix cible effectués à plusieurs endroits.

Résidence en recherche de Judith Deschamps

(Judith Deschamps, Frederik Bous, Axel Roebel)

Le projet de la résidence est de reproduire le chant *Quell'usignolo che innamorato* (« Ce rossignol qui est en amour ») composé par Giacomelli, que le castrat italien Farinelli aurait interprété pour le roi d'Espagne Philippe V. Dans la continuité du projet de recréation de la voix de Farinelli par l'Ircam en 1994, cette résidence s'appuie sur les avancées du traitement du signal vocal et de l'apprentissage profond, en expérimentant les techniques développées dans le projet ARS et dans la thèse de Frederik Bous, le projet étant de produire un chanteur hybride intégrant quatre chanteurs individuels (ténor, contre-ténor, soprano et soprano enfant) interprétant différents segments de ce chant. En 2022, J. Deschamps a terminé une première version de son film documentaire *La Mue* sur la recréation de la voix de Farinelli. Le film a été projeté lors du festival ManiFeste en juin. Afin de permettre à J. Deschamps d'expérimenter avec l'algorithme, un nouveau logiciel – Circe – a été développé et a été mis à disposition sur le Forum de l'Ircam. Circe permet la modification de la hauteur et de l'intensité pour des voix chantées et parlées en utilisant l'algorithme développé dans la thèse de Frederik Bous. Pour exposer la voix de Farinelli dans une installation, nous avons travaillé sur un algorithme d'improvisation automatique qui réarrange la voix transformée pour produire des variations de la chanson originale.

UPI ISiS Voices

(Carlo Laurenzi, Yann Teytaut, Axel Roebel)

Les travaux sur la création de nouvelles voix couvrant anglais et français ont commencé. Nous avons produit une liste de mots recouvrant les diphtongues de la langue anglaise. Les premiers enregistrements ont débuté en janvier 2023. Nous allons par la suite faire des tests avec l'algorithme ADAGIO afin d'établir une méthode documentée pour la création d'une nouvelle voix dans ISiS. Cela permettra au département de la production de produire une nouvelle voix en fonction des besoins de productions particulières.

Équipe Espaces acoustiques et cognitifs (EAC)

Responsable : Olivier Warusfel

L'année 2022 a été marquée par la fin de quatre thèses de doctorat couvrant une grande partie des axes de recherche de l'équipe : la thèse de Pierre Massé sur l'analyse temps-fréquence-espace des réponses impulsionnelles directionnelles ; la thèse de Vincent Martin sur la perception de distance des sources dans le contexte de la réalité augmentée audio ; la thèse de Franck Zagala sur les simulations acoustiques pour les applications de réalité virtuelle ; et enfin celle de Franck Elisabeth sur la mesure de la surdité attentionnelle. Les travaux sur les réverbérateurs hybrides capables de traiter le cas de salles complexes ont bénéficié de l'arrivée dans l'équipe fin 2021 de Benoît Alary, et d'un travail de collaboration avec l'Académie des sciences de Vienne pour l'identification des premières réflexions dans les réponses impulsionnelles directionnelles. Différents travaux ont pu être réalisés dans le cadre du projet ANR HAIKUS autour de l'exploitation des méthodes d'apprentissage machine appliquées aux problèmes rencontrés dans les applications de réalité augmentée. L'équipe s'est également réjouie de l'affectation de Coralie Vincent (IE-CNRS) pour collaborer avec les équipes EAC, ISMM et PDS autour des projets de recherche relatifs à l'axe son/musique/santé. De nombreux développements ont été réalisés pour enrichir la palette d'outils de spatialisation dans le format Ambisonics. Enfin, 2022 a vu le succès de la soumission du projet PIA4 Continuum qui permettra

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	6	Revue à comité de lecture	3	Nationaux et régionaux ANR HAIKUS ANR RASPUTIN Fondation VISAUDIO PIA4 CONTINUUM	4	AALTO Helsinki (FI) ARI-ÖAW (AUT) CNSMDP (FR) HiSOMA (FR) IRBA (FR) LAM-IJLRA (FR) LORIA (FR) MPIA-IJLRA (FR) NEW-YORK Univ. (USA) NMH (NO) UNIV. LILLE (FR)	N. Barrett C.-E. Cella A. Einbond O. Neuwirth
Chercheurs et ingénieurs non statutaires. Chercheurs, compositeurs et artistes invités	4	Conférences avec comité de sélection	5	Internationaux	0		
Doctorants	5	Ouvrages et chapitres	1	Contrats industriels Amadeus Flux	2		
Stagiaires	3	Thèses de doctorat/HDR	4				

de travailler sur les questions de transcodage Ambisonics vers binaural et sur différents modules de spatialisation pour la réalité virtuelle. Ce projet comprend également un volet sur la réverbération active avec la perspective d'une intervention sur le site de l'abbaye de Royaumont pour y recréer l'acoustique de l'abbatiale aujourd'hui disparue.

■ Outils pour la production Ambisonics

Depuis plusieurs années, le format Ambisonics est largement adopté dans les productions artistiques de l'Ircam. Ces usages soulèvent un certain nombre de questions pratiques ; afin d'y répondre et d'enrichir nos outils de production Ambisonics, nous avons réalisé les trois études suivantes :

Réduction horizontale d'un flux Ambisonics 3D

Les prises de son Ambisonics s'appuient sur des réseaux sphériques de microphones, tel l'Eigenmike EM32. Les signaux captés sont encodés dans le format Ambisonics 3D par le formalisme des harmoniques sphériques. Le décodage d'un tel flux 3D sur un dispositif horizontal (2D) de haut-parleurs pose question, car les représentations bi- et tridimensionnelles ne sont pas immédiatement compatibles. Pour réaliser cette réduction 2D, une approche naïve (mais fréquemment observée en pratique) consiste à ignorer

les harmoniques tessérales et zonales pour ne conserver que les composantes sectorielles du flux Ambisonics. Toutefois, cet élagage brutal de la représentation harmonique engendre une déformation spatiale du champ sonore : on peut notamment observer des lobes secondaires indésirables sur le diagramme de directivité équivalent (cf. figure 1). Nous avons élaboré une nouvelle approche (Carpentier 2022) basée sur la décomposition en ondes planes du champ sonore 3D originel, suivi d'un ré-encodage 2D des ondes planes selon le formalisme des harmoniques cylindriques. Nous avons montré que cette méthode est formellement équivalente au transcodage du flux SN3D en SN2D via des facteurs de conversion de normalisation. Lors du décodage sur un dispositif horizontal de haut-parleurs, l'approche proposée permet de préserver des effets de latéralisation induits par les informations d'élévation, comme cela a déjà été rapporté par Daniel *et al.*

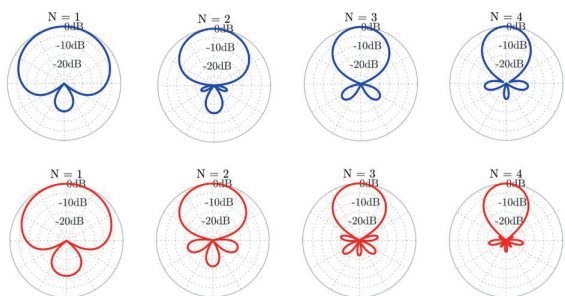
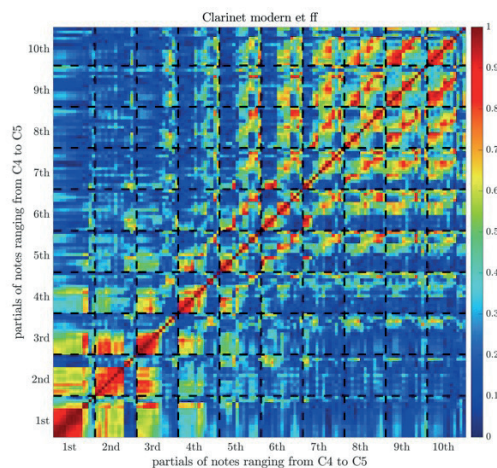


Figure 1. Diagramme de directivité équivalent pour une source virtuelle d'incidence ($45^\circ, 0^\circ$), encodée en Ambisonics 3D, puis projetée en 2D. En haut (bleu) : en appliquant un transcodage via décomposition en ondes planes. En bas (rouge) : en ignorant naïvement les harmoniques tessérales et zonales de la représentation 3D, pour ne conserver que les harmoniques sectorielles. Les résultats sont affichés pour un ordre d'encodage maximal $1 \leq N \leq 4$.

Corrélation sphérique et alignement rotationnel

Dans le cadre de la résidence artistique du compositeur Aaron Einbond, nous avons consacré une étude à l'opérateur de corrélation sphérique. Un objectif de cette résidence est d'enrichir les techniques de synthèse par corpus en intégrant des descripteurs spatiaux. Nous exploitons pour cela une base de données (publiée par TU Berlin) de diagrammes de rayonnement d'instruments orchestraux, et nous cherchons à déterminer des descripteurs directionnels permettant de classifier ce corpus. L'opérateur de corrélation sphérique permet de calculer la similarité entre deux diagrammes de directivité, par produit scalaire entre les spectres de Fourier spatiaux correspondants. Elle fournit donc un indicateur très synthétique permettant l'analyse du corpus. Nous avons proposé (Carpentier et Einbond 2022) plusieurs types de représentations graphiques pour visualiser les similarités intra- et inter-instruments (cf. figure 2). À partir de la matrice de similarités par paires d'instruments, il est possible de réaliser une analyse MDS (*Multidimensional scaling*) et ainsi de « clusteriser » le corpus ; il



est alors envisageable de naviguer dans l'espace cartésien de projection « à la CataRT ».

Par ailleurs, le formalisme de corrélation sphérique permet de réaliser l'alignement rotationnel de motifs sphériques, c'est-à-dire qu'il est possible de déterminer la matrice de rotation permettant la « superposition » optimale de figures de rayonnement. Ceci permet par exemple de comparer la directivité de deux instruments, indépendamment de leurs orientations. Par exemple, on peut détecter certaines similarités entre le rayonnement (à certaines fréquences) d'un basson et d'un trombone, en dépit de leurs positions de jeu distinctes. L'alignement rotationnel ouvre également de nouvelles perspectives créatives pour la concaténation et l'interpolation de motifs directionnels.

Ces différentes techniques ont été mises en œuvre dans *Prestidigitation*, étude pour percussion d'Aaron Einbond, dans laquelle les échantillons de synthèse concaténative sont projetés spatialement par un réseau compact de haut-parleurs IKO, en improvisant dans l'espace des directivités d'instruments de la base de données TU Berlin.

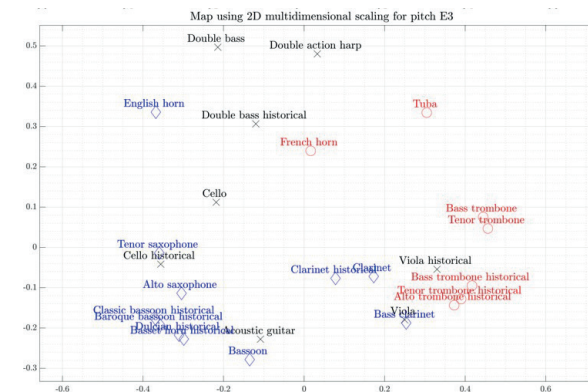


Figure 2. À gauche : matrice de corrélations croisées, pour le rayonnement d'une clarinette ; les axes x et y sont organisés par partiels : chaque bloc contient une gamme chromatique (do4 à do5), et les blocs successifs contiennent les différents partiels de chacune des notes. Le long de la diagonale, on observe un motif « en damier » qui indique que le rayonnement change abruptement à certaines notes ; ces transitions correspondent au changement de registre de la clarinette, et suggèrent que le doigté et l'utilisation de la clé de douzième ont un impact majeur sur le diagramme de directivité. À droite : exemple de projection MDS des instruments, selon leur rayonnement (ici pour la note m3) ; le code couleur correspond aux trois grandes catégories attendues d'instruments : en rouge, les instruments ayant un pavillon principal de rayonnement (cuivres) ; en bleu, les instruments présentant plusieurs trous de rayonnement (bois) ; en noir, les instruments avec une structure vibrante complexe (cordes).

Décodage binaural d'un flux Ambisonics

Le décodage sur casque (en binaural) d'un flux Ambisonics est l'objet de nombreuses recherches ces dernières années. Cette opération pose un certain nombre de défis, liés notamment à la différence de résolution spatiale entre les HRTFs utilisées (qui contiennent une énergie significative pour des harmoniques sphériques d'ordres élevés, $N \geq 30$) et les flux Ambisonics à décoder (qui sont généralement d'ordre bien inférieur, typiquement 3 à 7). Cette réduction d'ordre engendre divers artefacts, spatiaux et spectraux, qui sont problématiques pour la plupart des cas d'usage (notamment productions musicales). Dans le cadre de l'Unité Projet Innovation (UPI) BAD (Binaural Ambisonics Decoder), nous avons entamé une étude, objective et perceptive, de différentes techniques de transcoding issues de l'état de l'art. Pour pallier les limites et les défauts des approches existantes, nous avons développé un premier prototype de décodeur qui réalise un rendu séparé des indices temporels (ITD) et spectraux (filtres à phase minimale). Ce travail se poursuivra en 2023, dans le cadre du projet PIA4 Continuum, et nous prévoyons d'implémenter le décodeur binaural sous forme de plugin Wwise, pour exploitation dans les environnements de réalité virtuelle.

■ Caractérisation de l'anisotropie du champ réverbéré dans une salle

L'utilisation d'un microphone sphérique permet de mesurer l'empreinte acoustique d'un champ sonore sphérique, communément appelé « réponse impulsionnelle directionnelle » (DRIR). Une DRIR peut être utilisée directement pour reproduire l'effet de réverbération d'une salle par convolution, mais permet également une analyse plus approfondie des caractéristiques du champ sonore réverbéré.

Grâce à une campagne de mesures réalisée en 2021, une base de données de DRIR a été collectée à l'Opéra d'Helsinki en Finlande. Lors de cette campagne, un microphone sphérique a été déplacé successivement afin de caractériser le champ acoustique en une centaine de sièges différents. En 2022, des travaux d'analyse de cette base de données ont été entamés pour étudier les caractéristiques anisotropes et inhomogènes du champ sonore tridimensionnel résidant dans la salle (figure 3). Plus précisément, ces travaux permettent d'étudier l'évolution de la réverbération tardive dans le temps et l'espace. En effet, en comparant la décroissance énergétique directionnelle d'un siège à un autre, nous pouvons, entre autres, observer l'influence de certains attributs architecturaux sur le champ sonore. Toutefois, dans un contexte de reproduction sonore, nous ne sommes pas nécessairement en mesure de percevoir toutes les caractéristiques directionnelles captées par ces microphones. Ainsi, un des intérêts principaux de cette étude est d'établir le niveau de détail optimal lors de la reproduction sonore d'un champ sonore réverbérant. En ce sens, l'analyse de la décroissance énergétique permet d'observer les écarts entre une direction spécifique et une moyenne isotrope. Ainsi, une meilleure compréhension de ces déviations énergétiques permet d'établir les critères nécessaires au développement d'algorithmes de réverbération directionnelle préservant cette anisotropie.

Un autre enjeu important de cette base est la reproduction sonore de l'acoustique de la salle selon six degrés de liberté, c'est-à-dire impliquant une navigation totalement libre, entre différents points de mesure. Pour ce faire, des résultats d'analyse de temps de réverbération, pour un ensemble de bandes de fréquences et de directions, sont utilisés pour paramétrer un réverbérateur directionnel. Les paramètres de décroissance directionnelle du réverbérateur peuvent ensuite être modulés de manière continue pour simuler l'effet sonore perçu, en interpolant les valeurs d'analyse des points de mesures existants.

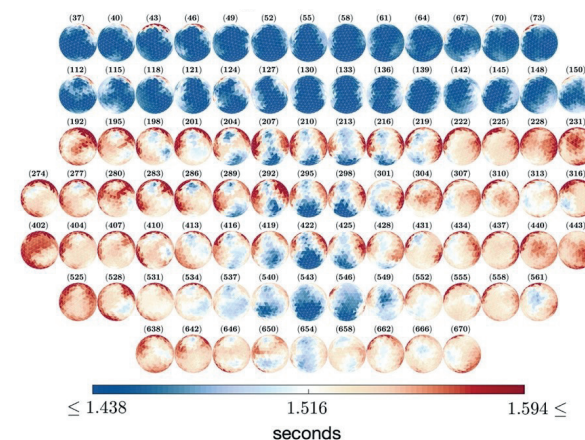


Figure 3. Variation du temps de réverbération (en secondes) observé dans la bande de fréquence 3 à 5 kHz à l'Opéra d'Helsinki en fonction de la position dans la salle et pour chaque siège en fonction de la direction. La scène est située en haut de l'image et la source est positionnée sur la droite de la scène.

■ Module de réverbération directionnelle

Contrairement aux réverbérateurs à convolution, un réverbérateur paramétrique permet de produire un effet de réverbération sans devoir, au préalable, effectuer des mesures acoustiques dans une salle. Les réverbérateurs multicanaux traditionnels, basés sur des lignes de retard rebouclées, requièrent une recirculation constante d'un signal et permettent d'obtenir plusieurs signaux de sortie décorrélés partageant les mêmes caractéristiques de décroissance énergétique. Par conséquent, ils ne permettent pas de produire un champ acoustique anisotrope. Un prototype de réverbérateur directionnel multicanal a été développé et intégré à la librairie du Spat. Il permet, entre autres, de définir des caractéristiques de réverbération pour un ensemble de directions et de distribuer le signal approprié automatiquement sur un ensemble de haut-parleurs distribués dans l'espace. Un tel réverbérateur

directionnel offre un espace de contrôle assez complexe. Des simplifications ont été opérées pour assurer un rendu en temps réel efficace et une prise en main facile de l'outil dans un contexte créatif. Des échanges avec plusieurs artistes et réalisateurs en informatique musicale ont permis de faire évoluer cet outil en cours d'année. Une première démonstration publique a eu lieu lors d'un colloque à Helsinki ("Spatial variations for a Hank drum", Tuomas Norvio et Benoît Alary, septembre 2022) et une production de l'Ircam à l'Espro a utilisé cet outil ("I am Blood", Carmine-Emanuele Cella, février 2023).

■ Réverbérateur hybride

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet ANR RASPUTIN et a été réalisé en collaboration avec l'Académie des sciences de Vienne (Autriche).

La mesure de réponses impulsionnelles spatiales de salles par des antennes sphériques de microphones (*spherical microphone array*, SMA) permet la reproduction tridimensionnelle de l'effet de réverbération de salle par convolution multicanal sur des dispositifs sonores immersifs. L'avantage de cette approche est que la réponse impulsionnelle représente l'empreinte acoustique exacte de l'espace mesuré ; cependant, une mesure donnée demeure statique par nature. De plus, l'opération de convolution multicanale est très coûteuse en puissance de calcul numérique. Certaines méthodes paramétriques cherchent à contourner ces problèmes en décomposant la réponse impulsionnelle trame par trame en une composante entièrement directionnelle et une autre parfaitement diffuse. Les réverbérateurs hybrides cherchent plutôt à alléger le coût de calcul en reproduisant la queue de réverbération par un réseau de retards rebouclés, limitant la convolution aux réflexions précoces. Une analyse de la réponse mesurée permet de modéliser la queue de réverbération tardive et de paramétrer correctement le réseau de retards qui la reproduit. Les caractéristiques de la réverbération tardive peuvent ensuite être facilement modifiées en manipulant les paramètres du réseau. Une modélisation des

premières réflexions permettrait quant à elle de modifier la partie précoce de la réponse, ouvrant ainsi la voie à une manipulation complète de l'effet de réverbération.

Nous proposons une méthode de détection et de caractérisation des premières réflexions basée sur le formalisme de la fonction d'onde de Herglotz. Ce formalisme permet de décrire le champ mesuré par un SMA comme une superposition d'ondes planes munies d'un noyau (Herglotz kernel) représentant la probabilité de la présence de l'onde sur la surface de la sphère. La localisation des réflexions incidentes dans une trame temporelle donnée passe alors par une détection de pics sur une fonction de localisation construite à partir d'une estimation des noyaux de Herglotz. Ici, cette fonction de localisation est modélisée par une superposition de gaussiennes radiales dont les paramètres sont estimés à travers une descente de gradient. Ces paramètres donnent à leur tour une estimation des directions d'arrivée (*direction of arrival*, DoA) des échos incidents ainsi que de leurs amplitudes relatives. Cette approche présente un taux de détection plus élevé que les méthodes plus classiques par formation de voies (SRP, *steered response power*; maxWDI, *maximum weighted directivity index*) et classification multiples des signaux (MUSIC, *multiple signal classification*) (figure 4).

■ Auralisation de volumes couplés et modèle de radiosité

Dans le cadre de la thèse de Franck Zagala (direction Brian Katz, SU et Markus Noisternig) et du projet RASPUTIN consacré au développement d'un moteur temps réel d'auralisation de salle, la topologie des lieux d'intérêts nous a poussés à examiner comment les volumes couplés peuvent être simulés et auralisés de manière efficace. Tout particulièrement, les propriétés de la réverbération tardive dans de tels lieux rendent l'auralisation délicate car elles impliquent l'utilisation de réverbérateurs à décroissance multi-exponentielle.

À cette fin, une méthode a été développée pour identifier les caractéristiques de décroissance des volumes couplés à partir des

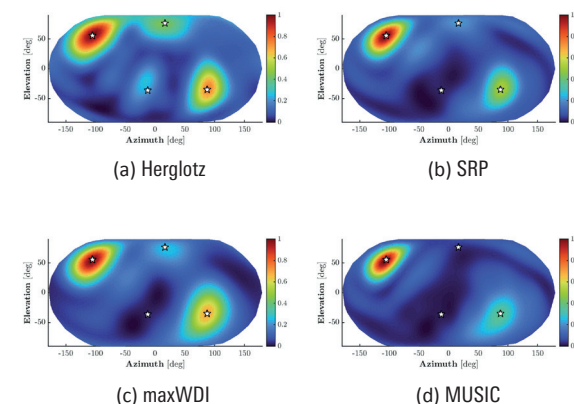


Figure 4. Fonction de localisation pour une trame contenant 4 échos placés à $\Omega_1 = [-120^\circ, 45^\circ]$, $\Omega_2 = [22.5^\circ, 60^\circ]$, $\Omega_3 = [90^\circ, -22.5^\circ]$ et $\Omega_4 = [-11.25^\circ, -30^\circ]$, respectivement. Les deuxième, troisième, quatrième impulsions sont respectivement synthétisées à -6 dB, -2.5 dB et -12 dB par rapport à la première. La sphère est représentée par une projection Equal Earth. a) L'approche proposée (Herglotz); b), c), d) localisation par formation de voies (SRP, *Steered Response Power*; maxWDI, *maximum weighted directivity index*) et classification multiples des signaux (MUSIC).

propriétés géométriques du lieu. Plus particulièrement, l'échange entre deux salles implique une recirculation continue d'énergie qui est distribuée de façon inhomogène. Cet aspect rend particulièrement complexe l'estimation de paramètres de réverbération en utilisant les méthodes classiques telles que la formulation de Sabine. En se basant sur les techniques de radiosité acoustique qui permettent de décrire la propagation acoustique et le régime de réverbération sous hypothèse de réflexion diffuse sur les parois, la méthode proposée prend en compte l'ouverture entre les deux volumes et une distribution hétérogène des matériaux absorbants. À partir des résultats ainsi obtenus, une méthode d'optimisation estime les paramètres de décroissance qui varient en fonction des positions de la source et du récepteur. L'auralisation de cet effet acoustique repose sur un modèle de réverbérateur artificiel,

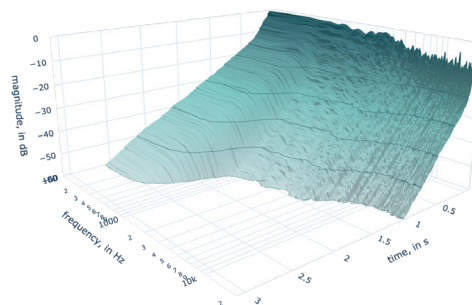
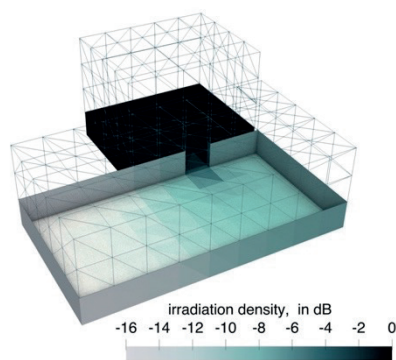


Figure 5. À gauche : distribution de la densité d’irradiation dans le cas de deux volumes couplés en régime de décroissance libre. De larges variations sont observables, notamment à proximité de l’ouverture. À droite : profil temps-fréquence de la décroissance énergétique du réverbérateur.

basé sur un réseau de retards rebouclés (FDN Feedback Delay Network), conçu pour exploiter ces paramètres et produire des signaux à décroissance multi-exponentielle, pondérés selon la position et l’orientation de la source et du récepteur. Les signaux de sortie sont encodés en format Ambisonics ou binaural pour une reproduction sonore spatialisée (figure 5).

■ Perception auditive spatiale en contexte de réalité augmentée

La réalité augmentée audio consiste à intégrer des sources sonores virtuelles dans un environnement réel. Ceci requiert de reproduire de manière précise la localisation auditive de ces sources dans l’espace ainsi que leurs caractéristiques de rayonnement et leur interaction avec les propriétés acoustiques de la salle. L’objectif de l’étude, effectuée dans le cadre de la thèse de Marta Gospodarek (direction Agnieszka Roginska, NYU) est d’apprécier le degré de plausibilité de différentes méthodes de rendu acoustique dans une situation de réalité augmentée et d’évaluer ces méthodes selon un ensemble d’attributs auditifs spatiaux. L’évaluation a été menée sous la forme d’un test perceptif au cours duquel les participants écoutaient différents stimuli de parole, soit diffusés sur différents haut-parleurs réels répartis dans la salle, soit par des sources virtuelles restituées sur casque d’écoute et simulant

ces mêmes haut-parleurs situés aux mêmes emplacements. Le traitement de spatialisation des sources virtuelles reposait sur différentes approches modélisant l’effet de la salle soit à partir de sa description géométrique, soit à partir d’une réponse impulsionnelle mesurée in situ et modulée en fonction de la position relative du participant par rapport aux sources virtuelles. L’une des originalités du protocole était de comparer la situation où l’auditrice ou l’auditeur est en mouvement et celle où elle ou il peut déambuler et apprécier la plausibilité de la scène suivant différentes perspectives. Cette année a été consacrée à l’analyse des corrélations entre les jugements de plausibilité de la scène et des attributs tels que la précision de localisation, la qualité de reproduction de la réverbération ou du timbre ou l’externalisation. Concernant la plausibilité, les méthodes de simulation se trouvent remarquablement proches de la réalité, à l’exception des sources excentrées et lointaines. Il est notable que la notion de plausibilité n’est pas binaire. Ainsi, même certaines sources réelles ont été jugées moins « plausibles » que d’autres. Les premiers résultats concernant la situation de déambulation ont été présentés à la conférence AES AVAR (Gospodarek et Warusfel, AES – AVAR, 2022). Les analyses se poursuivent pour tenter de relier ces résultats avec une caractérisation objective et pour comparer les situa-

tions statiques et en mouvement. Marta Gospodarek est en phase de rédaction de son manuscrit pour une soutenance prévue fin 2023.

■ Modulation spatiale des liens entre indices auditifs et activation du système de défense

L’espace n’est pas traité de façon uniforme par le système nerveux central, et différents mécanismes sont impliqués selon la distance entre le corps percevant et les objets composant l’espace. Les réactions comportementales sont fortement dépendantes de la proximité avec un objet, selon qu’il représente une menace potentielle ou au contraire un réconfort. Afin d’identifier les traits sonores contribuant à la perception de la menace, nous avons étudié les liens entre valence 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). Dans un nouveau protocole impliquant cette fois-ci des sons naturels (initié dans le cadre du stage de Chloe O’Neill, M1 BIP – SU), nous avons opposé un son d’oiseau sans rugosité à un son d’oiseau

auquel nous avons rajouté de la rugosité (modulation d'amplitude à 100 Hz). Avec une tâche de détection tactile permettant d'observer 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 avait été jugé comme positif. Le seul ajout de rugosité a provoqué un mécanisme de défense, sans modifier la valence émotionnelle de façon dichotomique.

■ Individualisation des HRTFs et apprentissage machine

Cette étude, partie du projet ANR HAIKUS, traite de l'estimation en aveugle des fonctions de transfert liées à la tête (HRTF) qui sont spécifiques à chaque individu et nécessitent idéalement un protocole de mesure complexe dans des conditions contrôlées (environnement anéchoïque et signaux de mesures calibrés, positions successives de la source connues). L'approche proposée vise à sélectionner automatiquement dans une base de données de HRTF celles qui correspondent le mieux à l'auditeur. Cette sélection s'effectue par apprentissage machine sur la base de *selfies binaurales*, c'est-à-dire des signaux enregistrés par l'auditeur équipé de microphones intra-auriculaires dans des environnements arbitraires, sans connaissance a priori ni du signal émis par la source ni de sa position ou de son mouvement par rapport à l'auditeur. L'approche s'appuie sur des méthodes d'IA de la littérature capables d'estimer la direction d'incidence d'une source sonore dans un signal binaural. Ce modèle est entraîné tour à tour sur différents jeux de HRTFs de la base. Les caractéristiques ainsi extraites, c'est-à-dire la trajectoire estimée de la source ou l'évolution temporelle des paramètres latents du modèle, sont ensuite exploitées par un modèle de classification complémentaire qui vise à déterminer leur vraisemblance selon le jeu de HRTFs considéré (cf. figure 6). La mobilité de l'auditeur au cours de l'enregistrement est un atout pour accumuler progressivement des connaissances sur ces caractéristiques spatiales, améliorant ainsi la confiance lors de l'estimation de la vraisemblance du jeu de HRTF sélectionné. Différentes

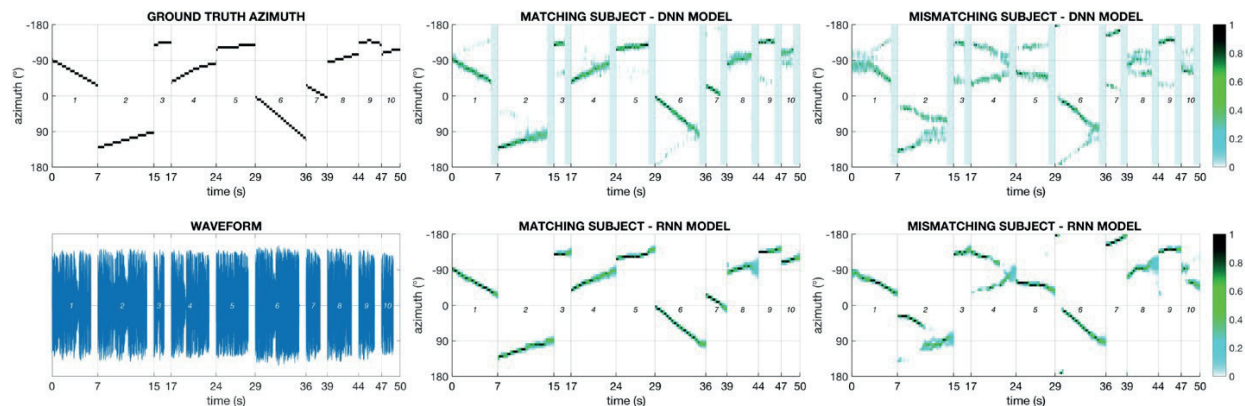


Figure 6. Estimation de la trajectoire (en azimut) d'une source spatialisée avec différents jeux de HRTFs. À gauche : forme d'onde (en bas) de 10 courts extraits de parole et visualisation (en haut) de la trajectoire en azimut appliquée à ces signaux. Au milieu : estimation de la trajectoire lorsque celle-ci est générée avec le jeu de HRTFs correspondant à celui utilisé pour l'entraînement des modèles (DNN en haut et RNN en bas). À droite : estimation de la trajectoire lorsque celle-ci est générée avec un jeu de HRTFs différent de celui utilisé pour l'entraînement du modèle. Dans ce dernier cas, on observe de nombreuses instabilités de trajectoire (notamment pour le modèle DNN) qui témoignent de l'inadéquation du jeu de HRTFs. Cette propriété peut être exploitée pour sélectionner le jeu de HRTFs le plus « vraisemblable ».

architectures du réseau neuronal ont été évaluées sur des scènes sonores de synthèse en faisant varier le type de signal et les conditions de réverbération. L'algorithme sera maintenant testé sur un ensemble de signaux enregistrés en conditions réelles.

■ Collecte de réponses impulsionnelles dans l'Espace de projection

Dans le cadre des applications de réalité augmentée, l'un des enjeux est de reproduire de manière convaincante les propriétés acoustiques de l'environnement réel de sorte à minimiser les risques de divergence perceptive entre sources réelles et sources virtuelles. Il n'est cependant pas toujours possible d'effectuer des mesures acoustiques ou des relevés géométriques préalables de sorte à caractériser précisément les propriétés acoustiques de la salle. Dans le projet ANR HAIKUS, l'intérêt se porte sur

l'estimation automatique de ces propriétés sur la seule base d'enregistrements effectués à la volée dans le lieu, c'est-à-dire avec des signaux et positions de sources quelconques. Le paragraphe précédent prenait en compte l'estimation du canal acoustique particulier que représente la fonction de directivité de la tête de l'auditeur. Ici, c'est l'identification des propriétés acoustiques du lieu comme son temps de réverbération, la quantité d'absorption ou même la géométrie de la salle qui est considérée. Comme précédemment, l'idée est de s'appuyer sur des techniques d'apprentissage machine. Les modèles sont entraînés sur un ensemble de simulations acoustiques permettant de balayer de manière systématique et contrôlée un nombre important de situations. Il est cependant nécessaire *in fine* de tester les performances de ces algorithmes sur des cas réels. L'Espace de projection de l'Ircam constitue un cas d'étude parfaitement adapté puisqu'il permet de

moduler le volume de la salle, la répartition des matériaux et par conséquent ses propriétés acoustiques dans de très larges proportions. Une campagne de mesures a été effectuée en novembre 2022. Différents microphones ont été utilisés : huit microphones omni, une tête artificielle, deux EM32 de *mh-acoustics* (réseaux sphériques de microphone de 32 capsules), ainsi qu'un ensemble d'antennes linéaires et un prototype de réseau sphérique massivement multicanal (256 cellules) développés par le laboratoire MPIA, partenaire du projet. Ces dispositifs étaient répartis dans la salle selon une grille régulière avec un pas de 2,50 m (cf. figure 7). Les mesures de réponses impulsionnelles ont été effectuées avec un haut-parleur directif (E12 de D&B) et un haut-parleur omnidirectionnel (dodécaèdre). Au total, 90 configurations de la salle ont été testées en modifiant successivement les positions des haut-parleurs, celles des microphones et la configuration des panneaux absorbants de la salle. Nous déplorons cependant n'avoir pu jouer sur le paramètre forme et de volume de la salle en raison des retards du chantier de désamiantage de l'Espace de projection qui empêchent encore pour quelques mois de modifier la hauteur des plafonds. Cette base de données sera exploitée par les différents partenaires du projet (MPIA de Sorbonne-Université et LORIA à Nancy).

En interne, nous utiliserons cette base dans le cadre d'études visant, à terme, à interpoler un ensemble de réponses impulsionnelles pour naviguer librement au sein de l'espace. Dans un premier temps, nous travaillons à partir de simulations numériques de sorte à pouvoir générer un large ensemble de configurations et positions. L'idée est de se servir de l'Espace de projection comme cas d'étude. L'une des premières étapes est de calibrer le modèle numérique 3D en estimant les coefficients d'absorption des différentes parois sur la base de la comparaison des profils de réverbération mesurés lors de cette campagne et estimés par différentes méthodes de simulation géométrique (source-images, lancer de rayons, radiosité) ou de simulation basée sur la résolution de l'équation des ondes, comme la méthode FDTD (Bilbao, Hamilton...).

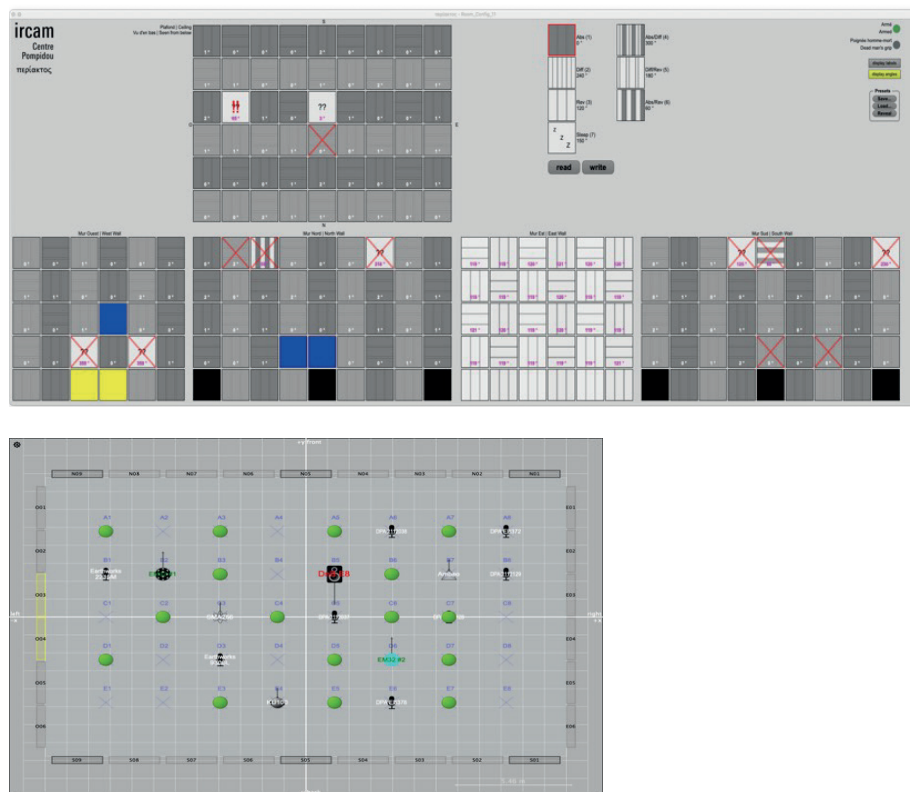


Figure 7. Un exemple de configuration des périactes et disposition du haut-parleur et des différents microphones.

Équipe Interaction son musique mouvement (ISMM)

Responsable : Frédéric Bevilacqua

■ Résumé

L'équipe Interaction son musique mouvement (ISMM) mène des recherches et des développements sur les systèmes interactifs sonores et musicaux, suivant ces trois axes :

- mouvement et son : modélisation et expérimentation ;
- interactions musicales collectives ;
- synthèse sonore interactive.

L'année 2022 a été une année charnière. Premièrement, elle a été marquée par la finalisation de plusieurs projets et applications coordonnés par notre équipe (ANR ELEMENT et CoMo-Chœur), ainsi que la soutenance de trois thèses co-encadrées (Marion Voillot, Iseline Peyre, Judith Ley Flores). L'ensemble des travaux démontre l'aspect fortement interdisciplinaire de nos recherches et la diversité des champs applicatifs que nous menons. En effet, nous touchons autant les études fondamentales sur l'apprentissage et l'exploration des interactions entre mouvement et retour sonore, que des développements d'applications concrètes pour la création musicale, l'éducation, la pédagogie musicale ou encore la santé. Tous ces travaux sont possibles grâce aux développements de plateformes logicielles (MuBu, CataRT, Soundworks, CoMo) réalisés par l'équipe.

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	4	Revue à comité de lecture	3	Nationaux et régionaux	3	CRI-Paris LIB-Sorbonne Université Pitié-Salpêtrière Université Paris 8 Université Nanterre Université Paris-Saclay Mines-Paris Tech Université de Genève ENSCI (F) UserStudio (F) Atelier des Feuillantines (F) NoDesign (F) ZHdK (CH) CNMAT (USA) Grame (F) Simon Fraser University GeorgiaTech (USA) Legacy Lab (TW) National Yang Ming Chiao Tung University –NYCU (TW) McGill (CA) York University (CA) Cycling'74 CNMAT (USA) TU Berlin (DE) Radio France IMéRA Aix-Marseille Université PRISM UMR7061 AMU-CNRS Liverpool University (UK)	V. Audouze P. Antoniadis L. Bianchi A. Einbond Ch. Trapani M.A. Magalhaes G. Paine J. L. Hervé L. Leite Barbosa M. Gentilucci M. Suarez Cifuentes R. Cahen N. Gimenez G. Hall S. Núñez Meneses PA Tremblay F. Marty B. Duboc Onceim Soundinitiative M. Ostrowski A. Farhang
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	5	Conférences avec comité de sélection	2	International	1		
Doctorant-e-s	5	Ouvrages et chapitres	0	Contrat industriel	1		
Stagiaire	0	Thèses de doctorat et HDR	3				

Deuxièmement, l'année a également été marquée par l'obtention de nouveaux projets. Le projet ANR JCJC DOTS, qui permettra, en synergie avec la poursuite du travail de thèse d'Aliénor Golvet, de consolider notre axe de recherche sur l'interaction musicale collective. Notons, finalement, le démarrage de la thèse de Sarah Nabi, co-encadrée par Philippe Esling, sur le contrôle gestuel de la synthèse audio par réseau profond, ce qui ouvre de nouvelles perspectives de synthèse interactive pour l'équipe.

Faits marquants en 2022 :

- soutenance de thèse de Marion Voillot ;
- soutenance de thèse d'Iseline Peyre ;
- soutenance de thèse de Judith Ley Flores ;

- finalisation du projet ANR ELEMENT ;
- finalisation du projet CoMo-Chœur avec les applications CoMo-Vox et CoMo.te ;
- finalisation de la résidence de recherche Astérismes ;
- obtention du projet ANR JCJC DOTS (Benjamin Matuszewski).

■ Mouvement et son : modélisation et expérimentation

Le projet ANR ELEMENT, coordonné par l'équipe ISMM, s'est terminé en octobre 2022. Ce projet portant sur les questions d'apprentissage de mouvement avec des systèmes interactifs sonores et musicaux a été particulièrement structurant pour l'équipe ISMM. Il a également permis de renforcer nos collaborations avec le laboratoire LISN de l'université Paris-Saclay et du CNRS. Nous

avons organisé un colloque de deux jours et un workshop d'une journée pour présenter les résultats principaux du projet.

Le projet ELEMENT, fortement interdisciplinaire, était structuré en plusieurs sous-projets : des études de terrain, des études expérimentales contrôlées, le développement de modèles computationnels et d'outils logiciels, de prototypes et d'applications. En 2022, nous avons poursuivi, d'une part, le développement de systèmes pour le contrôle gestuel de la synthèse sonore. Des expérimentations sur la facilitation de gestes tactiles en utilisant un retour sonore ont été menées [Loriette et Schwarz, 2022] (cf. partie 3). Dans le cadre de la thèse de Victor Paredes, nous avons poursuivi une expérience sur l'exploration et l'apprentissage d'un espace de contrôle gestuel de synthèse sonore.

D'autre part, nous avons finalisé des plateformes logicielles et des applications spécifiques. En particulier, nous avons amélioré le Gestural Sound toolkit V2 qui est une plateforme de prototype rapide d'interactions entre mouvements et sons qui peuvent faire intervenir des algorithmes d'apprentissage machine. Cette plateforme a fait l'objet d'une communication à la conférence NIME [Caramiaux *et al.*, 2022]. Nous avons également poursuivi la plateforme générique CoMo permettant de créer des applications d'interaction gestuelle et de sonification du mouvement, en utilisant les technologies web (cf. section suivante). Nous présentons ci-dessous brièvement les différentes applications finalisées en 2022 :

- Premièrement, l'application CoMo-Rééducation, développée dans le cadre la thèse d'Iseline Peyre (soutenue en décembre 2022), est un système d'auto-rééducation supervisé pour des patients ayant subi un AVC. Le dispositif a été dupliqué en collaboration avec l'équipe PIP et a fait l'objet d'une évaluation positive auprès de thérapeutes. Désormais, cette campagne d'évaluation se poursuit avec le support de Coralie Vincent

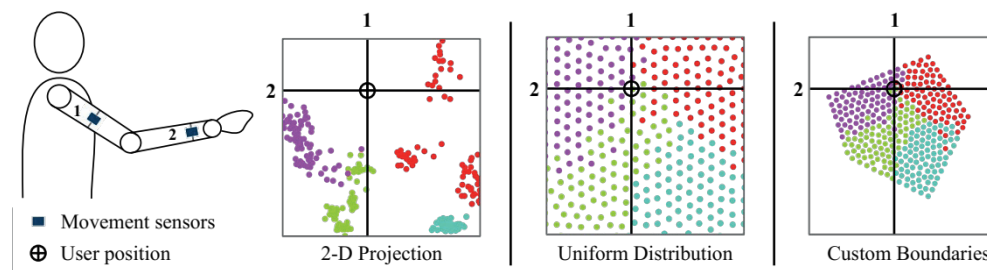


Figure 1. Exploration de l'espace gestuel dans le cadre de synthèse sonore avec CataRT (thèse Victor Paredes).

($\frac{1}{3}$ dans l'équipe ISMM) et permet de contribuer au pôle Son musique santé qui se structure avec les équipes EAC et PDS.

- Deuxièmement, l'application CoMo-éducation, développée dans le cadre de la thèse de Marion Voillot (soutenue en décembre 2022), est un dispositif pour raconter des histoires sonores et en mouvement dès la maternelle, via l'utilisation de smartphones. En 2022, un travail important de documentation du dispositif et des gestes associés a été réalisé.
- Troisièmement, deux versions de l'application CoMo-Vox ont été finalisées, en partenariat avec Radio France, dans le cadre d'un financement Edu-Up de l'Éducation nationale, pour aider à l'apprentissage des gestes de battue par les enseignants du primaire et du secondaire. Une version web est intégrée au site VOX – ma chorale interactive de Radio France, et une version Standalone est également disponible afin de permettre aux utilisateurs d'enrichir le répertoire existant (CoMo-Vox Desktop et application smartphone CoMo.te).
- Enfin, Judith Ley Flores, doctorante de l'Universidad Carlos III de Madrid, co-encadrée par Ana Tajadura-Jimenez et Frédéric Bevilacqua, a soutenu sa thèse en octobre 2022 sur l'effet de la sonification du mouvement sur la perception corporelle.

■ Interactions musicales collectives

Nous avons poursuivi les recherches et le développement sur les interactions collectives. L'obtention du projet ANR JCJC DOTS de Benjamin Matuszewski et la thèse d'Aliénor Golvet (débutée en octobre 2021) nous a permis de renforcer les directions de recherches en revisitant l'état de l'art et les aspects méthodologiques.

- Premièrement, la thèse d'Aliénor Golvet concerne le développement de systèmes musicaux interactifs et distribués, en favorisant les aspects de multimodalités, par exemple par l'utilisation de microphones. Il s'agit de proposer des systèmes ouverts et évolutifs laissant la possibilité à plusieurs pratiques de s'exprimer et aux utilisateurs de se les approprier. En particulier, un prototype de synthèse par « mosaicing distribué » a été réalisé et une première évaluation avec des utilisateurs experts a été réalisée. La collaboration avec Clément Canonne s'est également poursuivie autour des outils d'annotation avec un système distribué.
- Deuxièmement, les travaux de thèse d'Aliénor Golvet et l'UPI SO(a)P menée en collaboration avec Etienne Démoulin ont conduit à plusieurs développements originaux qui seront consolidés et finalisés en 2023. En particulier, un module

générique de communication et de gestion d'état entre Max et soundworks a été développé. Ce module a notamment été utilisé dans le cadre de la thèse d'Aliénor Golvet, en collaboration avec le compositeur Luciano L. Barbosa, pour le développement de l'application Koryphaios permettant de composer pour un ensemble de smartphones depuis la librairie Bach de Max [Golvet *et al.*, 2022]. L'application a également fait l'objet d'une publication à la Web Audio Conférence. Par ailleurs, un important travail a été initié, toujours dans le cadre de l'UPI, pour créer une application de métronome distribué qui répond à une demande forte et récurrente de la production. Cette application, en cours de réalisation, a déjà permis la création d'un format de partition générique inspiré de la syntaxe Antescofo, et le développement d'une librairie pour le transport distribué. Ces deux éléments seront importants pour les futurs travaux autour des systèmes distribués.

- Troisièmement, nous avons poursuivi l'implémentation d'une Web Audio API dans le langage Rust, utilisable en dehors d'un navigateur [Rottier et Matuszewski, 2022]. Ces développements ont en particulier été complétés par la création de *bindings* pour la plateforme Node.js permettant la création de dispositifs sonores embarqués de manière beaucoup plus intégrée avec notre framework JavaScript *soundworks*. En plus de fournir un exemple de synergie fructueuse rendue possible par l'open source, ce travail a fait l'objet d'une publication à la Web Audio Conférence. Ces travaux sont également utilisés dans le cadre de la thèse d'Aliénor Golvet, à travers une collaboration avec le musicien Jean-Brice Godet initiée à la fin de l'année, autour de l'utilisation des microphones dans un contexte embarqué et distribué.
- Enfin, une refonte complète de l'environnement *soundworks* a été initiée. Ces nouveaux développements, orientés vers une simplification de l'API et une meilleure prise en charge des besoins récurrents dans un cadre de prototypage rapide, sont accompagnés 1) d'une amélioration de la documentation;

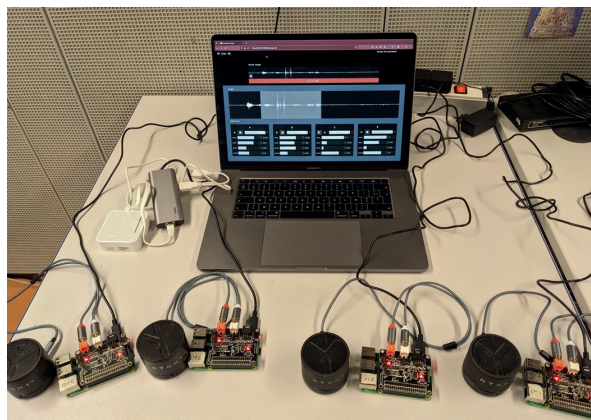


Figure 2. Application Koryphaios (thèse Aliénor Golvet).

2) de la création de tutoriaux et 3) de nombreux tests unitaires permettant de renforcer la stabilité et la qualité de la librairie. Ces nouveaux développements s'inscrivent en particulier dans le cadre du projet ANR DOTS. Le projet, centré sur l'appropriation de nos outils par des utilisateurs tels que des artistes, compositeurs ou designers, a officiellement commencé en janvier 2023.

■ Synthèse sonore interactive

Cet axe d'activité concerne une partie importante des développements de l'équipe, avec notamment les logiciels pour l'interaction musicale dans l'environnement Max. Nous avons en particulier continué nos développements autour de MuBu for Max, qui intègre la synthèse sonore concaténative, granulaire et additive, ainsi que l'analyse et la gestion multimodale du son, des gestes et des images, couplés à de la reconnaissance de formes (apprentissage automatique interactif). Par exemple, dans la résidence d'Aaron Einbond dans le cadre du ERC MusAI, nous avons poursuivi

l'extension du principe de spatialisation individuelle pour chaque grain de *higher-order ambisonics* (HOA) aux *spherical loudspeaker arrays* (SLA), en collaboration avec l'équipe EAC, ce qui a donné lieu à la pièce *Prestidigitation* pour percussion. La poursuite du travail en collaboration avec Lorenzo Bianchi a également permis de tester et d'améliorer certaines fonctionnalités de la synthèse concaténative, de l'analyse audio et de l'édition. Finalement, les fonctionnalités de classification et synthèse concaténative ont permis au RIM Robin Meier de convertir une table en instrument de percussion étendu pour le concert de réouverture de l'Espro de l'artiste Deena Abdelwahed. Les patches CataRT et externals MuBu sont également à la base du logiciel DICY2 de Jérôme Nika et Augustin Müller. Notre travail en collaboration avec l'équipe RepMus a ainsi permis le concert *Ex Machina* avec Steve Lehman et l'Orchestre national de jazz, et la première release du package DICY2.

Nous avons poursuivi le travail de documentation de MuBu par la réalisation d'une série de tutoriels vidéo en collaboration avec Matthew Ostrowski, dont les quatre premières sont désormais disponibles. En outre, de nouvelles pistes en recherche et développement ont permis d'explorer un concept d'élicitation de gestes dynamiques sur surface tactile par la modélisation et un retour sonore du degré de leur nouveauté (cf. partie 1, projet ELEMENT). Un second axe de recherche a exploré les questions de mapping multimodal entre corpus sonores et visuels.

Grâce au groupe de travail sur la synthèse sonore par échantillons, issu de l'UPI CoCat, le travail approfondi sur la structuration et documentation de l'ensemble des patches CataRT-MuBu a été poursuivi. L'amélioration de ces patches, avec les fonctionnalités complètes de CataRT et des extensions pour l'écriture et la composition a été rendu public sur GitHub. Un travail pour formaliser ces patches selon la structure d'un package Max a été initié en vue de leur publication sur le *Package Manager*, acces-

sible directement sur l'application Max. Ce travail est aussi à la base du logiciel SkataRT intégré dans Ableton Live et développé conjointement avec l'équipe PDS et Music Unit. Après sa première version publique, SkataRT a été étendu par quelques fonctionnalités demandées par les utilisateurs, et a été porté sur l'architecture AppleSilicon M1. Ces concepts d'interaction et logiciels ont été présentés au séminaire de recherche Musical Theater, Chuchotements burlesques au Antwerp Research Institute for the Arts, initié par Alireza Farhang. Enfin, Jean Lochard, Greg Beller et Francis Vey ont poursuivi la création de corpus de sons « prêts à l'emploi » pour des créateurs et musiciens.

Enfin, nous avons poursuivi la collaboration avec Ircam Amplify en transmettant les briques logicielles et les savoir-faire nécessaires pour l'analyse et l'interaction avec des collections de sons et de morceaux de musique. Dans cette direction, nous avons également présenté l'application de remix interactif contrôlé par le mouvement *CataRT Song Sailor* à des artistes tels que Rone.

Équipe Perception et design sonores (PDS)

Responsable : Nicolas Misdariis

En 2022, l'équipe PDS poursuit sa tendance à déployer un programme scientifique équilibré articulant des recherches en perception et cognition sonores avec des recherches et des applications en design sonore, auquel s'est adjointe une composante de recherche en audition, ouverte grâce au recrutement et à l'intégration d'Emmanuel Ponsot (CR CNRS, section 51) qui vient renforcer les thématiques de recherche fondamentales relatives aux mécanismes physiologiques, neuronaux et finalement cognitifs du système auditif humain. Dans son ensemble, ce programme met en œuvre de solides relations art/science, d'une part en alimentant la recherche musicale et sonore avec des questions scientifiques d'ordre perceptif et cognitif – où la diversité naturelle et pathologique des profils d'écoute individuels est progressivement considérée –, et d'autre part, en ancrant les problématiques de la création sonore appliquée dans le champ de la recherche en design et des sciences du design, dans le cadre renouvelé des sciences du design sonore.

Ainsi, les principaux travaux relatifs à la perception locale/globale, à la saillance auditive, à la sémantique du timbre, aux transformations vocales émotionnelles et à la dimension culturelle de la production/réception musicale, ont été poursuivis et complétés par des études portant notamment sur des questions relatives à l'influence de l'expertise musicale et du caractère saillant des sources sur l'organisation perceptive d'une scène sonore complexe, à l'ac-

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats	Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	4	Revue à comité de lecture	10	Nationaux et régionaux ANR InspectSyn SU Tremplin (nouveaux entrants) REVOLT Collegium Musicae CNRS 80Prime HearDevComp	5 S. Meunier, J. Chatron (LMA – CNRS) V. Isnard (Irba) Paul Avan (IdA) J.-F. Petiot, M. Lagrange (EC Centrale Nantes/LS2N) R. Cahen (ENSCI – CRD ENS Paris Saclay) T. Bouchara (Cnam/CEDRIC), J. Garcia (ENAC) N. Obin (STMS/AnaSyn) L. Cabrera (INCC), S. Verhulst (Ghent Univ.) F. Liu (Reading Univ.) C. Canonne (STMS/APM) C. Vincent (STMS) E. Ozcan/S. Delle Monache (TU Delft) C. Marquis-Favre (ENTPE Lyon) C. Delanoe-Vieux, M. Coirié, (Lab-ah/GHU Ste Anne) C. Guastavino, M. Wanderley (McGill) J. Marozeau, S. Aker (TU Denmark) J.-J. Aucouturier (Femto-ST, CNRS)	A. Cera N. Schutz B. Plé A. Gatti R. Barthelemy F. Kerforn W. Petitpierre
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, associés	2	Conférences avec comité de sélection	16	Internationaux	0	
Doctorants	6	Ouvrages et chapitres	1	Contrats industriels Renault EV-Sound JMJarre et Alpine thèse CIFRE Actronika thèse CIFRE	3	
Stagiaires	3	Thèses de doctorat et HDR	1			

ceptabilité morale des techniques de transformations de l'émotion dans la voix, ou bien à l'étude de biomarqueurs dans la voix et l'activité cardiaque de patients en état de stress post-traumatique afin de leur proposer de nouveaux dispositifs thérapeutiques à base de rétroaction/transformation vocale. À cela se sont adjoints des travaux visant, en premier lieu, à adresser une question majeure concernant les causes de la variabilité de perception auditive et musicale entre individus. Cette question, considérée non seulement chez l'individu sain mais dans le contexte de différentes pathologies, est abordée en intégrant les multiples niveaux de traitement auditif, allant du codage neural des signaux acoustiques à leur interprétation cognitive, en passant par l'organisation perceptive de scènes complexes.

De la même manière, le second pôle thématique de l'équipe (recherche en design sonore) s'est renforcé par les projets prolongés, aboutis ou initiés au cours de l'année. Citons, parmi d'autres, la conception interactive en design sonore qui a vu

aboutir la thèse d'Ava Souaille sur un paradigme innovant et encourageant en réponse au problème complexe de l'optimisation de la conception, le design sonore audio-haptique qui a vu aboutir la thèse de Claire Richards sur des concepts et un dispositif opérant, et potentiellement aptes à ouvrir des voies de recherche assez peu explorées à ce jour, le paradigme de sonification qui s'instancie dans deux études exploitant la capacité du son à transmettre des informations et permettre des représentations du monde potentiellement plus inclusives, la question de la réalité augmentée sonore et du confort sonore qui pousse à réfléchir sur la nature et le statut de sons artificiels ajoutés pour modifier la perception et le ressenti d'une ambiance sonore, ou bien encore l'implication croissante de l'équipe dans l'un des axes thématiques émergents du laboratoire relatif au rapport entre son, musique et santé – notamment, et pour ce qui concerne l'équipe, dans le domaine de la psychiatrie et de la prise en compte de l'anxiété.

■ Recherche en audition, perception/cognition sonore

Traitement temporel local-global en audition et expertise musicale

Description. Nous nous intéressons ici aux processus de haut niveau impliqués dans l'écoute musicale en considérant trois niveaux d'expertises musicales (musiciens experts, musiciens amateurs et non-musiciens) dans des expériences visant à tester les capacités auditives sur la dimension temporelle, d'une part, et sur la dimension fréquentielle, d'autre part.

Résultats. Il apparaît que les capacités auditives des musiciens amateurs ne sont pas suffisantes pour effectuer une séparation en flux auditifs distincts selon la dimension fréquentielle, alors qu'ils ont des performances similaires à celles des musiciens dans une tâche de regroupement selon la dimension temporelle. Nos résultats mettent en lumière une réorganisation perceptive séquentielle avec l'expérience musicale selon les dimensions temporelle et fréquentielle. Par ailleurs, le traitement auditif en faveur de l'information temporelle locale pour les musiciens experts et amateurs est associé à des scores élevés de mémoire de travail.

Positionnement. Ces travaux sont menés en collaboration avec O. Houix et E. Ponsot et ont été soumis pour publication à *Scientific Report* (en cours). Ils s'inscrivent dans un cadre plus général de compréhension des processus « top-down » dans l'organisation auditive.

Traitement temporel local-global en audition et saillance auditive

Description. Nous nous intéressons ici aux processus « bot-tom-up » en testant l'hypothèse d'une inversion de l'organisation auditive locale-globale par un phénomène de saillance auditive au niveau local. En d'autres termes, la saillance affecte-t-elle le traitement auditif local-global ? Pour cela, les stimuli ont été manipulés par une modification du timbre rendant plus saillante la forme locale.

Résultats. Un renversement de la tendance habituelle est observé ; de meilleurs scores pour la tâche locale, et une interférence du local au global, sont obtenus, notamment pour les non-musiciens.

Positionnement. Ces travaux sont menés en collaboration avec E. Ponsot, dans le cadre de thèse de B. Bouvier. Ils s'inscrivent dans un cadre plus général de compréhension des processus « bot-tom-up » dans l'organisation auditive. Ces résultats vont faire l'objet d'une soumission d'article au JASA.

Relation entre asymétrie en sonie et force tonale

Description. Les travaux menés sur l'asymétrie en sonie entre sons crescendo et decrescendo menés depuis plusieurs années en collaboration avec S. Meunier et J. Chatron (LMA-CNRS, Marseille) sont poursuivis en prenant en compte la force tonale.

Résultats. Nos résultats montrent qu'en faisant varier la force tonale d'un bruit INRS (*Iterated Rippled Noise*), correspondant au premier pic de la fonction d'autocorrélation, les asymétries en sonie sont d'autant plus faibles que la hauteur tonale est moins bien perçue.

Positionnement. Ces travaux sont toujours en cours et s'inscrivent dans le cadre du développement de modèles de prédiction de la sonie.

Synaptopathie cochléaire et problèmes d'intelligibilité de la parole en contexte cocktail-party

Description. À l'heure actuelle, on évalue qu'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 –, 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 à l'heure actuelle pas de test auditif comportemental permettant d'évaluer sélectivement et quantitativement la synaptopathie, également

appelée « surdité cachée », chez l'homme. Ce projet vise à proposer et tester de nouvelles mesures EEG et psychophysiques basées sur la fidélité d'encodage auditif signaux présentant des enveloppes spectrales complexes, analogues à des voyelles, qui pourraient permettre d'évaluer la synaptopathie chez des individus jeunes et âgés avec/sans pertes auditives audiométriques.

Résultats. Nos résultats EEG (FFR) montrent de fortes différences dans la fidélité d'encodage de la structure fine de signaux spectraux 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 un biomarqueur EEG de la synaptopathie cochléaire dans les basses fréquences. Les résultats psychophysiques basés sur les mêmes signaux ne montrant quant à eux pas de telles différences, des travaux supplémentaires devront être menés avant de proposer un test auditif comportemental équivalent. Par ailleurs, nos données actuelles ne montrant pas de relation entre résultats EEG/psychophysique et scores de compréhension de la parole dans le bruit chez les individus testés, il sera nécessaire de conduire d'autres travaux expérimentaux recréant au laboratoire d'autres dimensions de l'écoute cocktail-party (faire varier le nombre et le type de sources bruyantes, leurs positions spatiales, etc.).

Positionnement. Ces travaux, initiés et poursuivis par E. Ponsot en collaboration avec S. Verhulst (Ghent Univ), vont faire l'objet d'une soumission d'article à *Hearing Research*. Dans l'ensemble, ce projet ouvre la voie à 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, visant à compléter les tests cliniques actuels telle l'audiométrie tonale pour mieux caractériser le profil auditif d'un individu. Ces travaux seront poursuivis dans le cadre du projet ANR INSPECTSYN, en collaboration avec C. Lorenzi (ENS), L. Carney (U. Rochester) et P. Avan (Institut de l'audition).

Développement de la perception de la parole : suivi des paramètres de la plasticité auditive à l'aide de modèles computationnels

Description. 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. 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 jusqu'à l'âge adulte. En particulier, les jeunes enfants montrent plus de difficultés que les adultes à percevoir correctement la parole dans un environnement bruyant. Cependant, les étapes et les paramètres de ce développement restent toujours mal caractérisés, notamment par la nature différente des méthodes de mesures employées chez les nourrissons ou les adultes. L'objectif principal du projet interdisciplinaire proposé ici est de mettre en place une nouvelle approche mathématique basée sur l'utilisation de modèles computationnels du système auditif permettant d'inférer les paramètres latents des différentes étapes du codage auditif (nerf auditif, tronc cérébral, cortex) à partir d'un ensemble de mesures neurophysiologiques (EEG) réalisées chez des adultes et des nourrissons.

Résultats. Nos premiers résultats, issus de modèles computationnels du nerf auditif et du colliculus inférieur, montrent qu'il existe un ensemble de paramètres biologiques permettant de simuler des capacités de codage de modulations d'amplitude/ de fréquence différentes, offrant ainsi une preuve de concept de notre approche. Les travaux en cours actuellement visent à évaluer si ces variations paramétriques permettent de reproduire les trajectoires développementales observées empiriquement en EEG chez des nourrissons/bébés âgés de 6 mois à 3 ans.

Positionnement. Ce projet interdisciplinaire mené en collaboration avec L. Cabrera (INCC, CNRS/Univ. Paris Cité), soutenu par le programme MITI du CNRS, a démarré de manière théorique en 2022 et se poursuit en 2023 de manière expérimentale/computationnelle. En offrant une vision intégrée des trajectoires dévelop-

pementales de la petite enfance à l'âge adulte, en lien avec leurs mécanismes biologiques sous-jacents, cette nouvelle approche computationnelle devrait offrir de nouvelles perspectives pour comprendre le développement neural et fonctionnel non seulement typique mais également atypique de la parole et du langage.

Étude de la saillance auditive – application au désagrément sonore

Description. « Étude de la saillance auditive et son influence sur le désagrément sonore » (thèse Baptiste Bouvier, codirection Catherine Marquis-Favre/ENTPE Lyon).

Résultats. L'étude de la saillance, liée au mécanisme de capture attentionnelle, s'est d'abord concentrée sur des stimuli de laboratoire contrôlés dont les paramètres du timbre – donc autres que sonie et hauteur – ont été manipulés (approche psychoacoustique). Un paradigme expérimental issu de la vision, transposé à l'audition par Dalton et Lavie (2004) a pour cela été adapté/amélioré : 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 différents résultats : en premier lieu, l'effet significatif des paramètres de brillance et de rugosité sur la capture attentionnelle. Ensuite, une loi linéaire entre la taille de cet effet et l'évolution de ces paramètres (mesurée sur la base du JND – *Just Noticeable Difference*) a émergé. De plus, deux propriétés de cette loi – symétrie et additivité – ont été montrées. Enfin, les résultats obtenus se sont révélés comparables pour les deux paramètres (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 ? L'effet de la brillance sur la saillance a également été mis en évidence dans des expériences visant à comprendre l'organisation du traitement de l'information locale/globale. Il a été prouvé que la présence d'événements rendus localement saillants par une augmentation de brillance forçait une réorganisation de ce traitement, en dégradant l'appréciation de l'information au niveau global pour privilégier le traitement à l'échelle locale.

Positionnement. La suite du travail ouvrira la question de la relation entre saillance et désagrément dans un contexte de scènes réelles, entre autres des scènes enregistrées dans le cadre de la thèse de V. Fraisse. Des mesures de désagrément perçus seront réalisées et mises en relation avec des évaluations de saillance issues du modèle de M. Elhilali avec qui une discussion scientifique est entretenue sur le sujet.

Sémantique du timbre

Description. Dans la continuité des travaux sur le timbre, nous cherchons à rendre compte de la représentation mentale du timbre et de leurs corrélats acoustiques en comparant deux groupes d'auditeurs experts (ingénieurs du son, chefs d'orchestre) et un groupe de non-experts, en nous intéressant en particulier à quatre termes : brillant, chaud, rond et rugueux.

Résultats. Afin d'affiner la description métaphorique de ces quatre termes, trois populations différentes d'experts (ingénieurs du son, chefs d'orchestre et non-experts) ont évalué la brillance, la chaleur, la rondeur et la rugosité dans un corpus de sons orchestraux. Une nouvelle méthode expérimentale, le Best-Worst Scaling, a permis de montrer que si certains concepts transcendent l'expertise sonore, d'autres peuvent lui être spécifiques, et a permis de dévoiler leurs corrélats acoustiques. Enfin, sur la base de ces résultats, une explication sémantique permet d'explicitier les relations entre les quatre concepts, invitant ainsi à une meilleure compréhension de leur utilisation dans les conversations professionnelles. Ce travail de thèse a aussi donné naissance à une composition musicale appelée *Quadrangulation* (figure 1), du compositeur Bertrand Plé, dont l'objectif est d'illustrer et transmettre le sens de ces quatre attributs (https://medias.ircam.fr/xb9db8a_quadrangulation-bertrand-ple).

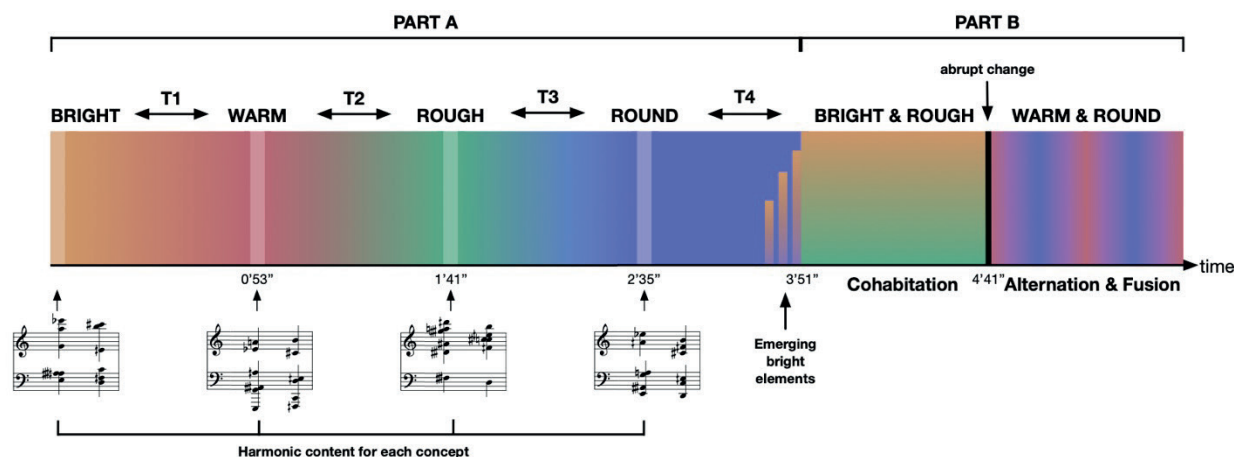


Figure 1. Représentation schématique de la structure temporelle de *Quadrangulation* (Bertrand Plé). T1, T2, T3, T4 correspondent aux transitions entre les quatre attributs (brillant, chaud, rond et rugueux).

Positionnement. Ce travail s'inscrit dans le cadre de la thèse de Victor Rosi (Fonds K) soutenue en juillet 2022, et plus largement du projet Actor.

■ Recherche en perception/cognition vocale et musicale

Acceptabilité éthique des transformations vocales émotionnelles

Description. À la suite de notre étude sur l'acceptabilité morale des techniques de transformations de l'émotion dans la voix (Guerouaou *et al.*, 2022), Nadia Guerouaou a réalisé un séjour de recherche de deux mois (septembre-novembre 2022), financé par la Summer Fellowship de la JSPS, afin d'étudier les impacts culturels des jugements moraux sur l'utilisation des technologies de transformation de la voix. Lors de ce séjour, différents chercheurs et artistes impliqués dans des projets liés à la création de ces nouveaux outils de transformation de soi ont été interviewés,

afin d'étudier ces différences culturelles. Un entretien standardisé a été réalisé avec divers chercheurs et artistes¹ engagés sur la question de l'IA, de la vie artificielle, des robots et des interactions homme-machine. Chaque rencontre a permis de visiter le laboratoire du chercheur, de rencontrer l'équipe et d'essayer certains

1 Pr Takashi Ikegami, resp. du labo. d'Ikegami Univ. Tokyo, Graduate School des arts et des sciences, dépt. d'études des systèmes complexes; Pr Philippe Codognot, Prof. à Sorbonne Université, PR CNRS, directeur du laboratoire franco-japonais d'informatique (JFLI) - UMI3527; Pr Koichiro Eto, Prof. à l'Institut national des sciences et technologies industrielles avancées; Pr Yuko Yotsumoto, Prof. et dir. du labo. Yotsumoto au dépt. des sciences de la vie, à l'école sup. des arts et des sciences, à l'Univ. de Tokyo.; Pr Olaf Witkowski, dir. de recherche à Cross Labs (Kyoto), un institut de recherche sur l'IA, les sciences cognitives et la vie artificielle; Dr Shigeo Yoshida, dir. de la recherche à OMRON SINIC X Corporation Tokyo; Elena Knox, média artiste et chercheuse. Ses œuvres questionnent diverses questions dont celle du genre et des relations homme-machine.

dispositifs (comme le Face Transformation Mirror du Dr Yoshida). Ces entretiens d'une durée moyenne de 2h30 ont été filmés et enregistrés.

Enjeux. La question de l'acceptabilité morale, et plus largement de l'éthique des technologies de créations/transformations du self via les algorithmes de transformation de voix est très liée à notre culture. L'objectif de ce travail est de pouvoir présenter ces entretiens aux chercheurs européens pour observer puis questionner nos points de convergence et divergence avec le point de vue oriental, dans le but de vivifier notre réflexion sur cette question sociétale majeure.

Étude TraumacoustiK Phase 2 : analyse acoustique de la voix

Description. Analyse acoustique de la voix et de l'activité cardiaque de patients souffrants de trouble de stress post-traumatique (TSPT) pendant la thérapie d'exposition en imagination à l'événement traumatique. Il s'agit d'une étude sur N=20 patients TSPT (F=12) sur 1 à 9 séances consécutives de thérapie (M=5,8). Enregistrements des productions orales et de l'activité cardiaque du patient pendant la séance d'exposition en imagination qui est la thérapie «*gold standard*» à destination de ces patients (durée M=595,2 sec). Mesures réalisées: suivi de la symptomatologie avec l'échelle PCL5 à chaque séance et mesures acoustiques: caractéristiques moyennes à chaque séance extraites avec le logiciel PRAAT (pitch, jitter, HNR), enregistrement de l'activité cardiaque au moyen d'un dispositif non invasif (montre Empatica E4) et mesures de l'expérience subjective vécue pendant la thérapie (évaluation de l'évolution de séance en séance du ressenti émotionnel du patient pendant l'exposition, mesuré avec l'échelle Geneva Emotion Wheel (GEW) et mesures de l'évolution du ressenti émotionnel et de l'intensité de la réexposition du patient avec le questionnaire Responses to Script-Driven Imagery Scale (RSDI) (Hopper *et al.*, 2007)). La fin des inclusions s'est effectuée en septembre 2022.

Résultats. Article en cours d'analyse et d'écriture.

Positionnement. Interactions voix-santé. Thèse en neurosciences affectives de Nadia Guerouaou, doctorante invitée en PDS (encadrement J.-J. Aucouturier/FEMTO Lab).

Enjeux. L'enjeu ici est double. Sur le plan clinique, application des outils du traitement du signal sonore développés à l'Ircam pour mieux comprendre les processus en jeu dans le TSPT et sa prise en charge. À terme, utilisation des marqueurs mis en évidence pour créer un nouveau dispositif thérapeutique de vocal feedback appliqué au TSPT. Nos résultats précédents (Aucouturier *et al.*, 2016) et le logiciel DAVID (Rachman *et al.*, 2017 – <https://forum.ircam.fr/projects/detail/david>) avaient permis de mettre en évidence le phénomène d'«*emotional vocal feedback*». Sur le plan scientifique : compréhension des liens entre manifestations physiologiques vocales et cardiaques sous-tendues par le système nerveux végétatif dans le cadre d'un déséquilibre lié à une pathologie psychiatrique.

Conception d'un data set voix-cœur

Description. Conception d'un nouveau data set de données appelé Voice-Heart Dataset qui étudie le lien entre la voix et les activités cardio-respiratoires, inspiré par la méthodologie de Meziati *et al.*, 2021. Nous avons demandé à 25 participants de produire des vocalisations (voyelles et paroles) dans diverses conditions conçues pour induire de légères variations de leur rythme cardiaque (deux conditions : repos et vocalisation). En plus de leurs enregistrements audio, les visages des participants étaient filmés avec une caméra vidéo et des capteurs ont permis la mesure de leur volume sanguin (BVP) et leur activité respiratoire (RESP). Le but de ceci est d'analyser si le passage d'un état de repos allongé à la station debout a un impact sur la physiologie qui pourrait s'observer à la fois au niveau cardio-respiratoire et dans la voix. Les passations ont été réalisées en juillet 2022.

Résultats. En cours d'analyse.

Enjeux. Évaluation et description de la relation entre paramètres acoustiques et activité cardiaque chez les volontaires sains. Dans

une démarche de science ouverte, ce corpus (enregistrements vidéo + physiologiques) pourrait être réutilisé pour de futures études visant à mieux comprendre les relations entre la voix et l'activité cardiovasculaire et être mis à la disposition de la communauté scientifique de manière libre sur une plateforme comme GitHub.

Ethnopsychologie cognitive des conduites de production et de réception musicale

Description. Dans la continuité des travaux réalisés sur le terrain en Méditerranée, nous cherchons à définir les stratégies performatives et cognitives de l'acte musical oral en proposant une nouvelle approche (ethnopsychologie cognitive) mettant en évidence des rapports systématiques entre les significations culturelles, les représentations sociales et les émotions associées aux faits musicaux. L'objectif est de rendre compte de ces renvois externes à la musique, souvent négligés en musicologie « traditionnelle », permettant de définir des vecteurs de sens (des rapports spécifiques à la culture et aux normes de la tradition) qui influent de façon décisive sur la perception et l'interprétation des musiques de tradition orale.

Résultats. Les résultats de cette recherche sont publiés dans un chapitre, « Contribution à une ethnopsychologie cognitive » (soumis en 2022) dans une *Encyclopédie de la musique* (préface Jean-Jacques Nattiez) ; un ouvrage individuel (à paraître en 2023) ; co-organisateur d'une Journée d'étude internationale organisée par l'ACCRA de Strasbourg et l'ISM de Tunis (en préparation pour avril 2023) ; une communication plénière et d'ouverture à cette journée d'étude (en préparation).

Positionnement. Cette approche du fait musical incarne principalement le rapprochement entre une démarche cognitive et une problématisation anthropologique et musicale de l'art de la performance. Elle se positionne dans le cadre d'une réflexion épistémologique, à la fois sur le statut des œuvres orales contemporaines et de leurs modalités d'appréhension, mais aussi sur la

validité et la pertinence des méthodes utilisées dans l'analyse et l'interprétation des traces mémorielles et des associations sémantiques et culturelles qui s'opèrent dans la construction de la forme symbolique ou dans des pratiques sociales particulières. Le but principal est de réfléchir à ces enjeux à travers les pratiques d'une discipline musicologique au positionnement épistémologique parfois incertain en Méditerranée.

■ Recherche en design sonore

Intégration du design sonore dans le champ de la recherche en design

Description. Développement de l'axe de recherche en design sonore, réflexion sur l'intégration du design sonore dans le champ de la recherche en design et questionnement des interactions structurelles entre ces deux disciplines (concepts, outils ou méthodes partagés ou singuliers) forment le cadre conceptuel de la recherche en design sonore menée au sein de l'équipe, sous l'appellation générique (et empruntée) de « sciences du design sonore ».

Résultats. Les différents travaux de recherche (thèses, collaborations académiques ou industrielles) nourrissent la réflexion sur le design sonore comme discipline d'étude et de recherche à part entière et instruisent les différentes problématiques qui lui sont associées (acteurs, processus, produits et régime de réception du design sonore). Entre autres voies, la collaboration avec TU Delft (E. Ozcan) dans le cadre du projet MarieCurie de S. Delle Monache (PaDS – *Participatory Designing with Sound*) favorise les réflexions autour de la notion de « sound-driven design » permettant, entre autres, la distinction entre le design du, avec, contre ou pour le son (Delle Monache *et al.*, 2022). Elle s'ouvre sur des initiatives potentiellement fédératrices (en cours de montage) comme le Special Interest Group (SIG) de la Design Research Society (DRS) « Sound and Design » ou la COST Action « Sound-driven Design ».

Positionnement. Proposer une évolution de la discipline « design sonore » au sein de l'équipe PDS et du laboratoire STMS, tout en

conservant sa structure fondatrice basée sur l’articulation entre recherche en perception et cognition sonores et recherche et applications en design sonore.

Conception interactive en design sonore

Description. « Conception interactive en design sonore. Application aux scènes sonores, à l’habillage sonore et à la sonification » (thèse d’Ava Souaille, collaboration Jean-François Petiot et Mathieu Lagrange/LS2N – Ec. Centrale de Nantes).

Résultats. La thèse d’A. Souaille (soutenue en mars 2023) porte une problématique relative à la définition d’outils et de méthodes interactives pour le design sonore, permettant d’intégrer l’expérience utilisateur dans le processus de conception. Elle propose un paradigme expérimental d’étude de la perception sonore, basé sur l’optimisation interactive de sons. En particulier, elle utilise des algorithmes génétiques interactifs (IGAs) pour résoudre deux problèmes de design sonore : le design de sons d’alerte de véhicules électriques ou hybrides facilement détectables et peu désagréables, ainsi que le design de sons d’intérieur peu intrusifs pour le véhicule autonome. Au travers de ces exemples, les travaux de recherche démontrent l’intérêt de l’utilisation des IGAs pour le paradigme proposé. Ils proposent également une méthode d’analyse et de généralisation des résultats obtenus individuellement lors d’une expérience d’optimisation interactive, et ils montrent expérimentalement que cette méthode permet de produire des recommandations de design sonore pertinentes pour répondre au problème d’optimisation. En outre, la thèse propose une méthode de réduction informée d’un espace de conception, préalable à une expérience d’optimisation interactive, dont il est démontré qu’elle permet d’améliorer la qualité des sons trouvés au cours du processus d’optimisation.

Positionnement. Ce travail participe à la formalisation d’outils et de protocoles innovants pour le design sonore et ouvre potentiellement la voie à des problèmes complexes qui s’intéressent à des notions perceptives de haut niveau, voire à des dimensions émotionnelles ou affectives.

Étude des installations sonores en milieu urbain

Description. « Étude de l’influence des installations sonores sur la perception des environnements urbains » (thèse de Valerian Fraisse, codirection avec Catherine Guastavino et Marcello Wanderley/Univ. McGill, Montréal). Dans la partie française de ce travail en cotutelle internationale, la recherche se déploie sur un terrain d’expérimentation associé à la création de l’artiste plasticienne sonore Nadine Schutz (« Niches acoustiques »), installation sonore destinée à être mise en place de manière pérenne sur le parvis du tribunal de grande instance (TGI) de Paris.

Résultats. Cette deuxième année de thèse a été principalement consacrée au projet d’installation de l’artiste N. Schutz. Dans le cadre de ce projet, une campagne de mesures a été réalisée sur la place du palais de justice du 17^e arrondissement de Paris aux

printemps 2021 et 2022, aux emplacements des quatre futurs haut-parleurs, pendant deux semaines consécutives. En parallèle, 18 points d’enregistrements de 10 minutes chacun ont permis la caractérisation sonore du lieu, avec une annotation fine de la présence des différents types de sources. Par une technique de spatialisation audio mixant enregistrements ambisonics et signaux monophoniques redistribués dans l’espace, un test d’écoute a pu être mené sur différentes compositions proposées par l’artiste (figure 2). 20 participants ont été recrutés devant le palais de justice et ont été répartis en deux groupes (les résidents du quartier et les usagers du quartier dans un cadre professionnel) pour juger des situations sonores en laboratoire, sur 9 échelles sémantiques. L’analyse a pu extraire trois dimensions indépendantes (l’agrément, les émergences et le caractère du lieu). Un travail plus fin

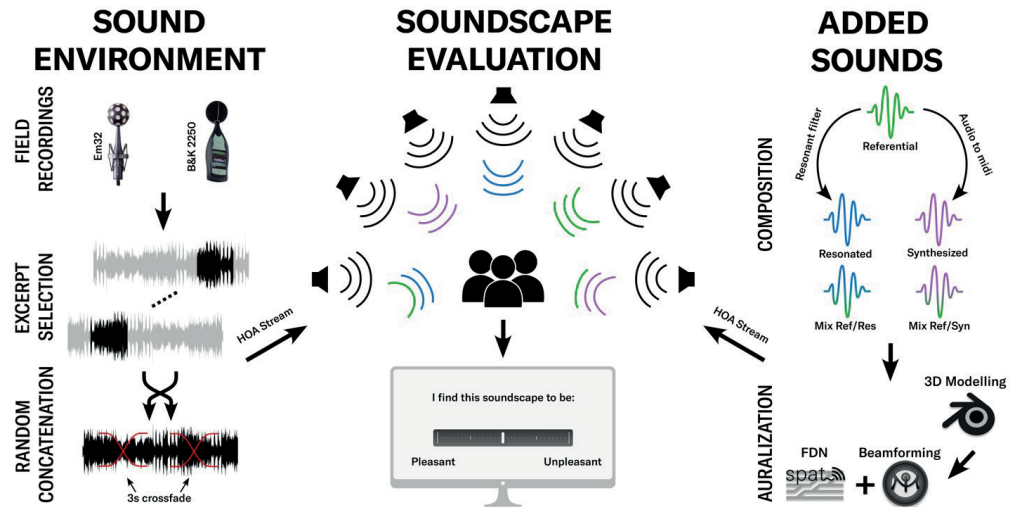


Figure 2. Diagramme présentant la méthodologie expérimentale développée dans le cadre du test d’écoute visant à évaluer l’effet de l’installation sonore « Niches acoustiques » sur le paysage sonore. L’environnement sonore (à gauche) est simulé à partir des enregistrements ambisonics. Des prototypes compositionnels monophoniques sont auralisés à partir d’un modèle 3D du lieu. Le tout est envoyé dans une salle d’écoute permettant d’évaluer le paysage sonore résultant.

sur les participants a été mené sur la dimension hédonique. Ces résultats vont guider Nadine Schütz dans sa création artistique. Un deuxième test en laboratoire sera mené en début d'année 2023.

Positionnement. Ce travail incarne le rapprochement entre une démarche artistique et une problématisation scientifique. Il se positionne dans le cadre d'une réflexion, à la fois sur le statut des œuvres en design sonore (format, forme du rendu, relation à l'auditeur, etc.), mais aussi sur la question de la réception des productions en design sonore et, en corollaire, de leurs mécanismes d'évaluation (point de vue artistique ou ergonomique/centré utilisateur, contraintes expérimentales vs. validité écologique). Il vise à développer une méthodologie permettant d'informer la création artistique par des données scientifiques et expérimentales relatives à l'impact d'une œuvre sonore sur un environnement et ses occupants.

Du confort acoustique au confort sonore : étude et traitement par augmentation

Description. « Du confort acoustique au confort sonore – Comprendre et améliorer le confort dans l'habitacle grâce à l'acoustique active » (thèse CIFRE de Matthieu Duroyon, en collaboration UTC et le groupe Renault).

Résultats. L'enjeu de la thèse est d'intégrer la notion de réalité augmentée sonore pour, globalement, augmenter le confort ou diminuer l'inconfort dû à des sources de bruit parasite ou gênant. La 1^{re} année de la thèse a principalement consisté à répertorier ces sources de bruits au moyen d'enquêtes (questionnaires) effectuées auprès d'experts de l'acoustique automobile, et d'en déduire une typologie de sources associée à une terminologie et des descriptions précises. M. Duroyon a également commencé à aborder des problématiques de design sonore actif consistant à produire un son masquant une source parasite afin de diminuer artificiellement le sentiment d'inconfort tout en maîtrisant le niveau et la nature de l'ambiance sonore résultante.

Positionnement. Si réduire le bruit est un gain en général appré-

ciable et quantifiable, l'ajout de son reste un sujet clivant et éminemment subjectif. C'est un concept qui n'est que peu utilisé et souvent avec un succès mitigé. Les technologies dédiées sont la plupart du temps utilisées pour des problèmes localisés et limités à certaines gammes de véhicules. Les intégrer dans la conception en remplacement des solutions passives reste un défi. Par ailleurs, alors que le confort acoustique reste plutôt cadré par des aspects physiques et objectifs, le confort sonore intègre, en plus d'une certaine subjectivité, une dimension plus artistique et créative.

Interfaces homme-machine sonores

Description. Projet de design sonore industriel/recherche-création autour de la signature sonore des véhicules électriques, en collaboration (historique) avec le groupe Renault, et en association (historique également) avec le compositeur/designer sonore, Andrea Cera. Ce cadre de collaboration s'instancie en 2022 avec deux projets : l'un concerne une occurrence de signature sonore pour les modèles de la gamme Renault et s'inscrit dans la collaboration du constructeur avec le musicien Jean-Michel Jarre, l'autre concerne deux occurrences de signature sonore pour la marque Alpine, et se prolongera en 2023-24.

Résultats. Le projet pour Renault, en collaboration avec J.-M. Jarre, a démarré par une phase de réflexion/discussion afin de s'accorder sur les directions artistiques pressenties et leurs compatibilités avec les contraintes techniques et normatives du sujet. La conception à proprement parler s'est effectuée à partir des matériaux sonores amenés par l'artiste J.-M. Jarre que le designer sonore A. Cera a intégrés dans la figure imposée du VSP (*Vehicule Sound for Pedestrians*), tant sur le plan timbral (matière) que morphologique (évolution dans le temps). Le concept de « nappe » ou de « halo » a été travaillé et testé à plusieurs reprises, en studio, puis en situation réelle sur véhicule avant d'aboutir à une proposition finale qui a été validée par le PDG de Renault (Luca di Meo) et qui, par ailleurs, respecte en tous points la législation en vigueur en termes de niveau d'émission et de modulation du signal

sonore. Le projet pour Alpine, davantage propice au déploiement d'une recherche-création, a démarré par une phase méthodologique impliquant la mise en œuvre de l'outil SpeaK transposé au cas du véhicule électrique. Ainsi, trois « ateliers SpeaK » ont successivement permis de définir et circonscrire les univers sémantiques et sonores associés à l'image de la marque et aux modèles concernés, puis ont guidé de manière pertinente et efficace les premières étapes de confection des matières premières sonores qui permettront ensuite (en 2023-24) de proposer des solutions composites et composées.

Positionnement. Dans la lignée de notre collaboration industrielle avec Renault, ces nouvelles études prolongent l'implication de l'équipe dans une thématique qui s'avère toujours emblématique de la discipline et permet d'expérimenter de nouvelles manières de produire la matière sonore et de l'implémenter dans un contexte industriel fortement contraint, notamment en ce qui concerne les outils de prototypage rapide du son ou bien les méthodologies de conception collaborative potentiellement en œuvre dans le processus de création en design sonore.

Transmission du son par stimulation vibratoire et conduction osseuse

Description. « Dispositif audio-haptique pour la transmission du son et de la musique par conduction osseuse et stimulation vibrotactile » (thèse CIFRE de Claire Richards, collaboration Ensci – Centre de recherche en design, ENS Paris-Saclay, et la société Actronika). Étude des effets tactiles associés à la conduction osseuse et à la spatialisation des sensations sonores et vibrotactiles.

Résultats. La thèse de C. 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 ? Dans un premier temps, l'étude de cette question s'est concentrée sur une analyse psychophysique de la perception auditive de stimuli vibratoires transmis à des structures musculosquelettiques spécifiques du torse. Elle s'est ensuite prolongée dans une application de ces résultats 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 ». En effet, 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. Ces éléments correspondent aux méthodologies, contributions et résultats issus des sciences de la perception (psychophysique, multimodale...) et de la recherche en design (produit, spéculatif, interface, *wearable*...). 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.

Positionnement. Ce projet ouvre une voie prometteuse, et pour l'instant encore peu explorée, que constitue le design audio-haptique. Des travaux connexes sur ce sujet (notamment la thèse de Q. Consigny en cours au LAM/Institut Jean-le-Rond d'Alembert ou bien la résurgence de la communauté HAID) laissent à penser que ce domaine va gagner en consistance et en surface au cours des prochaines années.

Objets intermédiaires de représentation

Description. Recueil de pratiques d'enseignement du design sonore et des usages des prototypes.

Résultats. Une première série d'entretiens avec des enseignants en design sonore et création sonore a été menée et questionne les

pratiques pédagogiques, les outils pour la création et les statuts des prototypes dans les phases de design. Ce premier travail publié dans une version succincte a été complété par de nouveaux entretiens afin de produire une analyse plus approfondie avec pour objectif une publication.

Positionnement. Cette recherche se prolonge par de nouveaux entretiens et une réflexion sur les techniques d'analyse systématique des transcriptions pour aboutir à une cartographie plus détaillée des pratiques.

Interactions son-musique/santé – Psyson : modulation de l'anxiété en psychiatrie

Description. Recherche-action sur la modulation de l'anxiété (collaboration GHU Paris Psychiatrie et Neurosciences/Lab-ah, Ensci CRD). Le projet Psyson dans son ensemble repose sur le concept d'enveloppe sonore et aborde des questions concernant l'efficacité d'un espace temporel et sonore pour les patients psychiatriques. Elle s'inscrit dans le cadre général d'un Projet de recherche infirmière et paramédicale (PHRIP Psyson/GHU Paris Psychiatrie et Neurosciences) qui vise la recherche et le développement d'un dispositif multimodal d'écoute sonore et musicale dédié à la modulation de l'anxiété, au moyen d'une étude prospective d'intervention randomisée en simple aveugle. Ce protocole de recherche vise à être intégré en complément du traitement médical supervisé par l'équipe soignante et cherche à démontrer l'impact du concept Psyson sur la réduction de l'anxiété, en tant qu'alternative à des mesures coercitives (contention, isolement) ou pharmacologiques (prise de médicaments, « si besoin »).

Résultats. La composante « logicielle » du projet se concentre sur les questions de création de contenu et d'interface de médiation qui s'incarnent dans le concept d'« entretien musico-soignant », dialogue entre le soignant et le patient dont l'objectif est de définir le profil musical et sonore du patient pour lui proposer, ensuite, une liste d'éléments audio en adéquation avec son état et susceptibles de réduire son niveau d'anxiété (Misdariis *et al.*, 2022). Sur la base

de ces principes et modèles, une première étape de prototypage de l'entretien musico-soignant a été réalisée sous la forme d'une maquette fonctionnelle intégrant les deux éléments principaux du dispositif : d'une part, une interface pour concevoir le profil sonore et musical individuel de chaque patient, et d'autre part, un moteur de recherche et de création de contenu, informé par le profil individuel, et générant, à terme, une *playlist* intégrable dans le dispositif mobilier d'écoute. À ce stade du développement, cette maquette a déjà fait l'objet de trois itérations, sur la base de données et d'observations recueillies lors de trois workshops successifs qui ont permis de présenter le dispositif aux équipes soignantes et de le confronter à la réalité du terrain médical, sous la forme de scénarios simulés d'entretien patient-soignant. Une deuxième étape de recherche et de développement de cette composante sera développée en 2023 pour répondre aux besoins et impératifs des études cliniques qui débiteront en septembre 2023.

Positionnement. Cette recherche concrétise le rapprochement institutionnel (GHU Ste-Anne/Lab-ah) et le déploiement de la thématique son-musique/santé au sein du laboratoire, mise en avant au dernier Conseil scientifique (2021) et instancié dans un rapport d'étape et de synthèse finalisé début 2023.

Instruments de musique numériques accessibles (ADMIs)

Description. Ce projet s'intéresse aux technologies multimodales qui peuvent améliorer l'accès à la création musicale pour les personnes en situation de handicap. L'accent est mis sur les représentations multimodales de la musique, par exemple en utilisant les interfaces haptiques, et les méthodes d'évaluation des interfaces multimodales.

Résultats. Deux expériences avec des enfants en situation de handicap (PMLD : Profound and Multiple Learning Disabilities) ont été réalisées en 2022 – dont Sound Forest (figure 3). Les résultats ont été publiés dans un article de revue et un article de conférence. Un chapitre de livre est également en préparation. Les résultats ont mis en évidence la pertinence de la méthodologie « Participatory

Design with Proxies (PDwP)» pour les enfants préverbaux, des considérations liées à la conception des «Haptic Music Players» pour ce groupe d'enfants, ainsi qu'une proposition de workflow pour l'évaluation d'interfaces musicales qui utilisent l'IA.

Positionnement. Ce travail fait partie du projet postdoctoral d'Emma Frid (VR 2020-00343, Conseil de recherche suédois). Le projet s'inscrit dans les thèmes son-santé et conception audio-haptique (surtout la perception vibrotactile du son).



Figure 3. Design/lumière de l'installation Sound Forest, une expérience menée en 2022 pour des enfants en situation de handicap.

Sonification of Goods in Stores

Description. Le projet Sonification of Goods in Stores se concentre sur la sonification des événements dans le commerce de détail. L'objectif est d'attirer l'attention des clients et des employés en utilisant des notifications sonores.

Résultats. Il s'agit de la dernière année du projet et l'accent a été mis sur la rédaction des résultats dans des rapports, des articles, et préparer des demandes de financement. Un article a été publié et présenté à la conférence NRWC, et un autre est en cours de review pour l'ICAD.

Positionnement. Ce projet est mené en collaboration avec KTH Royal Institut of Technology (Suède), l'Université d'Agder (Norvège) et l'Institute of Retail Economics (Suède). Plus largement, le projet se concentre sur les soundscapes, les environnements acoustiques et la manière dont ils peuvent affecter la santé (son-santé), ainsi que sur la sonification, les notifications sonores et la saillance auditive (en lien avec la thèse de B. Bouvier, cf. ci-dessus).

Sonification des données astronomiques :

The Audible Universe workshop

Description. Le workshop Audible Universe 2 fait suite à un workshop en ligne de durée réduite qui s'est tenu en septembre 2021. L'atelier initial s'est concentré sur la consolidation de l'état de l'art dans le domaine de la sonification des données astronomiques et sur l'identification des points sur lesquels les efforts sont nécessaires pour faire progresser le domaine. Les résultats de ces premières discussions ont été publiés dans une série de quatre articles de *Nature Astronomy* (parmi lesquels Misdariis *et al.*, 2022).

Résultats. La deuxième édition du workshop AU (AU2) a eu lieu en 2022 et a rassemblé 50 experts, parmi lesquels des astronomes intéressés par la sonification, des designers sonores, des experts en perception sonore et des pédagogues, dans le but de consolider le travail déjà effectué dans le domaine de la sonification des

données astronomiques et de lancer une discussion multidisciplinaire sur la manière de concevoir et d'évaluer correctement les outils de sonification. Les principales activités de l'atelier AU2 ont consisté à développer des processus de conception collaborative et à mettre en œuvre des méthodes d'évaluation sur des environnements existants.

Positionnement. Même si les images d'objets astrophysiques sont utilisées par les astronomes professionnels pour la recherche et par le public pour la vulgarisation, nous sommes tous fondamentalement aveugles à l'univers. Remettant en cause l'idée que nous devrions toujours utiliser des visualisations, la conversion des phénomènes astronomiques en sons suscite un intérêt croissant, principalement dans le but de rendre l'astronomie plus accessible aux personnes aveugles ou malvoyantes, de créer des ressources pédagogiques plus attrayantes et de permettre une meilleure compréhension des données astronomiques.

■ Outils, méthodologies, productions

SpeaK: lexique sonore

Description. L'outil SpeaK est un lexique sonore qui propose une définition des principales propriétés d'un son. Le projet vise à offrir une plateforme collaborative de partage de lexiques sonores afin de produire un langage commun dans le domaine du son.

Résultats. Après la conception d'un premier lexique *words4sounds* proposant un ensemble de mots habituellement utilisés par les professionnels du son, le travail sur un second lexique relatif à des attributs des espaces acoustiques a été initié. Il a pour objectif de formaliser différents attributs utilisés pour décrire la perception des espaces acoustiques. Ces attributs ont été recensés dans le Room Acoustical Quality Inventory (4-factor RAQI) (Weinzierl et coll., 2018). Il est également composé des attributs provenant du spatialisateur (Spat 5) de l'Ircam sur la base des travaux fondateurs de l'équipe EAC (J.-P. Jullien, O. Warusfel, C. Lavandier, E. Kahle).

Résultats. Les termes rassemblés dans ce lexique permettent de décrire le son dans un espace clos, en prenant en compte l'intégration de la source sonore dans cet espace et la qualité acoustique du lieu. Plusieurs exemples sonores ont été produits afin de favoriser la compréhension des termes (<https://speak.ircam.fr/lexique/room-effects/>).

Positionnement. Le travail de sélection des termes et de création des exemples sonores a été effectué par Justin Valette dans le cadre d'un stage du DNSEP Design Sonore (Esad TALM Le Mans), encadré par Patrick Susini et Olivier Houix, avec le soutien d'Augustin Muller, réalisateur en informatique musicale à l'Ircam et en collaboration avec EAC. Plus généralement, l'un des objectifs de SpeaK est de favoriser une compréhension partagée du phénomène sonore dans le cadre d'un processus de design sonore collaboratif. Pour cela, il est souvent associé à des objets intermédiaires de conception ou de représentation (cf. ci-dessus) qui permettent de convertir des intentions générales en caractéristiques sonores et donc d'informer la phase de réalisation sonore. Le développement de l'outil SpeaK rentre également dans le cadre de la collaboration avec Ircam Amplify/Romain Barthélémy, designer sonore partiellement en recherche dans l'équipe dont il alimente les problématiques par des retours et partages d'usage, et d'expérience et de réflexion.

SkataRT: un outil pour l'exploration et le prototypage sonores

Description. L'environnement SkataRT offre différents champs d'application et d'usage qui vont de la création musicale au design sonore, en passant par l'exploration de corpus sonores ou la performance. Entre autres, SkataRT permet de capturer une esquisse vocale, de l'analyser et de la modéliser sous la forme d'une esquisse sonore paramétrisable basée sur une synthèse sonore par corpus de sons. D'un point de vue technologique, il s'incarne dans un *device* Max4Live développé par Manuel Poletti et Thomas Goepfer (Music Unit) dans le cadre d'une collaboration avec les équipes ISMM et PDS de l'Ircam.

Résultats. Suite à la mise à disposition du device M4L et de la documentation sur le site du forum, différents corpus de sons SkataRT ont été créés par Jean Locharde ainsi qu'un tutoriel vidéo afin de faciliter la prise en main de l'outil.

Positionnement. L'environnement SkataRT est construit à l'intersection d'un travail de recherche et développement sur la synthèse sonore concaténative par corpus (CataRT) et des résultats d'un projet de recherche européen sur la question de l'imitation vocale comme outil d'esquisse et de prototypage rapide (Skat-VG). SkataRT rentre également dans le cadre de la collaboration avec la pédagogie/Jean Locharde pour la production de corpus et de vidéos dédiées, ainsi qu'avec Amplify/Romain Barthélémy, designer sonore partiellement en recherche dans l'équipe dont il alimente les problématiques par des retours et partages d'usage, et d'expérience et de réflexion.

Environnement expérimental en ligne

Description. La réflexion (ré)ouverte sur la question des outils et méthodes expérimentales en psychoacoustique et perception sonore s'est prolongée à la faveur de la suite (et fin) de la mission de recherche et développement de Matthieu Fraticelli qui a en outre instruit de manière consistante la question relative au déploiement de protocoles expérimentaux en ligne pour l'évaluation perceptive dans le domaine du son.

Résultats. Après un recensement des langages, outils et environnements existants et un choix informé d'une solution logicielle de développement (jsPsych), une série de briques d'expérience en ligne a été développée puis intégrée dans un environnement de type « boîte à outils » (<https://matthieufra.github.io/jsPsychPDS/>). Ce *ToolKit* permet d'accéder à un grand nombre de paradigmes expérimentaux courants (évaluation sur échelle, catégorisation, test de dissemblance, etc.) à la fois comme exemple, modèle, mais aussi comme code associé. Depuis sa mise à disposition, cet outil a été utilisé aussi bien en interne dans l'équipe (stage de Clara Chateigner) qu'en externe (support méthodologique du workshop

The Audible Universe – cf. ci-dessus). Les futurs développements de cet environnement seront pris en charge, notamment par Coralie Vincent, ce qui permettra également, et le cas échéant, sa diffusion en interne au laboratoire dans le cadre d'activités expérimentales de certaines équipes.

Positionnement. Ce travail se situe dans la lignée du savoir-faire expérimental acquis par l'équipe PDS depuis de nombreuses années, qui a éprouvé plusieurs solutions/architectures logicielles (PsiExp, Max, Matlab) et est actuellement confronté à l'essor de l'expérimentation en ligne. L'objectif, à terme, étant de proposer un environnement modulaire pour les expériences perceptives dans le domaine de l'audio, utilisable aussi bien en interne (autres équipes du labo) qu'en externe (diffusion au Forum Ircam).

Création d'une œuvre musicale didactique sur le timbre

Description. La thèse de Victor Rosi (Rosi, 2022) a révélé que les représentations mentales de certains mots (chaud, rond, rugueux et brillant) ne sont pas identiques d'une catégorie professionnelle à une autre (ingénieurs du son, chefs d'orchestre, etc.), et propose de préciser la signification des termes par des définitions et des corrélats acoustiques (Rosi *et al.*, 2022).

Résultats. Les résultats de ce travail de recherche se sont, entre autres, inscrits dans le cadre d'une collaboration artistique et ont été implémentés dans une œuvre musicale didactique, *Quadrangulation*, composée par Bertrand Plé, qui illustre les différences et analogies pouvant exister perceptivement entre chaleur, rondeur, rugosité et brillance d'un son.

Positionnement. Cette extension d'une recherche scientifique vers la création artistique contribue à l'articulation arts/science que l'équipe PDS s'emploie à mettre en œuvre dans la plupart de ses projets de recherche.

Création d'études musicales pour dispositif audio-haptique

Description. La thèse de Claire Richards (Richards, 2023) a révélé qu'un dispositif portable (*wearable*) permettait le ressenti du son en tant que vibration par des canaux alternatifs à la transmission aérienne : conduction osseuse ou extra-tympanique et stimulation vibro-tactile.

Résultats. Les résultats de ce travail de recherche se sont par ailleurs inscrits dans le cadre d'une collaboration artistique et ont été implémentés dans des études musicales, composées par Alberto Gatti, qui illustrent les hypothèses de perception multi-modale étendue des principales dimensions musicales (hauteur/fréquence, rythme, spatialisation) formulées dans le cadre des travaux de C. Richards.

Positionnement. Cette extension d'une recherche scientifique vers la création artistique contribue à l'articulation arts/science que l'équipe PDS s'emploie à mettre en œuvre dans la plupart de ses projets de recherche.

Équipe Représentations musicales

Responsable : Gérard Assayag

L'équipe Représentations musicales (RepMus) a pour objet les structures de la musique (ou l'« intelligence musicale ») telles que l'on peut les appréhender avec l'informatique pour les analyser, les formaliser, les représenter, les modéliser, les engendrer et les manipuler, dans un souci d'aide généralisée à la créativité musicale, dans les contextes de composition, de performance, d'improvisation ou de musicologie.

RepMus s'attache aux représentations à diverses échelles du symbolique au signal, depuis les aspects épistémologiques et mathématiques jusqu'à la recherche informatique et la production d'outils technologiques couramment utilisés par les musiciens. Ces méthodes et outils s'appliquent aux musiques écrites comme à celles de tradition orale.

La réflexion sur les représentations de haut niveau des concepts et des structures musicales, appuyée sur les langages et environnements informatiques originaux développés par l'équipe, débouche sur l'implantation de modèles qui peuvent se tourner vers la création comme vers l'analyse musicale. L'exploration du paradigme temporel généralisé offre des opportunités avec les nouveaux besoins pour le développement d'œuvres temps réel, interactives, ouvertes, collectives, improvisées, distribuées.

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	9	Revue à comité de lecture	8	Nationaux et régionaux ACID-TEAM ANR MERCI IRMA SMIR	3	Grame, CIRMMT, McGill U., UNICAMP, USP, BEK, CNMAT, CCRMA, INRIA, C4DM/QMUL, KTH Royal Institute of Technology, LIRMM, IReMus, GRM, Collège de France, U. Paris-Est, ENS ULM et Lyon, UC San Diego, UCB, U. Évry, U. of Nagoya, U. Salzburg, Sorbonne Université, EHES, U. Minnesota, UJV Picardie, NII Tokyo, LIENS ENS, Cristal-Algumus (Lille), CNAM, ENAC à Toulouse, IRMA (Strasbourg), GREAM (Strasbourg), USIAS (Institut d'études avancées), U. de Bologne, Todai Tokyo U., Ben Gurion U., HEM Genève, U. Pennsylvania, Drexel U., Princeton U., NICS-UNICAMP, NYU, Tokyo Metr. U., EHES, Barts Heart Centre, UCL Institute of Cardiovascular Science, Singapore U. of Technology and Design	P. Manoury, P. Leroux, M. Stroppa, S. Eldar, L. Morciano, J.-M. Fernandez, R. Fox, ONJ, M.A. Magalhaes, H. Sellin, S. Agger, M. Kimura, J. Bean, G. Nouno, A. Muller, S. Lemouton, C. Lorenzi, M. Gentilucci, A. Harley, K. Soden, E. Chambaud, A. Farhang
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités, associés	6	Conférences avec comité de sélection	17	Internationaux NSERC ACTOR ERC REACH ERC COSMOS ERC PoC Heart.FM MSCA Ear Stretch SRC ADMIS Sounding Good KTH	7		N. Gimenez Comas, S. Lehman, M. Chemillier, G. Bloch, A. Vinjar, A. Einbond, S. Blondeau, R. Foulon, B. Gatinet, A. Schubert, G. Lorusso, V. A. Hera, M. Mantovani, S. Luc, R. Imbert, A. Markeas, E.I.C., G. Lewis, E. Parker, M. Mantovani, C. K. Zana-Rotsy, N. Aviv, J. Léandre, ONJ, F. Maurin
Doctorants	16	Ouvrages et chapitres	1	Contrats industriels CIFRE Sony CSL	1		
Stagiaires	4	Thèses de doctorat et HDR	2				

Les outils et les méthodes mobilisés relèvent notamment des domaines suivants : formalisation musicale, outils pour la composition, l'analyse, la performance et l'improvisation, programmation et DSL (*domain specific languages*, notations exécutables), mathématique musicale, IA créative et apprentissage, (co)créativité computationnelle et agents autonomes, architectures cyber-temporelles (services liés à l'ordonnement du temps), systèmes hybrides.

Les recherches de RepMus sont désormais structurées en cinq champs thématiques :

- thématique (F)O(R)M : espaces formels, composition assistée (coord. C. Agon, K. Haddad, M. Malt, M. Andreatta) ;
- thématique COSMOS : Computational Shaping and Modeling of Musical Structures (coord. E. Chew) ;

- thématique REACH : cocréativité humaine et artificielle (coord. G. Assayag, J. Nika, M. Malt, G. Bloch) ;
- thématique ECTIS : écriture et contrôle du temps interactif et synchrone (coord. J.-L. Giavitto) ;
- thématique ACIDS : IA créative et science des données (coord. P. Esling).

■ **Thématique (F)O(R)M : espaces formels, composition assistée**
(Coordination : C. Agon)

Composition assistée par ordinateur

L'environnement OpenMusic a été porté sur LispWorks 8 et passe en version majeure 7. Les versions 7.0 (mars 2022) et 7,1 (octobre 2022) sont désormais compatibles avec les nouveaux processeurs Apple ARM et restent compatibles avec les processeurs Intel, avec les dernières évolutions du système d'exploitation

macOS (BigSur et Monterey), intégrant diverses améliorations issues du suivi et des retours d'usage des utilisateurs, notamment via le Forum.

L'ensemble de l'écosystème OpenMusic est restructuré sous forme d'une « organisation » hébergée sur GitHub, rassemblant les sources de l'environnement, les bibliothèques externes (maintenues ou pas), releases et ressources, ainsi que les bibliothèques « support » (comme la bibliothèque audio), pour un total de 43 *repositories* (dépôts). (K. Haddad)

Recherches musicales, thèses en composition

- Poursuite du travail de rédaction de la thèse d'Alessandro Ratoci intitulée « Vers l'hybridation stylistique assistée par ordinateur » (Doctorat recherche en composition de Sorbonne Université en codirection avec Laurent Cugny et Moreno Andreatta). La thèse se déroule depuis le début à mi-temps (soutenance prévue : juillet 2023).
- Thèse de Frédéric Lebel : soutenance prévue à l'été 2023.
- La thèse de Daniel Cabanzo, « Correspondance entre systèmes de représentation musicale et transformations électroniques dans les œuvres mixtes en temps réel », a été abandonnée par le thésard.
- Dans le cadre de la thèse de Gonzalo Romero Garcia, co-encadrée par Isabelle Bloch, un prototype pour l'analyse musicale a été développé, basé sur les outils de la morphologie mathématique (une théorie générale de l'analyse de formes géométriques étendue au calcul spatial, aux raisonnements logiques ou encore aux concepts formels). Si nous représentons les partitions comme des images en échelle de gris au moyen de la représentation en piano roll ou chroma roll, nous pouvons y appliquer la morphologie mathématique. Cette technique s'est avérée très efficace : un procédé central de la musique, la répétition de motifs, peut être modélisé comme une dilatation entre un motif (agissant comme élément structurant) et une table d'activations qui marquent le temps et la fréquence

où il apparaît. Nous avons alors modélisé des morceaux de musique classique comme un arbre de dilatations qui permet de reconstruire le morceau ; en effet, en agrégeant des motifs, nous pouvons créer des éléments structurants de plus en plus complexes jusqu'à recomposer le morceau.

- Pour générer les éléments structurants de base, nous proposons un cadre basé sur deux paramètres musicaux essentiels : la texture, qui contrôle le rythme, et l'harmonie, qui contrôle la distribution de fréquences. Ces deux paramètres permettent de générer une infinité d'éléments structurants qui aident à modéliser la musique.
- La dilatation permettant de générer des morceaux, nous découvrons que nous pouvons utiliser l'érosion comme une technique d'analyse. Cette approche ouvre la voie à des méthodes pour analyser automatiquement des morceaux de musique où des méthodes algorithmiques ou d'apprentissage machine sont à explorer.

SMIR (Structural Music Information Research)

L'année 2022 a vu plusieurs évolutions majeures du projet SMIR mené initialement par Moreno Andreatta dans le cadre de sa *fellowship* USIAS, et inscrit désormais comme un véritable axe de recherche transversal depuis novembre 2019 dans l'organigramme de l'IRMA de Strasbourg. Le projet est, depuis 2021, en collaboration étroite avec l'ITI CREAA (Centre de recherche et d'expérimentation sur l'acte artistique), la HEAR, le Conservatoire de Strasbourg et l'Ircam. Il vise à constituer une nouvelle approche de type structurel dans le domaine du Music Information Research et s'articule autour de quatre grands axes :

- Morphologie mathématique (MM) et Analyse des concepts formels (FCA) pour l'analyse musicale computationnelle ;
- Tonnetz généralisé, homologie persistante et classification stylistique automatique ;
- théorie des catégories et théories transformationnelles pour l'analyse musicale (assistée par ordinateur) ;

- problèmes théoriques posés par la musique et conjecture ouverte en mathématiques.

Outre ces quatre thématiques qui constituent les axes théoriques principaux du projet, un cinquième axe a été particulièrement exploré pendant l'année 2022 dans le cadre initialement d'un sous-projet appelé ProAppMaMu (Processus et techniques d'apprentissage des savoirs mathémusicaux). Ce sous-projet, qui a bénéficié d'un soutien de deux ans de la MITI du CNRS (2019-2021), visait à renforcer la réflexion sur la composante cognitive et perceptive des rapports mathématiques/musique. Pendant la deuxième année du projet ainsi que tout au long de l'année 2022, nous avons poursuivi les ateliers pédagogiques centrés sur l'apprentissage des représentations géométriques en musique et adressés principalement aux élèves de collège et lycée. Les ateliers, conçus de façon modulable afin de s'adapter aux différents publics, s'appuient sur l'environnement web qui a été également adapté afin de permettre la tenue d'une série de tests perceptifs. Les résultats ont été présentés dans le cadre de plusieurs conférences et séminaires de recherche. Les ateliers qui se sont déroulés tout au long de l'année 2022 ont pu s'appuyer sur un support papier spécialement conçu et permettant à chaque élève d'assimiler de façon active les différentes notions ainsi que sur un film – *Musique et mathématique : histoire d'une rencontre* – qui est désormais disponible avec sous-titrage et traduction du contenu en anglais. Le projet ProAppMaMu constitue désormais la composante cognitive du projet SMIR. Toutes les actions menées en 2022 dans le cadre du projet ProAppMaMu sont donc listées sur la page web du projet SMIR (<http://repmus.ircam.fr/moreno/smir>). Pour les activités antérieures, voir à la page du projet ProAppMaMu : <http://repmus.ircam.fr/moreno/proappmamu>. Les divers ateliers qui se sont déroulés en 2022, y compris un PAF (Plan académique de formation) organisé par l'ENS-Lyon, ont été accompagnés par des actions visant la transmission des connaissances auprès du grand public dans une perspective dépassant les barrières entre

musique savante et musique populaire (rock, jazz, pop, chanson). Après une année de pause à cause de la situation sanitaire et une année de transition (2021), l'année 2022 a vu la tenue du spectacle Math'n Pop sous des formats différents, à la fois en tant que spectacle (rappelons que Math'n Pop avait été labellisé initialement par le CNRS dans le cadre de ses 80 ans et de l'année des mathématiques et avait ensuite bénéficié d'un soutien de l'IDEX de l'université de Strasbourg tout au long des années 2020-2021 dans le cadre de l'appel à projets Université2Cité) mais aussi conférence-concert adressée à des spécialistes (mathématiciens et/ou musicologues) ainsi qu'aux étudiants du secondaire et au grand public.

Parmi les autres faits marquants de l'année 2022 dans le cadre des projets SMIR, ProAppMaMu et Math'nPop, on citera :

- participation de Moreno Andreatta à l'International Day of Mathematics (14 mars 2022) avec une conférence intitulée "Maths in music... the music of maths!" ;
- participation de Moreno Andreatta à la deuxième édition du [Curieux Festival](#) (Les sciences se mettent en scène), Strasbourg, avril 2022, avec la performance croisée artiste-scientifique, [La formule pour faire un tube](#) (en collaboration avec l'n-ième chanteur Lionel Grob), ainsi que performance finale lors de la séance de clôture du festival ;
- participation de Moreno Andreatta et Laurent Mandeix au PAF (Plan académique de formation) sur mathématiques et musique organisé par l'ENS-Lyon et performance finale avec spectacle Math'n Pop au théâtre Kantor de l'ENS (19-20 mai 2022) ;
- conférence-concert maths/musique de Moreno Andreatta à l'Italy Sounds Classic (Bologne, 9-11 juin 2022) ;
- participation de plusieurs membres du projet ProAppMaMu et SMIR à la conférence internationale MCM 2022 (Atlanta, 21-24 juin 2022). Communications et posters qui ont fait l'objet de publication dans les Proceedings MCM 2022 (Springer) ;
- Invited talk de Moreno Andreatta à la première IMA Maths and Music Conference (Royal College of Music de Londres, 13-15 juillet 2022) ;
- dernière année de la thèse de Greta Lanzarotto consacrée aux conjectures mathématiques issues de la théorie musicale (« Conjecture de Fuglede et problème de construction des canons rythmiques mosaïques »). Thèse en cotutelle entre l'université de Pavie et l'université de Strasbourg (en collaboration avec l'Ircam). Thèse soutenue le 29 septembre 2022 ;
- troisième année de la thèse de Matias Fernandez Rosales dans le nouveau doctorat Composition et interprétation (HEAR/U. de Strasbourg). La thèse est consacrée aux modèles formels en composition assistée par ordinateur (avec focus sur OpenMusic) et codirigée par Moreno Andreatta et Daniel D'Adamo ;
- poursuite de la collaboration avec Isabelle Bloch (Télécom/ParisTech) sur la morphologie mathématique, l'analyse des concepts formels et l'homologie persistante appliquées à la musique, en relation avec le pôle (F)O(R)M de RepMus ;
- poursuite du travail d'adaptation par Corentin Guichaoua (ancien membre du projet COSMOS) de l'environnement web Tonnetz pour une série d'expériences perceptives qui ont été menées dans le cadre du projet ProAppMaMu par José-Luis Besada (post-doc Universidad Complutense de Madrid) et Erica Bisesi (professeure associée à l'Université de Montréal) ;
- lancement en octobre 2022 d'un nouveau séminaire Mathémusique à l'IRMA de Strasbourg (co-organisé par Victoria Callet et Moreno Andreatta, avec le soutien de l'ITI CREEA et de l'IRMA). Deux séances (« Modélisations d'espaces et langages musicaux pour l'analyse et la composition » par Louis Bigo, « Théories transformationnelles en musique: de la théorie des groupes aux musiques de films, et au-delà » par Alexandre Popoff et « La déraisonnable efficacité de la transformée de Fourier discrète en théorie musicale » par Emmanuel Amiot) se sont déroulées en 2022 ;
- Moreno Andreatta est lauréat du prix Sciences 2022 de l'Académie rhénane « pour ses travaux novateurs à l'interface entre mathématiques et musique et pour ses actions pédagogiques à destination des lycéens » ;
- participation de Mikhail Malt à la 7th International MusMat Conference (2022) – 100 Years of Xenakis: His Music and Legacy, avec la conférence "Iannis Xenakis, Between Classic and Fuzzy Logic, from Stochastic Processes to Composition", 18 octobre 2022 ;
- participation de Mikhail Malt au Séminaire SHENG (Collegium Musicae), le 14 mai, avec la présentation « Le fleuve de sons, analyse des modulations et masquages dans les accords du Sheng » ;
- participation aux comités de pilotage des projets et conférences suivants :
 - séminaire Sheng (Collegium Musicae) (M. Malt),
 - colloque Rameau-Fourier (Collegium Musicae et Ircam) du 7 au 9 novembre 2022 (M. Malt).

■ Thématique COSMOS (Computational Shaping and Modeling of Musical Structures)

(Coordination E. Chew)

Le projet ERC COSMOS (Computational Shaping and Modeling of Musical Structures, cosmos.cnrs.fr) a débuté le 1^{er} juin 2019 au laboratoire STMS. COSMOS vise à utiliser la science des données, l'optimisation/analyse des données et la science citoyenne pour étudier les structures musicales expressives créées dans la performance musicale et dans des sources inhabituelles comme les arythmies cardiaques. Le projet de PoC ERC Heart.FM qui l'accompagne a pour but de maximiser le potentiel thérapeutique de la musique grâce à une thérapie sur mesure avec feed-back physiologiques. Les principales orientations de recherche en 2022 étaient les suivantes :

- poursuite de nos accords avec Bösendorfer pour utiliser ses fichiers historiques de pianos de concert spécialement édités pour le système Bösendorfer Enspire Pro et avec Steinway pour l'accès à la recreation par Zenph Studios de l'enregistrement des *Variations Goldberg* de Glenn Gould en 1955. Nous avons également réalisé des enregistrements du *Pluton* de Philippe Manoury (membres de l'équipe responsables, autres que le PI : Daniel Bedoya, Lawrence Fyfe);
- des efforts considérables ont été déployés pour automatiser le traitement des performances musicales enregistrées à des fins d'analyse et de visualisation. Un cadre logiciel modulaire et extensible a été créé pour permettre l'extraction automatique des caractéristiques musicales pertinentes à partir de données MIDI et audio. Compte tenu des données MIDI et audio synchronisées enregistrées, nous disposons désormais d'une solution efficace, évolutive et à commande unique pour extraire toutes les caractéristiques nécessaires (Corentin Guichaoua, Daniel Bedoya);
- la conception et les capacités du portail web scientifique citoyen CosmoNote (<https://cosmonote.ircam.fr>) continuent de s'améliorer. L'article détaillé sur CosmoNote est publié dans le numéro spécial du *Journal of the Audio Engineering Society* consacré à l'élargissement des frontières de l'audio sur le web [JAES2022]. L'article décrit les décisions de conception de CosmoNote et montre comment il exploite les technologies audio web pour permettre la collecte à grande échelle d'annotations de musique interprétée. Une étude de cas est présentée qui examine les annotations de l'auditeur et de l'interprète des 32 *Variations* de Beethoven. Un catalogue de structures expressives et d'exemples, ainsi qu'une description des stratégies d'annotation sont publiés dans la section Performance Science de *Frontiers in Psychology* [Front. Psychol. 2022]. (Lawrence Fyfe, Daniel Bedoya);
- après le lancement public de CosmoNote à la fin de l'année 2021, l'enregistrement complet des *Variations Goldberg* par

Glenn Gould en 1955 a été mis en ligne avant la Journée mondiale du piano (1^{er} mars 2022). Un jeu de données d'exploration gratuit a été ajouté en avril 2022. La collection de musique d'arythmie, *Stolen Rhythms*, a été ajoutée pour la Semaine mondiale de sensibilisation à la fibrillation auriculaire en novembre 2022; la musique et les données physiologiques de la suite 3 d'arythmie ont été ajoutées en décembre 2022 (membres de l'équipe responsables, autres que le PI : Daniel Bedoya, Lawrence Fyfe);

- un volet de la recherche applique les techniques d'analyse des performances musicales aux informations cardiaques. Des rythmes transcrits à partir de battements cardiaques aberrants ont servi de base à une musique d'arythmie qui a été enregistrée et largement partagée sur les médias sociaux. De nouveaux rythmes volés (<https://youtu.be/f0yXU6VKRts>) et des battements de cœur de souris vieillissantes avec et sans contrôle cérébral (<https://youtu.be/YAULoA5ARms>) ont été créés;
- dans le cadre de la preuve de concept ERC Heart.FM, une application mobile capable de synchroniser la musique avec les signaux physiologiques des auditeurs a été créée afin de déployer des techniques de collecte et d'analyse de données à grande échelle pour réduire la pression artérielle et améliorer la santé cardiovasculaire. L'application mobile est accompagnée d'une application de visualisation de bureau pour les démonstrations en direct. Elaine Chew présente ces travaux lors des conférences de cardiologie Cardiogen à Bordeaux et Rhythmo Lyon. Les préparatifs sont en cours pour commencer les études sur les patients. (Charles Picasso);
- dans le cadre du projet partenaire, EAR STRETCH, Emily Graber présente Viva Contemporary! Mobile Music Laboratory à ACM Multimedia [ACMMM2022] et aux Ateliers du Forum Ircam. Le MML permet d'améliorer et d'étudier la façon dont les gens vivent la musique classique contemporaine abstraite, qui peut être peu familière et aliénante pour les auditeurs.

Un contrôleur tactile interactif permet aux utilisateurs de diriger la musique pendant qu'elle est synthétisée. Contrôler le tempo de la musique en temps réel permet d'établir des attentes et des prédictions qui peuvent façonner la perception et l'appréciation. Des capteurs cardiaques et cérébraux portables sont utilisés pour capter les effets physiologiques de l'interaction et les analyser ensuite hors ligne afin de mieux comprendre le rôle de la prédiction dans l'appréciation de la musique (membres de l'équipe responsables, autres que le PI : Emily Graber, Charles Picasso).

Parmi les faits marquants de 2022, on peut citer les suivants :

- **CosmoNote**, <https://cosmonote.ircam.fr>, notre portail de science citoyenne basé sur le web pour l'annotation des structures dans la musique interprétée, est actuellement la seule interface logicielle qui offre un ensemble complet d'événements musicaux (MIDI) et de fonctionnalités audio et les rend largement disponibles et accessibles sur le Web. C'est la finalité visible de l'avancée technologique. Sous cette interface élégante, CosmoNote est alimenté par un logiciel efficace et rationalisé capable de prendre de grandes quantités de données (MIDI et audio) et de les transformer efficacement en de nombreuses fonctionnalités à afficher sur l'interface web. Sept nouvelles collections ont été rendues publiques sur CosmoNote et deux études majeures ont été menées sur les comportements des utilisateurs.
- **Citizen Science and Frontier Research**, <https://cosmos.isd.kcl.ac.uk/?p=3626>, l'événement annuel du ERC comprenait CosmoNote et ses collections de musique et de biosignaux liés. Il s'agissait du premier événement annuel hybride organisé à l'ERCEA depuis la pandémie. Elaine Chew a pris la parole lors de la table ronde sur le partage d'expériences : quelles sont les méthodologies, les approches et les conditions les plus efficaces pour mener des activités scientifiques citoyennes? Pour l'exposition, Elaine a réalisé de nouveaux

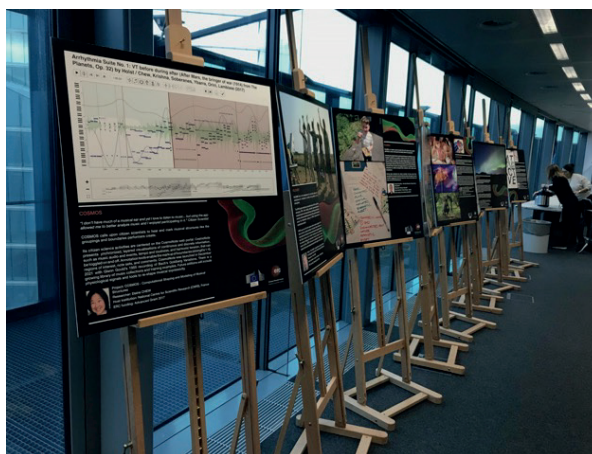
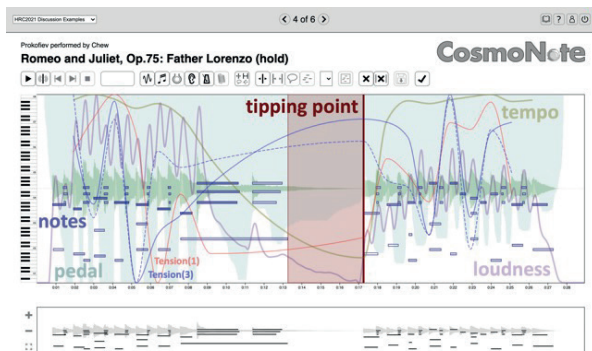


Figure 1. CosmoNote (<https://cosmonote.ircam.fr>), une plateforme scientifique citoyenne pour représenter et annoter les structures prosodiques créées par les musiciens lors de leurs performances; CosmoNote à l'événement annuel du ERC sur les sciences citoyennes et la recherche frontière (<https://cosmos.isd.kcl.ac.uk/?p=3626/>).

collages Stolen Rhythm, avec des annotations et des explications du cardiologue Pier Lambiase, qui viennent enrichir les collections de musique d'arythmie en ligne.

- **HORIZON, le magazine de la science et de l'innovation de la EC**, publie un article et une courte vidéo sur le projet Heart.FM, <https://bit.ly/3RiRR90>, <https://youtube.com/watch?v=fhEhIGILbWE>: « L'Europe est passée de l'idée que la musique pouvait arrêter les épidémies il y a 400 ans à la prise de conscience qu'elle peut contribuer à prévenir les maladies cardiovasculaires aujourd'hui. »

■ Thématique REACH : cocréativité humaine et artificielle

(Coordination G. Assayag)

Membres de REACH : G. Assayag, J. Nika, M. Malt, J. Borg, G. Bloch, M. Chemillier, Y. Rebearivelo, Y. Prado, S. Dubnov, K. Chen, V. Gokul (équipe internationale de l'ERC REACH).

Le pôle REACH explore de manière systématique le paradigme de la créativité computationnelle et de l'IA créative à l'aide de dispositifs inspirés par l'intelligence artificielle, ceci dans le sens des nouvelles interactions audio et symboliques musicien-machine ou dans celui de la science des données et l'extraction des connaissances. Il s'adosse à l'ERC REACH et au projet ANR MERCI.

Au cours de cette période, nous avons créé un nouvel environnement logiciel d'agents créatifs basé sur l'IA, Somax2, avec une architecture nouvelle de serveur d'interaction distribué multi-thread, une nouvelle interface sans fil multi-agents pour la scène, et un nouveau modèle d'unité cognitive hautement réactive, impliquant un modèle d'écoute artificielle et de mémoire musicale, avec des fonctions de traitement audio en temps réel.

Nous avons également créé une nouvelle version du logiciel d'improvisation basée sur des scénarios Djazz et de l'application du micro-scénario réactif DICy2, avec une boîte à outils intégrée qui servira à la fois à unifier tous ces outils et à en prototyper rapidement de nouveaux.

Cela constitue une plateforme expérimentale unique pour tester tous les aspects de l'interaction cocreative entre les musiciens et les agents IA. Nous avons lancé une série d'études en sciences sociales liées à l'improvisation dans les réseaux sociaux (notamment TikTok), à l'expérimentation et à l'enquête sur l'« acceptabilité » des agents d'IA dans les réseaux cyberhumains, en utilisant notre plateforme expérimentale.

Nous avons organisé plusieurs résidences, sessions expérimentales en studio et des événements publics dans le domaine de la création musicale avec des artistes de renommée internationale, en utilisant les produits de la recherche REACH.

L'expérience et les données recueillies seront précieuses pour améliorer la prochaine génération de modèles d'interaction et d'environnements logiciels en tenant mieux compte de la perception et des attentes humaines. Nous avons développé de nouveaux prototypes de notre environnement de réalité mixte basé sur la guitare HyVibe en mettant en place une plateforme expérimentale utilisant une acoustique active, des capteurs hexaphoniques et une traduction MIDI en temps réel, en prototypant un nouveau système d'improvisation d'IA embarquée basé sur le modèle Somax2 sur un micro-contrôleur Raspberry PI, comme préfiguration de l'IA embarquée instrumentale.

Ce prototype a été testé par notre réseau d'artistes et nous recueillons leurs réactions pour comprendre comment les musiciens tirent parti des dispositifs musicaux de réalité mixte.

Nous avons mené des recherches avancées sur la modélisation par apprentissage profond dans les domaines suivants :

- prédiction d'accords à partir de flux audio en direct, en comparant l'espace latent variationnel aux cartes auto-organisatrices (SOM) comme base du modèle de cognition musicale Somax2 ;
- extraction agnostique d'une voix instrumentale à partir de l'audio polyphonique pour créer un remplacement génératif ; application au projet Toots Thielemans virtuel ;

- Multitrack transformers pour l'apprentissage des dépendances à long terme dans la musique avec divers instruments ;
- mise au point d'une nouvelle mesure d'entropie de transfert symétrique (SymTE) permettant de commuter entre plusieurs modèles génératifs profonds pré-entraînés en fonction du signal du musicien en situation de co-improvisation ;
- exploration d'un modèle de type « information bottleneck » dans lequel l'information d'entrée est compressée avec perte (ou bruitée), ce qui permet une plus grande généralisation à partir des représentations latentes, et une symbolisation permettant une représentation temporelle par modèle de langage (comme les VMO déjà utilisés dans les logiciels d'improvisation). Nous sommes alors en mesure d'examiner le niveau d'information qui passe entre l'environnement (le musicien) et l'agent (l'improvisateur artificiel) ;
- exploration de l'apprentissage par renforcement, dans lequel un agent maximise une fonction de « récompense » (reward) en scrutant les états futurs de la co-improvisation, de sorte à éviter l'effet d'hyper-localité inhérent aux modèles de ML classiques. Dans ce cas, un « embedding » ou code dans l'espace latent est formé à partir de la séquence des états joués par la machine, attaché au dernier état joué par le musicien.

Ces avancées théoriques alimenteront à leur tour les prototypes logiciels, les plateformes expérimentales et les configurations de réalité augmentée afin d'améliorer les capacités d'écoute et d'initiative des agents IA impliqués dans l'interaction cocreative.

Faits marquants 2022

- Intégration de UCSD comme co-beneficiary du projet ERC REACH, resp. Pr. Shlomo Dubnov et doctorants K. Chen et V. Gokul.
- Release de la version finale de DICY2 avec un ensemble complet de tutoriels et une version pour Ableton Live et Release de la version finale de Somax2 en version application (v2.4.1).
- Continuation de la mise à jour, portage et refonte de l'inter-

face utilisateur de Djazz MIDI et Djazz AUDIO pour adaptation aux OS récents et aux nouvelles versions d'Antescofo. DJazz est la nouvelle version d'Improtek (M. Malt).

- Continuation de la collaboration à long terme avec l'Université de São Paulo (Prof. Cassia Carrascoza Bomfim) pour la réalisation de concerts télématiques et de la recherche sur l'improvisation en réseau. (M. Malt).
- Résidences : résidence de recherche et création de Rémi Fox pour le projet « C'est pour ça », résidences REACH de Steve Lehman et l'Orchestre national de jazz dans l'optique de la création du projet « Ex Machina » en 2022, début de la résidence REACH de Joëlle Léandre et Hervé Sellin autour de l'interaction improvisée avec les agents créatifs en vue de ManiFeste-2023.
- Dissémination : articles sur REACH dans *Forbes*, *European Science-Media Hub*, *Quadrature*, documentaire Images d'une œuvre n° 29 : « Ex Machina » de Steve Lehman et Frédéric Maurin, création festival Présences le 11 février 2022 à la Maison de la radio.

- Série de performances Somax2 à SMC 2022 à Saint-Étienne lors de la soirée Improvisation Musique aux Mines lors de la conférence Meta-Xenakis à Rouen, lors de la journée Xenakis à l'ISC-PIF.
- Co-organisation de la Journée d'études en hommage à Iannis Xenakis, 12 mai 2022, CAMS/EHESS, ISC-PIF, Ircam, deux performances Somax2 avec Bernard Lubat et Pavlos Antoniadis autour du concept d'extension cocreative de Xenakis.
- Mise en place avec Philippe Codognot (JLFI) et le CNRS de l'IRN (International Research Network) France-Japon sur l'IA en partenariat avec le Japan AI R&D Network qui regroupe tous les acteurs japonais dans ce domaine ; copilotage du Horizon MSCA Cofund Sound.AI de SU qui financera 30 thèses en IA.
- Présentation de deux articles séminaux REACH sur les nouvelles orientations liées à l'apprentissage profond dans IEEE Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR) et dans le journal *Physical Sciences Forum* après la conférence Bayesian and Maximum Entropy methods in Science and Engineering (Maxent 22) à l'institut Henri Poincaré.

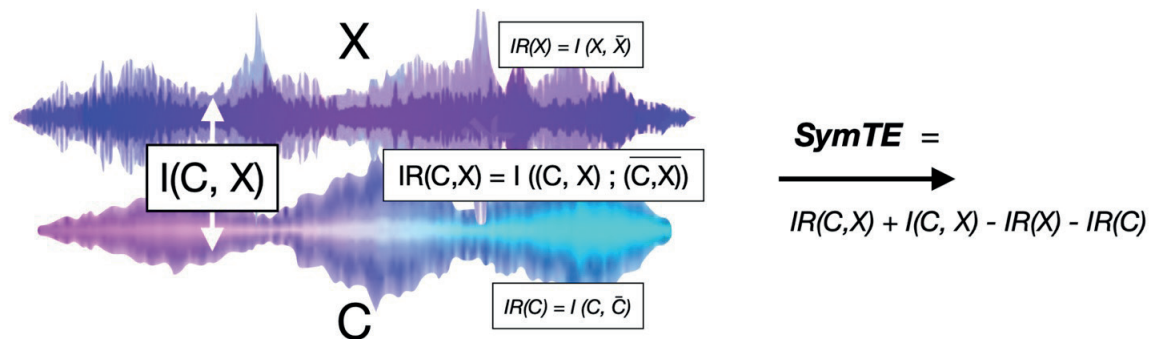


Figure 2. Estimation de l'entropie de transfert symétrique (SymTE) entre un signal généré X et un signal de commande (input musicien) C dans la co-improvisation : cette mesure donne une idée de la différence entre la « surprise prédictive » du signal conjoint et celle des sources séparées. Ainsi, la somme peut être plus « créative » que les parties, caractéristique de la cocreativité comme mécanisme d'émergence.

■ Thématique ACIDS: IA créative et science des données

(Coordination P. Esling)

Orchestration

Cet axe de recherche s'attache à la création de nouveaux outils pour l'orchestration, sa création, sa perception et sa pédagogie. L'objectif est de développer des modèles généralisables d'apprentissage pour la pratique de l'orchestration, assistés par les nouvelles technologies d'informatique musicale, avec comme projet à long terme la construction d'un traité d'orchestration interactif intégrant les connaissances sur les pratiques, la perception, ainsi que des outils numériques pour la composition orchestrale. Depuis quatre ans, cette thématique s'oriente vers les problématiques d'apprentissage pour permettre d'explorer la grande combinatoire engendrée par l'orchestration, tout en conservant son orientation musicale et sa volonté de produire des logiciels créatifs. Ainsi, cette thématique est en lien fort avec le thème « Creative IA ». Sur la dernière année, ces deux thématiques ont de nouveau rencontré plusieurs succès avec l'obtention de nouveaux financements et contrats doctoraux permettant d'en assurer l'expansion.

Les recherches de cet axe ont amené de multiples partenariats avec plusieurs institutions articulées principalement autour de l'Université McGill (Canada) et la Haute école de musique de Genève (Suisse). Ceux-ci sont concrétisés par plusieurs financements dont le projet ANR PRCI MAKIMOno (cofinancé par le NSERC) sur l'analyse de la perception orchestrale, et le consortium international ACTOR regroupant 19 institutions telles que Harvard University, UCSD et UdeM. Ce projet a également obtenu deux nouveaux financements (détaillés dans la section IA).

Parmi les faits marquants :

- continuation du projet international ACTOR sur l'orchestration avec l'Université McGill pour lequel l'Ircam est partenaire principal avec 19 institutions ;
- finalisation d'une résidence de recherche de Maxime Mantovani ;
- travail de recherche et composition avec Alexander Schubert pour la nouvelle pièce *Anima*.

ACIDS

Ce projet articulé autour du nouveau groupe-projet *Artificial Creative Intelligence and Data Science* (ACIDS) de l'équipe RepMus s'attache à comprendre l'*intelligence créative* par deux principaux apports. D'une part, il se donne pour objectif de contribuer à mieux comprendre la créativité humaine et artificielle et d'autre part, de modéliser des phénomènes qui sont intrinsèquement d'une grande complexité. Nous cherchons plus précisément à étendre les approches d'*apprentissage profond* à l'utilisation de séries temporelles multivariées et multimodales, à travers notamment l'analyse de l'*orchestration* et des relations existant entre le symbole (écriture musicale) et le signal (flux audio). Nous proposons d'introduire l'apprentissage (basé sur les corrélations trouvées dans le travail de compositeurs reconnus) d'*espaces multimodaux* permettant de déchiffrer les interactions entre signal et symbole. Le projet amène à la création d'un axe fort autour de l'apprentissage automatique à travers le groupe ACIDS et bénéficie de six thèses de doctorat ainsi que de multiples financements, et est également marqué cette année par le développement de plusieurs collaborations industrielles et internationales (Japon).

Les thèses en cours en 2022 concernent l'apprentissage symbolique pour l'orchestration avec une nouvelle bourse GPU, les problématiques d'apprentissage de variétés multidimensionnelles pour la compréhension du signal orchestral et la générativité variationnelle de signaux multivariés (A. Caillon), la modélisation de processus créatifs et l'inférence semi-supervisée de modes probabilistes (G. Bindi), l'embarquabilité des modèles de synthèse profonds (N. Devis) ainsi que le coût énergétique et l'impact écologique de l'apprentissage profond (C. Douwes). L'année 2022 est marquée par le démarrage de trois nouvelles thèses autour de la problématique de l'efficacité des modèles, sous les angles de la quantité de données (N. Demerlé), de l'efficacité mémoire et de calcul (D. Genova) ou du contrôle des modèles génératifs (S. Nabi).

Parmi les faits marquants

- Prix NVIDIA Project of the month 2022 décerné au Neurorack.
- Supervision d'un financement autour de l'IA créative Emergence(s), ville de Paris (250 k€).
- Renforcement du partenariat avec le Japon, avec des partenariats français (JFLI – Philippe Codognet) et japonais (MIL – Tatsuya Harada et KU – K. Yoshii), avec :
 - démarrage en novembre 2022 d'une délégation d'un an comme chercheur invité pour P. Esling au Japanese-French Laboratory for Informatics (JFLI) à Tokyo ;
 - démarrage d'une bourse JSPS d'un an pour N. Devis avec l'université de Tokyo au Machine Intelligence Laboratory (T. Harada).
- Obtention d'une bourse de doctorat CNRS France-Japon.
- Développement du Neurorack (premier synthétiseur embarqué utilisant des modèles de synthèse profonds et au format Eurorack), avec la version Neurorave utilisant des descripteurs audio.
- Démarrage de trois nouvelles thèses grâce à l'obtention de multiples bourses :
 - Nils Demerlé (bourse EDITE) sur l'apprentissage avec peu de données par topologie latente ;
 - David Genova (bourse Polytechnique) sur la découverte de sous-réseaux légers ;
 - Sarah Nabi (bourse AI4IDF), en co-encadrement avec ISMM (F. Bevilacqua) et Telecom (G. Peeters) sur le contrôle multimodal des modèles génératifs.
- Continuation de la thèse de Giovanni Bindi (CNRS) sur la création de mode probabiliste.
- Continuation de la thèse de Ninon Devis sur la miniaturisation des algorithmes de deep learning pour l'embarqué et les synthétiseurs modulaires.
- Obtention de l'HDR pour P. Esling devant un jury composé de Y. LeCun, D. Eck, B. Sturm, S. McAdams, M. Sebag et P. Gallinari.

- Continuation de thèse sur l'apprentissage automatique de paramètres de synthèse en CIFRE avec Sony CSL (T. Bazin).
- Continuation de deux thèses (C. Douwes, A. Caillon) autour de l'apprentissage automatique pour la synthèse orchestrale.
- Travail de recherche/création musicale simultané et restitutions en 2022 avec :
 - Alexander Schubert (2^e commande Ircam – Anima);
 - Maxime Mantovani (résidence recherche Ircam).
- Extension et développement du FlowSynthesizer, logiciel présenté sous forme de device Max4Live permettant l'inférence de paramètres de synthèse depuis un fichier audio.
- Déploiement open source et distribution d'un ensemble d'objets grand public MaxMSP et PureData pour l'utilisation des modèles profonds pour la synthèse audio, à travers la librairie nn~
 - Modèle WaVAE (PureData);
 - Modèle RAVE (MaxMSP).
- Développement du premier VST intégrant de la synthèse audio neurale – RAVE VST.
- Intégration commerciale de RAVE au plugin Neutone développé par la société japonaise Qosmo.

■ Thématique ECTIS: Écriture et contrôle du temps interactif et synchrone

(Coordination J.-L. Giavitto)

Cet axe de travail vise à développer les notions et les langages permettant de programmer des interactions musicales complexes en temps réel lors de performances. Les travaux de cette année se sont concentrés sur les évolutions du système Antescofo pour renforcer sa bibliothèque – en particulier par des fonctions de manipulation symbolique utiles à la CAO –, le développement d'application de synthèse et de contrôle de sons distribués, et le travail de doctorat de Martin Fouilleul.

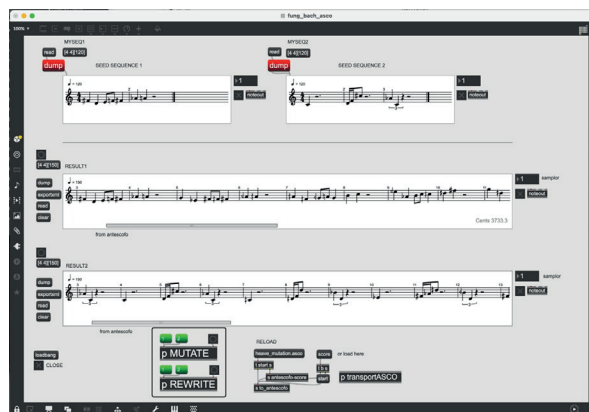


Figure 3. Copie d'écran de l'interface Max de Fung, moteur de réécriture de séquence MIDI développé par Augustin Muller lors de la composition de l'opéra *Like Flesh* de Sivan Eldar, qui a obtenu le prestigieux prix Fedora.

Programmation d'agents sonores asynchrones

Plusieurs productions récentes (*Biotope* de Jean-Luc Hervé, l'opéra *Like Flesh* de Sivan Eldar à Lille, début 2022) développent une nouvelle approche du son spatialisé : il ne s'agit pas de recréer une image acoustique virtuelle réaliste mais de produire de manière spatialement distribuée un paysage sonore. Dans le cas de *Like Flesh*, 62 haut-parleurs dispersés dans la salle de concert au milieu des spectateurs viennent compléter l'orchestre. Ces dispositifs massifs induisent le développement de nouvelles approches compositionnelles et des nouveaux outils d'écriture qui les accompagnent. Augustin Muller et Sivan Eldar ont développé une notion d'agent sonore autonome en s'appuyant sur la notion d'acteur en Antescofo. Ces agents constituent des systèmes génératifs qui transforment par des techniques de réécriture (grammaire) des phrases musicales. Les séquences de notes produites pilotent ensuite un sampleur qui attaque directement un des 64 haut-parleurs. L'expérimentation, de grande ampleur, a

permis d'optimiser certains calculs dans Antescofo et de valider plusieurs constructions nouvellement introduites dans le langage. Antescofo a été initialement utilisé dans une phase de CAO lors de l'écriture de l'électronique. Il a aussi été utilisé lors de la performance, comme un séquenceur programmable expressif, afin de regagner la flexibilité nécessaire face à l'interprétation très dynamique des chanteurs.

La nouveauté de *Like Flesh* repose pour une grande partie sur une notion de synthèse sonore spatiale qui utilise la forme spatiale de la diffusion comme un paramètre premier de la génération. Inspiré par la programmation amorphe et la programmation spatiale, le système de synthèse est conçu comme un réseau de sources virtuelles maillant une surface dynamique, dont le rendu

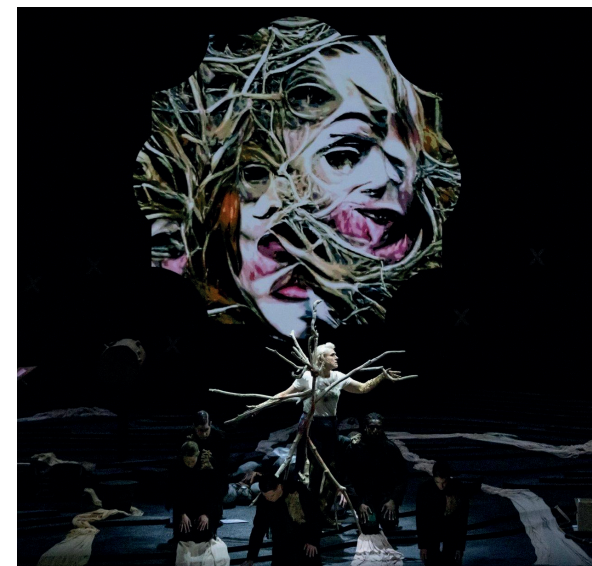


Figure 4. La première de l'opéra s'est donnée à Lille en janvier 2022. © Simon Gosselin

se fait sur un réseau irrégulier de haut-parleurs hétérogènes. Chaque point du réseau implémente un séquenceur polyphonique. L'expressivité du langage a permis de définir simplement des mouvements complexes et des transformations morphologiques du son comme des variations du tempo, de hauteur ou du timbre suivant diverses formes de propagations spatiales (balayage, diffusion circulaire, nuages aléatoires, etc.). Les capacités polyphoniques du langage ont permis également de générer des interactions fines entre chaque point du réseau, notamment au niveau harmonique (comme des propagations d'accords dans l'espace) ou rythmique (comme des synchronisations rythmiques progressives distribuées).

BLITz: bibliothèques et langages pour l'interaction temporelle distribuée

L'objectif du projet BLITz est de concevoir des API et des langages permettant aux artistes et aux techniciens de plateaux de : (a) spécifier de manière unifiée et centralisée lors de la phase de conception, les interactions temporelles entre éléments musicaux et scéniques (vidéos, lumières, mécatroniques) ; et (b) de contrôler, en temps réel lors de la performance, les flux d'événements complexes interconnectant les interprètes, le public, les équipements électroniques permettant de gérer les dispositifs scéniques, et les systèmes de production et de transformation du son.

La thèse de Martin Fouilleul a été soutenue en janvier 2023. Le travail s'est concrétisé par la conception d'un environnement de programmation temporelle appelé Quadrant. Quadrant est pensé comme une pièce centrale où est défini et exécuté le scénario du spectacle, de manière analogue au concept de partition électronique centralisée développé lors de la thèse du compositeur José Miguel Fernandez. Ce travail vise spécifiquement à combler le fossé entre une approche de type langage de programmation et un point de vue plus centré sur une interface utilisateur interactive.

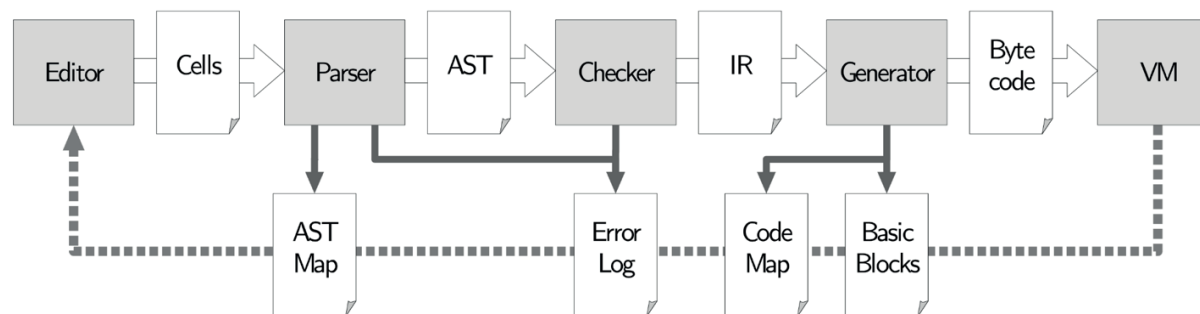


Figure 5. Pipeline d'exécution Quadrant. La machine virtuelle (VM) exécute un bytecode compilé au vol à partir d'un langage réactif synchrone et temporel pour exprimer des scénarios polytemporels concurrents. Elle renvoie des informations sur l'exécution à l'éditeur de structure (editor) qui reflète ces informations en mettant en évidence les instructions exécutées ou en affichant des roues de progression et des icônes d'état directement dans le code. Cela permet à un opérateur de surveiller et de suivre facilement la progression du scénario (monitoring de la performance). Une vidéo de démonstration du prototype est disponible à l'adresse: <https://youtu.be/wGPEDwp1AA>.

Quadrant propose un éditeur structuré avec un langage de programmation dédié, non textuel, et exécuté par une machine virtuelle. Le code source est stocké et manipulé sous forme d'arbre, dont les feuilles peuvent être des éléments aussi bien symboliques (par exemple des identifiants textuels ou des nombres) que figuratifs (par exemple des courbes continues). Ceci permet aux utilisateurs d'écrire des scénarios temporels dans un langage qui ressemble à un langage textuel, tout en intégrant des éléments d'interface graphique. De plus, l'intégration forte entre les différents composants de Quadrant et la représentation structurée de scénarios temporels qu'ils partagent, permettent d'importantes améliorations de l'expérience utilisateur, telles que la mise en forme automatique, le signalement d'erreurs en ligne, la suggestion de code, ainsi que le retour d'information sur l'exécution du scénario en temps réel.

Parmi les faits marquants:

- Lancement et conseil scientifique pour un nouveau cycle de soirées avec le Centre Pompidou: *Fiction Science* (première soirée sur A. Turing en juin 2022, seconde soirée sur les deep fakes vocaux en janvier 2023).
- Participation au comité scientifique du SCRIME.
- Collaboration avec Miller Puckette, professeur émérite à l'UC San Diego, pour le développement d'un alignement audio/audio dans le cadre de la machine d'écoute d'Antescofo.

Équipe Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments (S3AM)

Responsable : Thomas Hélie

L'équipe S3AM élabore des outils théoriques, technologiques et expérimentaux portant sur les systèmes multiphysiques et les signaux sonores qu'ils produisent. Elle s'intéresse à explorer, comprendre, reproduire avec réalisme ou inventer des objets sonores en audio, en acoustique, avec une focalisation sur les instruments de musique jusqu'à la production de la voix. Plus précisément, les objectifs sont de modéliser, simuler, identifier et optimiser ces systèmes (voix, musicien/instrument, haut-parleurs, effets électroniques audio, etc.), avec pour particularité de s'appuyer sur la physique pour faire émerger des structures intrinsèques et en bénéficier. L'équipe élabore des méthodes d'analyse, transformation, contrôle et simulation de sons et des outils d'aide à la conception, dans des paradigmes virtuels, réels ou hybrides.

Dans cette démarche, l'approche globale « systèmes et signaux » apporte une synergie dès la conception des outils, en connectant (et non simplement en juxtaposant) plusieurs disciplines et champs scientifiques : physique, théorie des systèmes et du contrôle, géométrie différentielle, analyse numérique, traitement du signal, informatique, électronique, mécatronique et robotique. Les applications visées concernent les domaines scientifiques, artistiques, pédagogiques et de la santé.

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	5	Revues à comité de lecture	3	Nationaux ANR France Relance ATRIM	1	C2RMF-Louvre (Paris) CRC-Musée de la Musique-Philharmonie (Paris) GIPSA-lab (Grenoble) IJLRA-SU (Paris) ISAE-Sup'Aéro (Toulouse) INP (Paris) INRAE ITEMM LaSiE-Univ. La Rochelle	Hans Peter Stubbe
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	2	Conférences avec comité de sélection	17	Internationaux	0	LAUM LMA-CNRS (Marseille) SATIE-CYU (Cergy) Makutu-INRIA (Bordeaux) UTT	
Doctorants	6	Ouvrages et chapitres	1	Contrats industriels Plugivery UVI Buffet Crampon	3		
Stagiaires	0	Thèses de doctorat et HDR	1				

■ Thématiques principales

Les thématiques traitées par l'équipe S3AM sont : (1) modélisation physique des instruments de musique et de la voix, (2) acoustique instrumentale, (3) synthèse sonore par modélisation physique, (4) plateformes expérimentales robotisées : bouche artificielle robotisée pour le jeu des cuivres, appareil vocal robotisé à l'échelle 1:1, (5) identification de systèmes non linéaires, (6) contrôle de systèmes non linéaires.

■ Domaines de compétences

Les domaines de compétences sont : (1) acoustique, (2) mécanique, (3) systèmes non linéaires, (4) géométrie différentielle, (5) contrôle, (6) théorie du signal, (7) analyse numérique, (8) expérimentation, (9) mécatronique, (10) synthèse sonore, (11) lutherie réelle et virtuelle.

Les résultats marquants de 2022 sont développés selon trois axes principaux :

- problèmes directs : modéliser et simuler avec des garanties ;
- problèmes inverses : analyser, contrôler et optimiser ;
- développements technologiques et expérimentaux : explorer, mesurer et reprogrammer la (bio-) physique.

■ Axe 1. Problèmes directs : modéliser et simuler avec des garanties

Résolution de problèmes non linéaires espace-temps en séries de Volterra et amélioration de résultats de convergence

T. Hélie et B. Laroche (INRAE, Malage)

Ce travail porte sur la simulation d'une classe de problèmes aux limites (espace-temps) non linéaires par pré-résolution spatiale en séries de Volterra. Des résultats passés ont permis de traiter la convergence de la série solution pour des problèmes sur des domaines bornés incluant des non-linéarités à opérateurs bornés. On se concentre désormais à étendre ses résultats à une classe de

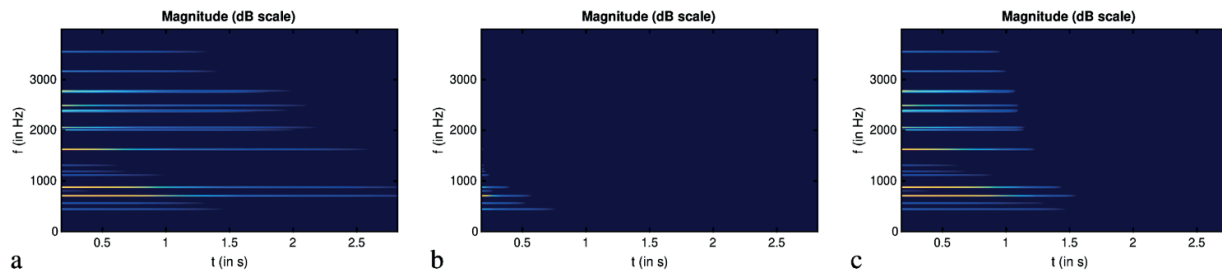


Figure 1. Spectrogrammes de la vitesse centrale d'une membrane simulée pour plusieurs lois d'amortissement : (a) cas typique du métal, (b) bois, (c) matériau mutant du métal lorsque la membrane est chargée d'énergie à bois pour de faibles énergies.

problèmes en milieu borné ou non, et à opérateurs non linéaires bornés ou non, avec un intérêt pratique pour la simulation de propagation non linéaire. Les recherches de l'année 2022 ont permis de définir un nouveau cadre mathématique adapté à traiter ce problème. Ce cadre montre que la convergence est satisfaite (validant l'utilisation de la méthode en pratique pour la simulation temporelle) si une inégalité (associée à chaque problème spécifique) est vérifiée. Un travail en cours est de traiter le cas d'une équation de type Burgers (onde progressive amortie avec formation de chocs).

Lois non linéaires d'amortissement préservant la structure modale de problèmes mécaniques conservatifs : modélisation en systèmes hamiltoniens à ports

T. Hélie et D. Matignon (ISAE-Sup'aéro, Toulouse)

Cette étude a porté sur la définition d'une classe générale non linéaire d'amortissement pour les problèmes conservatifs mécaniques continu sur des domaines bornés. Ces problèmes admettent une décomposition modale, représentation exploitée au cœur du logiciel Modalys. L'étude a permis de : 1) reformuler ces problèmes sous forme hamiltonienne, faisant apparaître leur opérateur linéaire propre ; 2) définir une classe générale d'opérateurs d'amortissement construite sur l'opérateur précédent qui préserve exactement la structure modale du problème original ; 3) d'en

former une extension non linéaire, préservant la même propriété. Cette dernière classe est intéressante en pratique puisqu'elle permet de construire des matériaux physiques mutants. On peut voir en figure 1 des résultats pour une membrane rectangulaire dont le matériau mute continûment d'un comportement métallique (lorsque chargé d'énergie) à un comportement de type bois (lorsque faiblement chargé d'énergie).

Modélisation et simulation de plaques non linéaires dans les formalismes espace-temps et systèmes hamiltoniens à ports : application à la synthèse sonore

Stage de T. Poisson (Université de Rennes 1) co-encadré par T. Hélie, E. Rouhaud (UTT, Troyes, en délégation CNRS auprès de STMS) et D. Roze

Suite à l'accueil en délégation d'Emmanuelle Rouhaud (Professeur à l'UTT), une collaboration continue avec le co-encadrement du stage de Thomas Poisson entre STMS et l'UTT. Ce stage avait pour objectif de définir des modèles de plaques non linéaires dans le formalisme espace-temps (4D) en s'intéressant aux propriétés de passivité et de bilan de puissance équilibré. Ces travaux ont permis d'écrire les premières étapes nécessaires à la simulation d'un modèle de plaque en 4D dans le logiciel Fenics. Après une validation sur un modèle en sollicitation quasi-statique puis l'étude de la

diffusion thermique, les premiers calculs effectués en dynamique n'ont pas réussi à converger en raison de la présence de termes d'inertie. Parallèlement, le modèle de plaque de Von-Karman a été réécrit sous forme de système hamiltonien à port (SHP) en préservant le modèle original présenté par Olivier Thomas où l'inertie longitudinale est imposée à zéro.

Modélisation, analyse et méthodes numériques en temps pour l'acoustique dissipative dans des tuyaux poreux ou rugueux ; application aux instruments à vent

Thèse d'A. Thibault (ED SEA-Univ. de Pau et des Pays de l'Adour, depuis 09/2020, dir. J. Chabassier-équipe MAKUTU, Inria Bordeaux Sud-Ouest, T. Hélie-STMS, co-encadr. H. Boutin-STMS)

Cette thèse s'inscrit dans une approche interdisciplinaire croisant l'acoustique musicale et l'analyse numérique. Elle vise à améliorer, d'une part, les modèles de différents phénomènes physiques ayant lieu dans un instrument à vent (modélisation de la dissipation et dispersion dues à la porosité/rugosité des parois de tuyaux en bois, écriture sous la forme de systèmes hamiltoniens à ports, modèle conservatif 1D de propagation des ondes sonores dans un tuyau de n'importe quelle forme, dérivation d'un nouveau modèle de jonction de tuyaux stable en domaine temporel) ; d'autre part, les méthodes numériques mises en œuvre pour calculer les solutions en temps des équations correspondantes (discrétisation espace-temps préservant une énergie discrète, méthode aux éléments finis pour la propagation d'ondes, représentation diffusive d'opérateurs linéaires à spectre complexe, analyse numérique espace-temps).

Les pertes acoustiques aux parois constituent une difficulté particulière dans les simulations d'instruments à vent. D'une part, le caractère imparfait du matériau n'est généralement pas pris en compte par les modèles existants ; d'autre part, leur comportement fractionnaire en temps les rend difficiles à analyser et à

discrétiser. Les techniques de séparation d'échelles, et les représentations diffusives, permettent de répondre à l'un et l'autre de ces problèmes. Des modèles de pertes dans les tuyaux à paroi poreuse ou rugueuse sont développés dans cette thèse, assortis de leurs propriétés mathématiques liées à la dissipation d'énergie, ainsi que de méthodes de simulation d'ordre élevé préservant le bilan de puissance.

Les travaux de thèse en 2022 sont les suivants :

- développement de modèles réduits de l'acoustique dans les tuyaux poreux (homogénéisation périodique) ou rugueux (séparation d'échelle transverse/longitudinale);
- élaboration de méthodes numériques pour ces modèles (dans le domaine des fréquences, puis en temps);
- recherche sur la modélisation passive d'une jonction de tuyaux par PFEM (formation en milieu professionnel de quatre semaines dans l'entreprise MODARTT);
- étude sur le couplage de schémas numériques d'ordre élevé à bilan de puissance garanti;
- analyse théorique du modèle de dissipation acoustique de Zwikker et Kosten à l'aide de la théorie des représentations diffusives.

Jonction passive non linéaire à 3 ports pour l'acoustique et la mécanique des fluides

V. Wetzel (PhD), T. Hélie et F. Silva, LMA

Un travail conséquent pour la thèse de V. Wetzel (2021) a permis de modéliser des jonctions entre 3 tubes, avec un intérêt direct pour former une perce globale par raccord de tronçons de tubes et de cheminées ou trous latéraux. Cette modélisation macroscopique s'appuie sur une description 2D du fluide à densité localement homogène en espace. Elle est conçue pour produire des résultats: (1) passifs, cette garantie physique permettant de la combiner à souhait pour former un réseau complexe de tubes (pour tout modèle passif de tube); (2) simples à utiliser puisqu'il

s'agit d'une modélisation à constantes localisées (valable pour des longueurs d'ondes aux ordres de grandeurs supérieures aux dimensions de la jonction); (3) adaptés à l'acoustique avec écoulement fluide (convection de masse exacte). Cinq déclinaisons de cette modélisation non linéaire ont été proposées, par un jeu de changement de variables exactes puis d'approximations, allant de la formulation de mécanique des fluides à l'acoustique linéaire, sous forme de représentations d'état et d'interprétations en circuits électriques équivalents.

Conservation du patrimoine des instruments de musique : caractérisation des diffuseurs principaux d'ondes Martenot et élaboration de fac-similés

Postdoctorat de M. Wijnand (Collegium Musicae de Sorbonne Université), dès le 1^{er} mai 2022 pour une durée d'un an. Encadrement : Marguerite Jossic et Thierry Maniguet (Équipe Conservation-Recherche, Musée de la Musique), Henri Boutin.

L'onde Martenot est un instrument de musique électrique présenté au public en 1928. L'instrument a évolué tout au long de la vie de son inventeur, Maurice Martenot (1898-1980). Dans ce projet, on s'intéresse en particulier au modèle présenté lors de l'Exposition universelle à Paris en 1937. Cet instrument comporte un circuit électrique générant une onde dont la fréquence fondamentale est pilotée par un clavier ou un ruban. Un tiroir permet de filtrer l'onde et de spécifier volume et articulation. L'onde résultante est fournie à un ou plusieurs « diffuseurs » qui la convertissent en un son.

Les diffuseurs de l'onde de 1937 étaient dénommés A, B, C, D. Le Musée de la Musique (Cité de la Musique – Philharmonie de Paris) conserve deux diffuseurs de type AB pour l'onde de 1937, contenant (A) un haut-parleur électrodynamique avec un transformateur et (B) un haut-parleur électromagnétique avec un cône en carton (figure 2); ainsi qu'un diffuseur contenant (C) un haut-parleur électrodynamique avec transformateur et amplificateur.

Une recherche de photos, documents et partitions historiques témoigne de l'utilisation de ces types de diffuseurs en musique de chambre, à l'extérieur à l'Exposition universelle de Paris en 1937 et dans une salle de concert à Boston en 1949. Leur état de conservation matériel actuel empêchant leur jeu occasionnel ou régulier, l'étude vise à comprendre la structure et le fonctionnement de ces diffuseurs afin de reproduire leur son, par synthèse sonore ou contrôle actif de haut-parleurs contemporains.

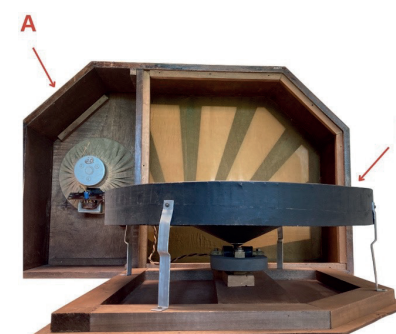


Figure 2. En haut : onde 169 avec diffuseur AB (© Claude Germain, Philharmonie de Paris); en bas : intérieur du diffuseur de l'onde 132.

L'étude se concentre sur le haut-parleur électromagnétique (ou *moving iron loudspeaker*), une technologie standard de l'époque qui sera par la suite remplacée par le haut-parleur électrodynamique (ou *moving coil loudspeaker*), le système le plus répandu de nos jours. Issu d'écouteurs électromagnétiques, le haut-parleur électromagnétique contient un ou plusieurs électro-aimants (aimant permanent + bobine fixe) appliquant une force magnétique variable sur une lamelle ou anche ferromagnétique. Par une tige, cette dernière transmet la vibration au sommet d'un cône en carton qui rayonne le son.

Dans la suite du projet, un modèle physique élémentaire sera développé et comparé à des mesures expérimentales électriques, mécaniques et acoustiques dans le but de caractériser le fonctionnement du haut-parleur électromagnétique en le comparant au modèle de Thiele & Small pour le haut-parleur électrodynamique. À terme, la reproduction sonore de ces diffuseurs viendra servir la conservation du patrimoine sonore de l'onde Martenot, ainsi que son appropriation musicale par des musiciens et compositeurs contemporains

Modélisation physique de l'appareil vocal : simulations et analyse des régimes d'oscillation

Stage de Master 2 (encadrement : T. Hélie, F. Silva, LMA, Marseille) et début de doctorat de Thomas Risse (ED SMAER, depuis octobre 2022, dir. : T. Hélie, co-encadr. : F. Silva, LMA, Marseille, et A. Falaize, LaSIE, La Rochelle).

L'appareil vocal est un système biophysique non linéaire complexe, capable d'une grande variété de régimes et couplant de nombreux phénomènes (mécanique des solides déformables, aérodynamique, acoustique). Ce sujet de thèse propose de modéliser, simuler, analyser et contrôler un appareil vocal, avec une approche par modélisation (bio- et multi-) physique dans le cadre énergétiquement bien posé des systèmes hamiltoniens à ports. Le travail (détaillé

dans le sujet développé) s'intéresse en particulier à la reproduction des différents registres vocaux (voix de « fry », poitrine, tête ou sifflet), voyelles et consonnes (occlusives, fricatives). Pour cela, on s'intéressera aux équations décrivant les mouvements des tissus et de l'écoulement d'air selon une approche de type mécanique des milieux continus, équations à partir desquelles on modélisera l'interaction fluide-structure qui permet la production de la voix. On appliquera des techniques de réduction d'ordre permettant l'analyse de comportement (e.g. cartographies de régimes, bifurcations) et la synthèse sonore avec un objectif de temps réel. Pour traiter la complexité (progressive) des modèles, une part du travail consistera à élaborer des méthodes de génération automatique de code de simulation (mise en équation, discrétisation espace-temps préservant le bilan de puissance, solveur).

Lors du stage et du début de thèse, des travaux ont été réalisés sur le développement de méthodes numériques permettant de simuler des modèles à constantes localisées déjà existants en garantissant le respect d'un bilan de puissance. En parallèle, les bases nécessaires à l'écriture d'un modèle d'appareil vocal complet sous la forme d'un système couplé d'équations aux dérivées partielles sont établies.

Un article présentant les premiers résultats obtenus sera présenté en septembre 2023 au Forum Acusticum (résumé accepté).

Interconnexion de résonateurs non linéaires dans le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports : modélisation, réduction d'ordre et synthèse sonore à passivité garantie

Thèse de C. Voisembert (ED SMAER, depuis octobre 2020, dir. : T. Hélie, co-encadr. : D. Roze, collab. : F. Silva-LMA).

Le but de la thèse est de créer un environnement multiphysique réaliste pour la synthèse audio. Cet outil de lutherie virtuelle permettra de créer des instruments par assemblage de résonateurs et d'interactions. Il devra notamment prendre en compte des géométries quelconques et des phénomènes non linéaires.

On s'appuiera sur une approche hamiltonienne à ports pour modé-

liser et interconnecter des objets spatiaux (structures vibrantes, guides d'ondes), afin de garantir un bilan de puissance équilibré du système global. D'autres garanties (précision numérique, objectif de synthèse en temps réel) devront être apportées par les outils scientifiques développés.

Cette deuxième année de thèse a été consacrée à l'étude de discrétisations spatiales et temporelles d'un modèle de corde souple linéaire, exprimé sous forme hamiltonienne à ports, avec différents types de conditions aux limites. Cette étude a été d'abord réalisée dans le but d'être étendue à tout type de résonateur avec pertes. Plusieurs méthodes de discrétisation ont ainsi été utilisées :

- le modèle est d'abord discrétisé spatialement suivant la méthode *Partition Finite Element Method* (PFEM) ;
- on applique ensuite des discrétisations temporelles au modèle de dimension finie en espace :
 - la méthode du gradient discret, qui nécessite une re-paramétrisation des efforts dans la méthode PFEM ;
 - la méthode *Regular Projection Methods* (RPM), qui permet d'assurer un ordre de précision et un ordre de régularité choisis ;
 - de premières simulations ont ensuite été réalisées à partir de ces différentes discrétisations.

■ Axe 2. Problèmes inverses : analyser, contrôler et optimiser Modélisation de composants électroniques non linéaires, identification et génération de code pour la production de fac-similés virtuels d'effets audio

Thèse CIFRE/UVI de J. Najnudel (ED EDITE, soutenue le 1^{er} juillet 2022, dir. : T. Hélie, co-encadr. : D. Roze et R. Müller-UVI).

Cette thèse porte sur la simulation temps réel physiquement réaliste de circuits analogiques audio emblématiques. Elle s'est concentrée sur de premières générations de compresseurs, égaliseurs et amplificateurs utilisés dans le domaine musical, qui comportent des transformateurs, des lampes et des composants opto-électroniques aux lois méconnues.

Les résultats s'inscrivent dans deux axes et sont tous établis dans le cadre des systèmes hamiltoniens à ports qui garantit la passivité: (axe 1) élaboration de modèles à la fois légers (pour permettre le temps réel) et sophistiqués (pour le réalisme); (axe 2) identification des modèles structurés à partir de mesures sur des circuits réels.

Une contribution majeure de l'axe 1 est le développement d'une méthode de réduction d'ordre de SHP en physique statistique (description microscopique à billions de degrés de liberté vers quelques unités en macroscopique) par extension du principe de Boltzmann au cas de systèmes ouverts (ports d'interconnexion macroscopiques). Cette approche originale a été appliquée avec succès pour modéliser les bobines à noyau ferromagnétique et les transformateurs. Un autre travail sur les coupleurs opto-électroniques, en repartant de descriptions microscopiques, a aussi été un succès (futurs produits UVI).

Les contributions principales pour l'axe 2 sont l'élaboration de deux méthodes d'identification de circuits non linéaires, sous forme structurée, préservant la passivité, et fondées sur: (M1) les noyaux reproduisants, (M2) l'opérateur de Koopman. Outre les résultats produits et d'intérêt pratique pour le sujet, ces méthodes ouvrent une voie avec des perspectives originales.

Projet Vibrations et conservation

Lorsqu'ils sont exposés, stockés ou transportés, les objets du patrimoine subissent des vibrations qui peuvent être à l'origine de dégradations. Ce projet de recherche, financé par la Fondation des sciences du patrimoine, a démarré en 2020 et vise à caractériser et contrôler ces vibrations. Il est mené par l'INP (Institut national du patrimoine), STMS, l'IJLRDA (SU), le Musée de la Musique et SATIE (CYU), et rassemble également plusieurs musées partenaires (Louvre, MAD, MQB, Paris). Au cours de l'année 2022, l'équipe S3AM du laboratoire STMS y était impliquée dans le cadre de la thèse de Loïc Forma (2020-23) et du stage de Niels Sageaux (mars-août 2022) détaillés ci après.

Systèmes intelligents de contrôle des vibrations appliqué à la conservation des objets du patrimoine

Thèse de L. Forma (CY-Université, depuis septembre 2020, dir.: N. Wilkie-Chancellier (Satie-YU), co-encadr.: H. Boutin, M. Jossic (Musée de la Musique), S. Le Conte (INP).

Le projet de thèse de L. Forma a pour objectif de développer une solution de contrôle actif adaptatif pour les supports d'œuvres utilisés dans les musées, depuis l'expérience de laboratoire jusqu'à la preuve de concept. En 2022, les travaux de thèses ont porté sur:

- la réalisation d'une maquette de support d'œuvre permettant de tester les algorithmes (cf. figure 3);
- l'implantation de différents algorithmes de contrôle de type *feedforward*, et leur optimisation pour minimiser les vibrations des supports d'œuvres dans les musées (cf. figure 4).

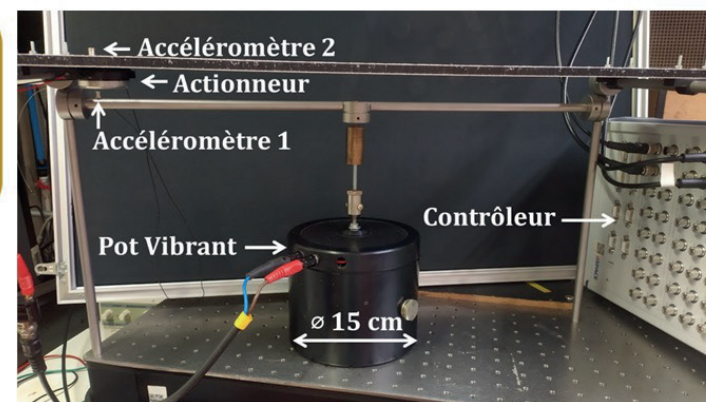
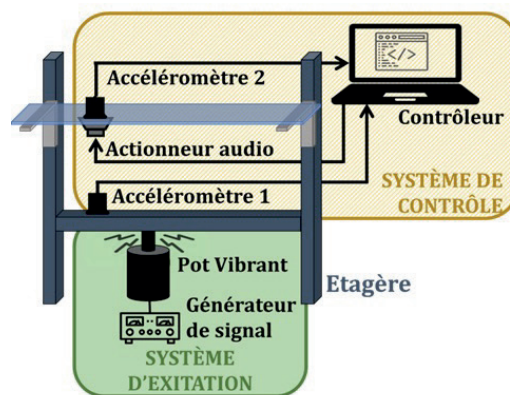


Figure 3. Schéma et photo du dispositif expérimental. L'étagère a été fournie par le Musée de la Musique.

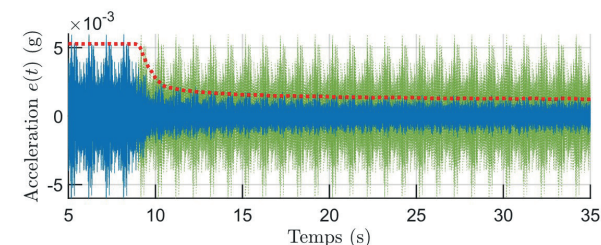


Figure 4. Accélération mesurée au niveau de l'étagère en absence (vert) et en présence (bleu) du dispositif de contrôle actif. Le contrôleur est activé à partir de 9 secondes.

Création contrôlée et détection de défauts dans le bois par méthodes acoustiques

Stage de Master 2 de Niels Sageaux (21/03-19/08/2022).
Encadrement : H. Boutin, M. Jossic (Musée de la Musique, Paris).

Ce travail expérimental préliminaire visait à tester la corrélation entre l'endommagement d'une poutre en bois encadrée à ses extrémités (bâtonnets de glace) et les caractéristiques de ses modes propres de vibration. Il repose sur l'hypothèse que l'endommagement de la poutre, caractérisé par le nombre de fibrilles rompues dans le matériau, est proportionnel à la quantité d'énergie acoustique transmise à la poutre au cours de la rupture.

Le stage a permis de mettre en place un protocole expérimental répétable d'endommagement statique des bâtonnets de bois.

Pour cela, chaque bâtonnet était soumis à une flexion 3 points engendrée par une masse réglable, et était équipé d'un accéléromètre pour la mesure d'émissions acoustiques engendrée par les ruptures des fibrilles de bois (cf. figure 5 à droite). Pour la mesure de réponse en fréquence (cf. figure 5 à gauche), le bâtonnet était excité par un marteau d'impact et son mouvement mesuré à l'aide d'un vibromètre laser.

Ce protocole n'a pas permis pendant le stage de mettre en évidence un lien entre les variations de caractéristiques des modes propres du bâtonnet et son endommagement. Il devra être amélioré lors d'études à venir.

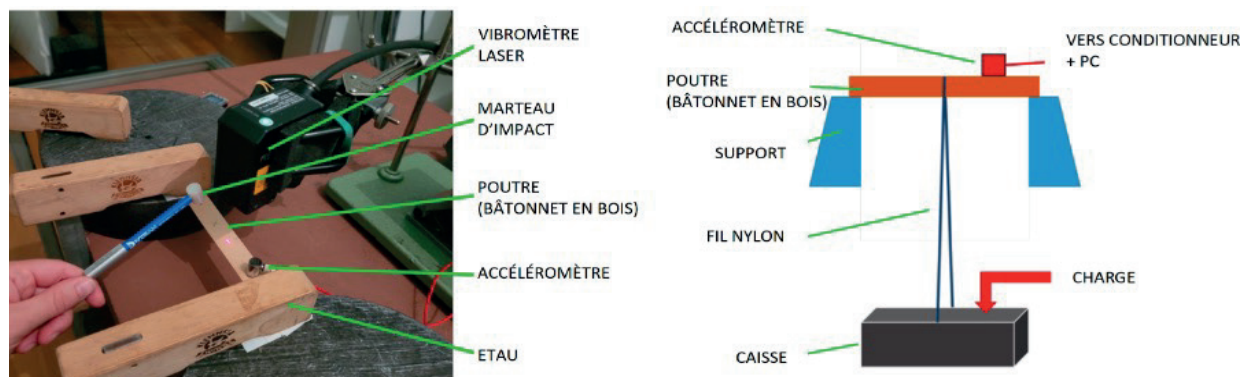


Figure 5. Dispositif de mesure de la réponse en fréquence des poutres encadrées (gauche) et dispositif d'endommagement et de mesure d'émission acoustique des poutres encadrées (droite).

Contrôle actif d'une corde non linéaire par un suivi de trajectoire en temps fini

Élaboration d'un résultat de la thèse de M. Wijnand (Sorbonne Université), soutenue en 2021, dir. : B. d'Andréa-Novel, co-encadr. : T. Hélié, L. Rosier (Université du Littoral Côte d'Opale), D. Roze.

Ce résultat théorique concerne le contrôle actif d'une corde non linéaire (modèle de Kirchhoff-Carrier pour la vibration transverse) par une force appliquée dans son domaine. On développe le cas d'une force ponctuelle qui permet de contrôler un mode de la corde vers une dynamique cible d'une corde avec d'autres propriétés physiques. Une simulation illustre comment ce contrôle peut permettre de modifier l'amortissement, fréquence de résonance ou la présence d'un glissement fréquentiel dans le mode de la corde sélectionnée.

Contrôle actif des cuivres: le cas du trombone

Thèse de V. Martos (ED SMAER), depuis septembre 2021, dir. : B. d'Andréa-Novel, co-encadr. : H. Boutin et T. Hélié.

L'objectif de cette thèse est d'agir par contrôle actif sur les modes propres de la colonne d'air dans les instruments de la famille des cuivres, afin de modifier d'une part le son rayonné, et d'autre part l'interaction entre la colonne d'air et les lèvres du musicien dans l'embouchure. Ces travaux s'appliquent au trombone, en vue de produire de nouveaux sons et d'étudier son fonctionnement.

L'étude théorique et la modélisation de l'instrument augmenté « trombone » ont été réalisées dans le but d'obtenir l'expression du contrôleur à implémenter sur le trombone (cf. figure 6). Ces travaux ont été présentés au CFA 2022. L'étude expérimentale du choix, du nombre et de l'emplacement des haut-parleurs a été réalisée en chambre anéchoïque. Des tests de niveau sonore, de bande passante, de directivité ont été effectués. Les questions de conditionnement électronique et acoustique des haut-parleurs ont également été prises en compte.

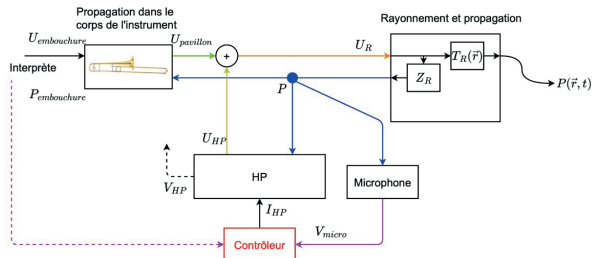


Figure 6. Schéma global de contrôle du trombone augmenté.

Une nouvelle modélisation de contrôle, indépendante de l'instrument, a été initiée.

Dans le même temps, la remise en état d'un banc de test robotisé, composé d'un trombone à pistons et d'une bouche artificielle, a permis d'assurer l'étanchéité des lèvres et le fonctionnement la partie contrôle (cf. figure 7).

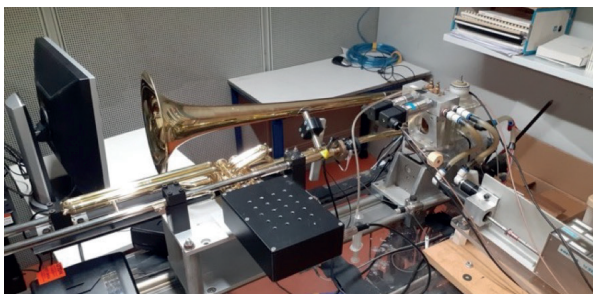


Figure 7. Banc de test robotisé, composé d'un trombone à piston et d'une bouche artificielle.

■ Axe 3. Développements technologiques et expérimentaux: explorer, mesurer et reprogrammer la (bio)-physique

Projet ATRIM: Analyseur temps réel haute précision de justesse et de timbre pour instruments musicaux

T. Hélie, C. Picasso, R. Piéchaud et M. Jousserand (Buffet Crampon), T. Colinot (Buffet Crampon). Financement France Relance/ANR. Début: mai 2022, durée: 24 mois

Ce projet est un travail conjoint entre le laboratoire STMS et la société Buffet Crampon, spécialisée dans la facture instrumentale, plus particulièrement d'instruments à vent. Ses objectifs sont de réaliser des outils d'aide à l'accordage et à la facture instrumentale en s'appuyant sur les résultats fournis par le moteur d'analyse du Snail Analyser développé dans l'équipe S3AM depuis plusieurs années.

En premier lieu, un modèle numérique d'accordeur d'instrument de musique, inspiré des accordeurs stroboscopiques analogiques (cf. figure 8), a été réalisé. Cet accordeur a pour spécificités de fournir un retour visuel très proche de son modèle analogique, couplé à une analyse « multi-pitch », absente dans l'original, qui permet d'étendre et d'affiner l'accordage aux harmoniques supérieures à la note fondamentale visée (cf. figure 9a). Un mode de visualisation précis permet de centrer le rendu uniquement sur la note fondamentale visée (cf. figure 9b).

La réalisation de ce prototype a permis aussi d'étendre les fonctionnalités du moteur d'analyse, notamment:

- le filtrage adaptatif à cents constant;
- l'ajout d'une fonction de sensibilité en cents pour contrôler la démodulation de la phase.

Afin d'articuler le développement de plusieurs prototypes, applications et produits, nous avons au préalable développé une librairie du moteur d'analyse en nous appuyant sur les travaux déjà faits dans ce sens et en augmentant le nombre de paramètres accessibles. Des prototypes ont été développés afin de mesurer l'adaptabilité de cette librairie dans différents environnements: Max

(cf. figure 10a) ou les plugins VAMP (cf. figure 10b), en plus de l'application d'accordage réalisée et déployée sous macOS et iOS. En deuxième lieu, ces approches et extensions nécessaires nous permettront de nous concentrer sur le développement d'outils et d'interfaces visuelles pour la description du timbre d'un instrument de musique.

Ces approches se concentreront tout d'abord sur des descripteurs « harmoniques » du timbre puis nous essaierons de les étendre à des modèles plus généraux.



Figure 8. Exemple d'accordeur analogique stroboscopique.

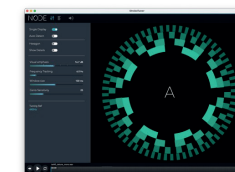
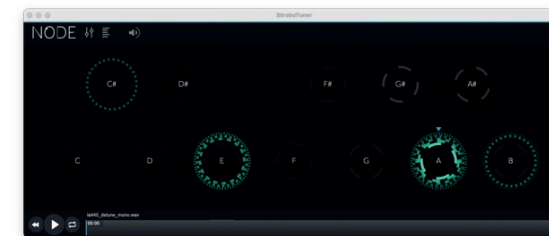


Figure 9.
a) Interface de l'accordeur StrobeTuner;
b) zoom de l'interface sur la note la.

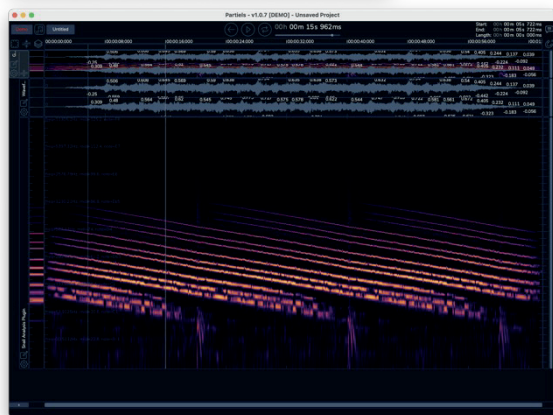
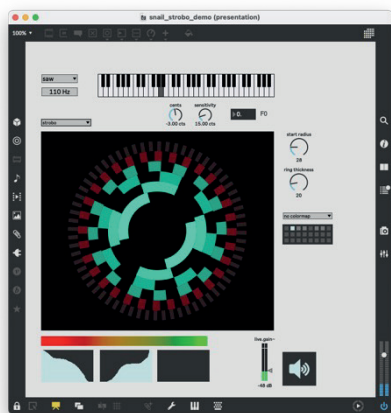


Figure 10. a) Prototype sous Max du StrobeTuner; b) prototype de plugin VAMP du Snail.

PAFI – Plateforme d’aide à la facture instrumentale

Collaboration entre STMS (H. Boutin, R. Caussé, T. Hélie), et Buffet Crampon (T. Colinot), l’IJLRDA (B. Fabre), l’INRIA (J. Chabassier, A. Ernoul), l’ITEMM (J. Cabaret, R. Viala), le LAUM (J.-P. Dalmont), le LMA (M. Pachebat, F. Silva), le LMSSC, CNAM (J.-B. Doc), Yamaha Music Europe (V. Fréour).

PAFI, projet ANR initié en 2008 et dans lequel l’Ircam était impliqué, a permis la mise en œuvre d’outils d’analyse et de synthèse pour l’étude et le prototypage virtuel des instruments de musique. Ces applications sont directement utilisables en atelier de lutherie par les artisans eux-mêmes.

Dans le cadre de la mise à jour de la section Instruments à vent de la plateforme, une réflexion a été menée sur les outils et les aspects de modélisation à inclure dans la nouvelle version du logiciel. La partie modélisation du projet se concentre sur la mesure d’impédance d’entrée des instruments à vent, pour différentes géométries de perces. Une analyse comparative des différents modèles et outils utilisés par les participants a été initiée afin de dégager les points forts et faibles de chacun d’entre eux.

L’équipe S3AM est actuellement impliquée dans la partie expérimentale du projet, qui consiste à valider les modèles et estimer les incertitudes liées aux différences de protocoles de mesures d’impédance d’entrée, développés par les laboratoires partenaires.

Dans ce cadre, plusieurs tubes cylindriques et coniques avec et sans trous latéraux ont été fabriqués en bois (grenadille et buis), laiton et impression 3D à l’ITEMM (Le Mans). Les premières mesures d’impédance d’entrée ont été effectuées en 2022 par une partie des partenaires du projet, qui ont également décrit le protocole utilisé. Cette étude sera prolongée en 2023 afin de tester l’influence sur les mesures du matériau, de la géométrie de la perce (rayon(s), conicité, trous latéraux) et de l’épaisseur de paroi. Les premiers résultats du projet ont fait l’objet de deux présentations orales au CFA 2022.

Modalys version 3.7

Robert Piéchaud

La version 3.6 de Modalys a exposé un nouveau concept, celui d’une approche scripturale basée sur le langage Lua. L’idée est de conserver les avantages de Modalisp (approche Lisp « historique » non temps réel), mais au sein de l’environnement temps réel Max. En effet, c’était jusqu’à présent le paradigme graphique (nommé mlys) qui avait été choisi pour l’intégration de Modalys dans Max, très commode et relativement intuitif mais qui montre aussi des limitations structurelles, notamment dans le domaine des objets sonores définis par éléments finis (3D).

La version 3.7 consolide ainsi cette approche et apporte de nombreuses autres améliorations :

- extension de l’API Lua;
- Lua *just-in-time* (compilation à la volée permettant par exemple le contrôle à l’échantillon);

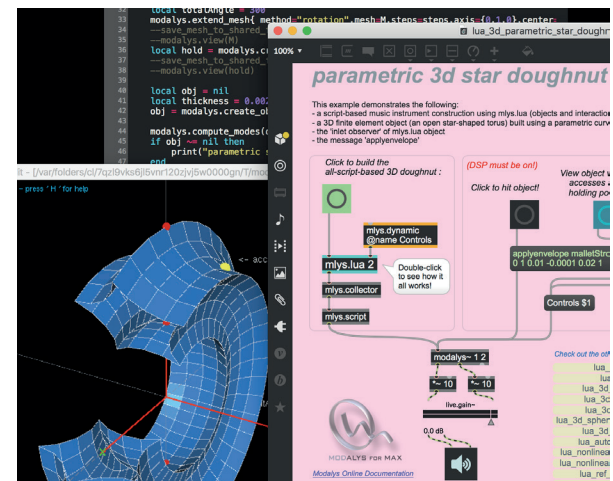


Figure 11. Interface de Modalys for Max 3.7 montrant le langage Lua et les éléments finis en situation.

- ajout de nombreuses fonctions concernant les éléments finis ;
- ajouts de nombreux exemples ;
- installateurs automatiques pour Max (Mac et Windows) ;
- mise à jour du visualisateur 3D « medit » pour l'utilisation dans Max ;
- version Native « Silicon » (nouveaux processeurs Apple) ;
- stabilisation de la version Windows ;
- mise à jour de la documentation (vers une vue multicontextuelle de chaque article : Lisp, Max (mlys), Lua).

The Snail

Robert Piéchaud

Version iOS 2.3

La version iOS a été considérablement mise à jour. En plus de la nécessaire compatibilité avec les dernières versions d'iOS, la version 2.3 a apporté quelques fonctionnalités et améliorations :

- meilleure gestion des instruments transpositeurs ;
- prise en compte des formats d'écran variés d'appareils iOS (iPhone et iPad) ;
- nouvelle interface pour le choix du diapason ;
- affichage d'informations essentielles (diapason, transposition) en surimpression.

Version Mac et Windows 1.4

Côté Mac et Windows (version standalone et plugins AU/VST/AAX), la version 1.4 offre un suivi technologique attendu ainsi que diverses améliorations :

- version native « Silicon » (nouveaux processeurs Apple) ;
- nouveaux Vumètres ;
- meilleure compatibilité du plugin AU.

Archéo et ethno-acoustique

Collaboration entre STMS (H. Boutin, R. Caussé, R. Piéchaud et D. Roze) et C2RMF (B. Mille), ISOMA (S. Emerit) et l'IJLRDA (J.-L. Le Carrou), luthière (S. Schulz), IReMus (F. Picard et L.N. Liao), Forum antique de Bavay (P.A. Lamy), artiste plasticienne (S. Fritscher).

Suite à la mise à jour en avril 2021 d'une trompette romaine exceptionnelle sur le site du Forum antique de Bavay, une étude semblable à celle sur les cornua de Pompéi a été initiée. Elle fait l'objet actuellement d'une pause suite à l'ouverture sur ce site, et pour une durée d'un an, de l'exposition intitulée « Des trompes et vous ». Des textes ont été rédigés pour les panneaux et pour le livret de cette exposition et des exemples sonores sur la reproduction en synthèse de sons de cornua ont été fournis.

L'étude sur la caractérisation de la copie de la harpe égyptienne « naviforme » a permis de répondre à plusieurs interrogations. Citons principalement le rôle joué par les événements, petits trous percés dans la peau. Ainsi, selon leur nombre (6, 8 ou 10 probablement), leur diamètre, la résonance de la cavité va renforcer les composantes spectrales situées en dessous du premier mode du cordier. C'est ce que traduit la figure ci contre (cf. figure 12) en fonction du rayon équivalent de l'ensemble des trous et du volume de la cavité.

Citons également la réponse à l'interrogation de départ : sommes-nous en présence d'un véritable instrument de musique ? Ces résultats, présentés lors du 16^e Congrès français d'acoustique, permettent de conclure que la harpe de Dra abu el-Naga, étudiée par l'intermédiaire de sa copie, présente toutes les caractéristiques d'un cordophone jouable et sonore, un instrument de musique. La harpe devait être tenue probablement de manière latérale et non horizontale comme certaines représentations pouvaient le suggérer, favorisant ainsi une meilleure écoute.

L'année 2022 a permis d'échanger autour des instruments de percussion en bronze comme les petites cymbales du Musée archéo-

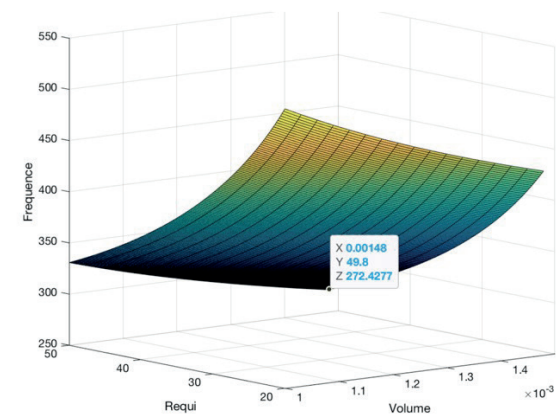


Figure 12. Variation de la fréquence de cavité en fonction de son volume et du rayon équivalent des trous.

logique de Naples ou du Louvre, précédemment analysées, et de découvrir de nouveaux instruments comme les tambours de bronze dont la particularité, outre la grande taille, est de présenter une « membrane » non pas en peau mais en bronze. Des premières mesures ont été effectuées au C2RMF sur le tambour du musée Guimet, devant donner naissance à un nouveau projet de recherche multidisciplinaire.

Les travaux menés depuis plusieurs années sur les orgues à bouche d'Asie, sheng, khène et shô, se sont poursuivis dans le cadre de quatre séminaires à l'Ircam, principalement sur l'étude des propriétés spectrales de ces instruments, l'analyse de l'interprétation d'œuvres qui leur sont dédiées et de créations récentes. Signalons la parution du numéro de la revue *Circuit – Musique contemporaine* (vol. 32, n° 1) à laquelle toute l'équipe de ce projet a participé.

L'équipe S3AM apporte ses conseils depuis plusieurs années à l'artiste plasticienne autrichienne Suzanna Fritscher pour ses ins-

tallations qui « magnifient le lieu offrant au public des expériences sensorielles inédites ». C'est le cas au cours de cette année pour sa nouvelle œuvre *Pulse* qui sera créée au Forum, Ginza Maison Hermès à Tokyo en 2023 (cf. figure 13).

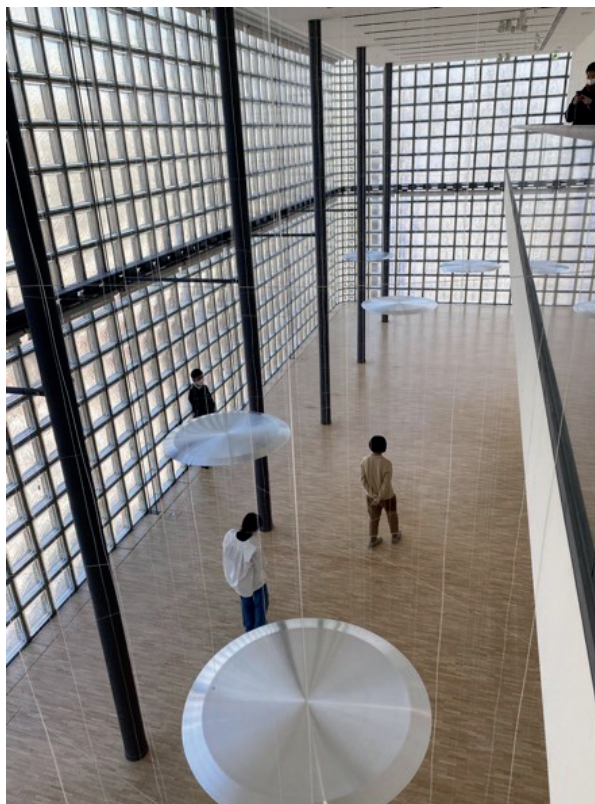


Figure 13. Nouvelle installation (*Pulse*) de l'artiste plasticienne Suzanna Fritscher.

Pôle Ingénierie et prototypes (PIP)

■ Résumé

Le Pôle Ingénierie et prototype (PIP) est une équipe transversale rattachée à l'UMR STMS. Elle répond à des besoins d'études de faisabilité, de conseil technique et de réalisations dans le domaine de l'électronique expérimentale et plus généralement des prototypes mixant expérimentation en laboratoire, mécanique, électronique et techniques de fabrication.

L'équipe collabore principalement avec les équipes ISMM et S3AM (mais également occasionnellement avec les équipes EAC et PDS) en fonction des compétences de chacun de ses membres :

- Emmanuel Flety : conception électronique, micro-logiciel, électronique numérique embarquée, CAO électronique + 3D. Supervision prototypage rapide ;
- Arnaud Recher : aide à la conception électronique, réalisation, câblage et CAO électronique + 3D.

■ Prototypage rapide

Utilisation importante du service d'impression 3D de manière transversale dans les équipes de recherche et la production. La synergie conception 3D (CAD) associée au prototypage rapide (CAM) a permis de converger rapidement vers un résultat professionnel d'intégration mécanique-électronique avec un nombre d'itérations très réduit et une compétence interne.

L'équipe s'est dotée d'un laser de découpe pour diversifier les techniques de prototypage et les matériaux utilisés. L'utilisation des techniques de prototypage rapide a permis un grand nombre d'itérations rapprochées dans le temps pour les projets de lutherie numérique tels que celui d'une nouvelle flûte MIDI (modélisation

3D mécano-électronique, impression 3D et bien sûr électronique embarquée).

■ Conception électronique

La version actuelle du module de captation gestuelle R-IoT distribué par la société PLUX a connu sa dernière fabrication après une longue attente due à la pénurie mondiale de semi-conducteurs. PIP a organisé une commande groupée auprès de PLUX pour obtenir une cinquantaine de modules R-IoT destinés à alimenter recherche, production et enseignement pour fin 2022 à fin 2023.

La plateforme ESP32-S3 de chez Espressif a été sélectionnée en remplacement du CC3200 (Texas Instrument) pour le R-IoT et une grande partie du code (micrologiciel) portée sur celle-ci. Un sous-traitant industriel est également identifié si une série devait être manufacturée, cette fois en Île-de-France.

Nous notons des demandes régulières de logiciels à façon (ad hoc) pour le R-IoT pour combiner par exemple ses données inertielles internes (IMU) avec d'autres capteurs, comme une ceinture de respiration pour analyse physiologique (fréquence respiratoire) d'un pianiste.

Des R-IoT équipent également les RIMs de la Production et de la Pédagogie et servent à la formation « Capteurs, interfaces et machine learning interactif pour la musique » qui sera dispensée par le département PAC (+PIP, ISMM) en mai 2023, sur 4 jours.

Pour les besoins du laboratoire STMS, l'équipe se concentre sur le développement logiciel et matériel autour d'un processeur ARM 32 bits type Cortex M4F équipé d'un coprocesseur à virgule flottante et tournant à 150 MHz. Elle ajoutera la plateforme ESP32 à ses projets, utilisant ou non le sans-fil, pour ses performances computationnelles et sans grande quantité de RAM, faisant de celle-ci une candidate remarquable pour les applications audio DSP et Bluetooth.

Une base de code et de driver bas niveau a été écrite sur l'année 2019 pour former un « cœur Arduino ». Depuis, celui-ci permet, couplé à une chaîne d'outils (*tool-chain*) GCC de cross-compiler pour la plateforme ARM, depuis l'environnement de programmation Arduino (IDE). À l'instar du développement des modules R-IoT, la popularité (toujours croissante) de cet environnement permet à des programmeurs non électroniciens (comme les RIMs ou les chercheurs) de s'approprier une partie du développement pour créer leurs propres applications C/C++ tournant sur la plateforme.

■ Collaborations scientifiques et artistiques

Parmi les collaborations les plus représentatives de 2022, sont à citer :

- pupitre sur mesure pour la rééducation des patients ayant subi un AVC. Modélisation 3D, découpe laser, intégration électronique, module R-IoT, recharge par induction (projet CoMo Réhabilitation, thèse d'Iseline Peyre, Frédéric Bevilacqua, ISMM). Finalisation, assemblage et livraison de 10 pupitres sur mesure (découpe laser, impression 3D, câblage électronique) et 20 modules R-IoT pour passage en phase d'études avec des patients [Flety, Recher] (cf. figure 1);
- mesure d'amplitude et de fréquence respiratoire sans fil (WIFI/OSC) pour analyse physiologique de l'instrumentiste ou de l'auditeur. Duplication en 10 exemplaires après prototypage en 2021 (Elaine Chew/Charles Picasso – Heart.FM) [Flety, Recher] (cf. figure 6);
- piano préparé pour la pièce de Lisa Streich (RIM João Svidzinski, Production). Prototype électronique et mécanique d'installation de moteurs dans la caisse du piano pour en jouer les cordes. Contrôleur musical de moteurs frottant les cordes par Open Sound Control depuis Max/MSP, conception et impression 3D de fixations sur mesure et non intrusives sur un piano Steinway. Duplication (contrôleur de recharge, moteurs et fixations de *spare*), accompagnement des répétitions studio et concert jusqu'à la création à la Philharmonie de Paris

(septembre 2022), tournée européenne (Suisse, Grande-Bretagne) [Fléty], <https://www.youtube.com/watch?v=y1ey-dCB7gzg> (cf. figures 2 et 3);

- archet lumineux piloté par protocole réseau depuis Max/MSP. Objet interactif scénique pour la pièce de Satchie Kobayachi, Coursus Ircam 2022 (cf. figure 5);
- assemblage et tests d'une enceinte WFS 32 voies pour le projet GASP2020 – EAC, ISMM [Recherche];
- étude préalable pour un nouveau contrôleur musical flûte MIDI, projet se poursuivant en 2023 [Conforti, Flety, Malt] (cf. figure 4);
- portage du code du R-IoT sur la nouvelle plateforme ESP32-S3 [Fléty];
- mesures en chambre anéchoïque pour caractériser des haut-parleurs (S3AM, thèse de Vincent Martos) [Recherche];
- poursuite de la gravure de clefs Ircam pour la Régie Bâtiment (RBS). Le numéro de série laser d'origine des clefs des locaux s'effaçant rapidement pour cause d'usure par frottements : un numéro gravé plus profondément est ajouté sur le boîtier plastique par gravure laser. 300 clefs au total (RBS). Une quarantaine de clefs gravées en 2022 [Fléty] (cf. figure 7);
- tests et réparations d'amplificateurs pour systèmes ambisoniques (EAC, Olivier Warusfel) [Recherche].

■ Espace de projection

Emmanuel Fléty poursuit sa mission de consultant/référent Ircam pour la rénovation des périactes et de la machinerie de l'Espace de projection sur le lot 5 (volet numérique) sous la tutelle de la Régie Bâtiment.

Le logiciel Ircam de commande des périactes a atteint sa forme quasi définitive pour la réouverture de la salle de concert, en lien avec le RIM Augustin Muller pour la mise en forme de l'interface graphique. D'autres séances de travail sont prévues avec IAPI pour affiner les performances, les fonctionnalités et la syntaxe de commande de la passerelle UDP OSC avec les automates pilotant les ETP.

■ Activités récurrentes

- Gestion/inventaire du Labo A27 (Labo 7 – S3AM). Logiciel de gestion « Rolling Stock » en lien avec le pôle web, identification des éléments et établissement de la base de données, étiquetage QR code des appareils.
- Support technique : réparations de matériel, fabrication (câbles, petits circuits, pièces de rechange en impression 3D).
- Mise en place d'expériences : campagne de mesures pour des instruments de musique.
- Choix de capteurs, mise en place de la chaîne d'acquisition, écriture de code pour la visualisation des résultats.
- Vulgarisation scientifique : accueil de journalistes, visites de la chambre anéchoïque, animation lors de la journée portes ouvertes, accueil du public et conférences tous publics sur la chambre anéchoïque.
- Accueil des stagiaires pour l'instrumentation et l'expérimentation.
- Accueil chambre anéchoïque pour expérimentation Ircam et location.
- Activités pédagogiques : encadrement de TP et de TD à l'École des Mines de Paris (cours d'automatisme).
- Veille technologique, publications.
- Stage de formation et enseignement à la PAC (tous les deux ans).
- Assistance et conception à la demande pour les étudiants du cursus de composition.



Figure 1. Pupitre CoMo Rééducation – Sonification du mouvement par le geste. Recharge par induction, haut-parleurs, écran tactile.

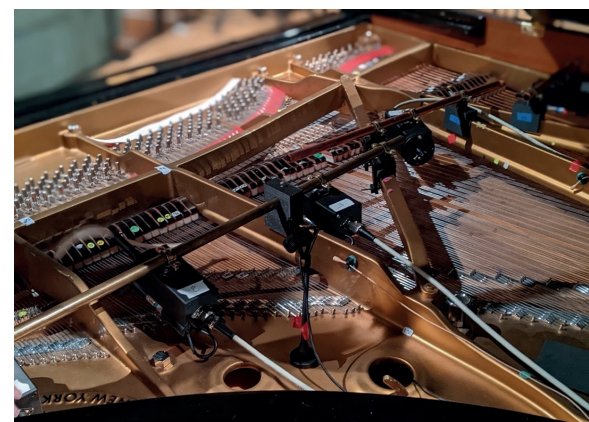


Figure 2. Ofelia (L. Streich), piano préparé – Moteurs et montures/boîtiers en impression 3D. Générale – Philharmonie de Paris, septembre 2022.



Figure 3. Ofelia (L. Streich), piano préparé – Moteur et montures/boîtiers en impression 3D. Générale – Philharmonie de Paris, septembre 2022.



Figure 4. Enceinte WFS 32 canaux en construction – GASP – EAC.

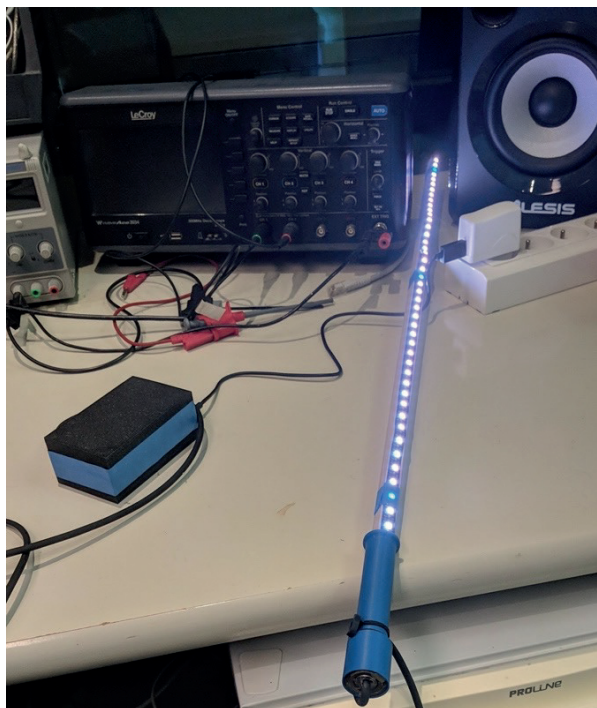


Figure 5. « Day 0 – Trans-instrumentalism », archet lumineux interactif – Satchie Kobayashi, 2022.



Figure 6. Capteur de respiration et d'attitude pour l'analyse corporelle en temps réel du pianiste (R-IoT) – Production en série – Heart.FM.

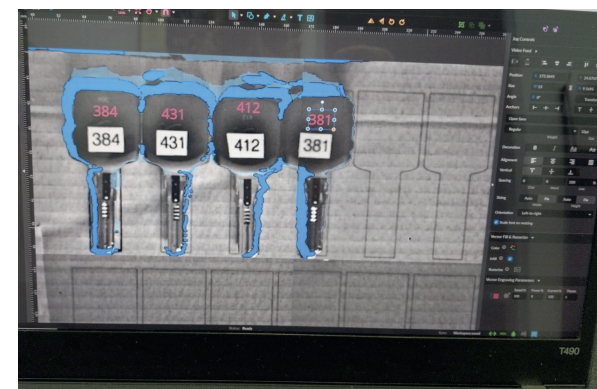


Figure 7. Gravure de clefs électroniques au laser.

Annexes



Le conseil d'administration

■ Président

Laurent LE BON

Président de l'Association
Président du Centre Pompidou

■ Membres

– De droit

Adeline NAZARENKO

Directrice de l'Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (INS2I) au CNRS

David FIALA

Chargé de mission pour le secteur sciences de l'Homme et de la société, direction générale de la Recherche et de l'innovation, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

Christopher MILES

Directeur de la DGCA, ministère de la Culture

– Désignés

Par le président du Centre Pompidou

Julie NARBEY, trésorière de l'Association

Directrice générale du Centre Pompidou

Xavier REY

Directeur du Musée national d'art moderne, Centre Pompidou

Par le ministre de la Culture

Gérard BERRY, secrétaire de l'Association

Professeur au Collège de France

– Élus par l'Assemblée générale

Florence ALIBERT

Directrice de la Cité Musicale-Metz

Laurent BAYLE

Claude CADUZ

Président de l'ACROE (Association pour la création et la recherche des outils d'expression)

Nathalie DRACH-TEMAM

Présidente de Sorbonne Université

■ Assiste – avec voix consultative

Frank MADLENER

Directeur de l'Ircam

■ Assistent

Priscilla GUSTAVE-PERRON

Cheffe du bureau de la recherche, Délégation générale à la transmission, aux territoires et à la démocratie culturelle

Michel MUCKENSTURM

Administrateur de l'Ircam

Marc KRECKELBERGH

Chargé de contrôle budgétaire, CBCM Culture

Hugues VINET

Directeur Innovation et moyens de la recherche à l'Ircam

Représentant du personnel Ircam

Le conseil scientifique

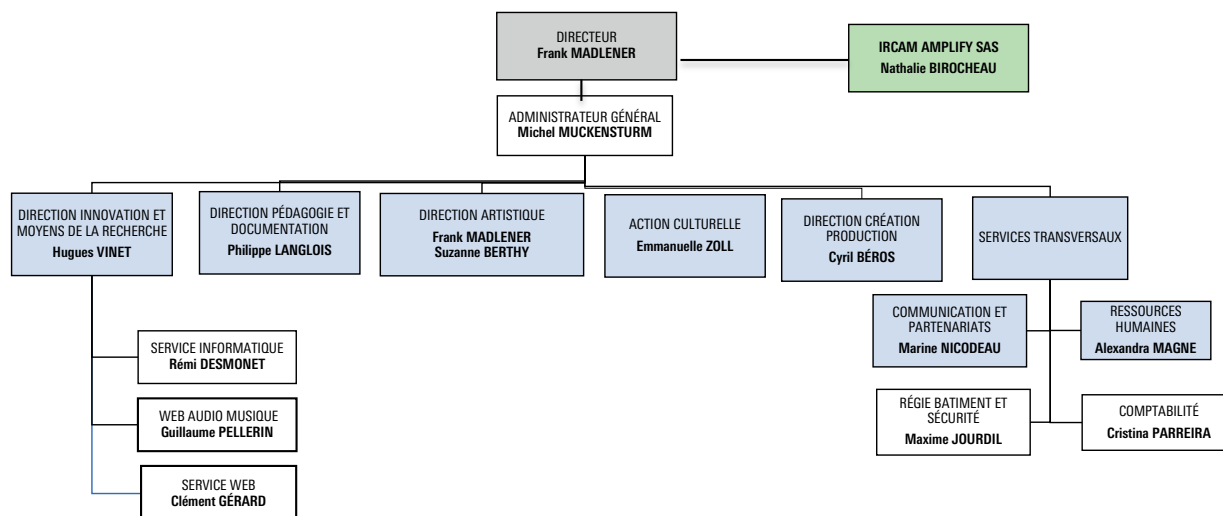
Membres nommés		Pays	Affiliation/statut
Andriot	Claude	FR	Expert senior, CEA
Berger	Jonathan	USA	Prof. CCRMA, Univ. Stanford
Berry	Gérard	FR	Prof. Collège de France
Bloch	Isabelle	FR	Prof. Télécom Paris Tech
Braunschweig	Bertrand	FR	Dir. Inria
Denis-Rémis	Cédric	FR	Vice-président Mines-ParisTech, dir. Institut Hautes Études pour l'innovation et l'entrepreneuriat
Dubus	Bertrand	FR	Prof. ISEN
Dutoit	Thierry	B	Prof. Faculté Polytechnique de Mons
Ellermeier	Wolfgang	D	Prof. Université technique de Darmstadt
Gentès	Annie	FR	Dir. du Codesign lab de Télécom Paris
Lamnabhi-Lagarigue	Françoise	FR	Dir. Recherche L2S Supélec
Larcher	Véronique	CH	Dir. AMBEO, Immersive studio, Sennheiser
Lissek	Hervé	CH	EPFL
Petit	Christine	FR	Prof. Collège de France, dir. Institut de l'audition
Samson	Séverine	FR	Prof. Université de Lille
Traube	Caroline	CA	Prof. Université de Montréal
Turquier	Barbara	FR	Responsable de la Recherche à La Fémis

« Le conseil scientifique est composé de 10 à 20 personnalités françaises ou étrangères désignées par le Conseil d'administration en raison de leurs compétences » (article 14 des statuts). Sa mission est « d'émettre un avis sur le programme de recherche » de l'Ircam (article 13).

La composition du conseil, renouvelée en décembre 2020 pour deux ans, est indiquée ci-contre. Le conseil s'était réuni en 2021 sous la présidence de Bertrand Braunschweig autour des thématiques « Spatialisation 3D et son distribué » et « Son/musique et santé ». La prochaine session du conseil scientifique est prévue en avril 2023.

L'équipe Ircam

■ L'organigramme



L'équipe permanente se maintient à 48 % de l'effectif total.

Le laboratoire de recherche intègre dans sa structure une large communauté de stagiaires, doctorants, chercheurs invités et salariés affectés par ses autres tutelles.

Le nombre de salariés affectés reste stable à 26 personnes et se décompose comme suit :

- 16 ETP du CNRS
- 6 ETP de Sorbonne Université
- 4 ETP d'autres organismes /universités (Strasbourg, Paris-8, Lille, la Rochelle)

■ Les effectifs 2022 en ETP

DÉPARTEMENTS	SALARIÉS		NON SALARIÉS				TOTAL
	CDI	CDD	STAGIAIRES	DOCTORANTS	CHERCHEURS INVITÉS	SALARIÉS AFFECTÉS	
Catégories							
Unité Mixte de Recherche	21	15	5	28	1	25	94
Innovation Moyens de la Recherche	12	3	1	0	0	0	16
Création et Production	22	11	1	0	0	0	34
Pédagogie et Action culturelle	11	1	1	0	0	0	12
Communication et Partenariats	6	0	0	0	0	0	7
Services généraux	16	0	1	0	0	0	17
TOTAL	87	30	9	28	1	25	180

EFFECTIF 2021	86	29	7	29	0	25	177
ÉVOLUTION	1	1	2	-1	1	0	3

■ Direction

Directeur : Frank Madlener
 Administrateur : Michel Muckensturm
 Sylvie-Léa Cohen

■ Services transversaux

Communication

Directrice : Marine Nicodeau
 Emilie Boissonnade, Mary Delacour, Alexandra Guzik,
 Deborah Lopatin, Claire Marquet

Comptabilité

Responsable : Cristina Parreira
 Mahdi Zigha

Ressources humaines

Directrice : Alexandra Magne
 Meryem Jijane/Cristina Gomes, Patricia Martins

Régie Bâtiment et Sécurité

Responsable : Alain Nicolas/Maxime Jourdil
 Bruno Belfiore, Benjamin François, Layachi Izem, Seare Mullai,
 Jean-Paul Rodrigues, Chantal Vogel

■ Innovation et Moyens de la recherche

Directeur : Hugues Vinet
Sylvie Benoit/Brigitte Cruz-Barney, Louise Enjalbert

Valorisation industrielle et communautaire

Pierre Guillot, Matthew Harris

Service informatique

Responsable : Raphaël Sallé de Chou/Rémi Desmonet
Benjamin Boudoir, Olivier Labat, Antoine Lorreyte,
Ghislaine Montagne

Service Web

Responsable : Clément Gérard
Laura Frémy

Service Web Audio Musique

Responsable : Guillaume Pellerin
Martin Desrumaux/Guillaume Piccarreta, Sébastien Piquemal

Forum

Gregory Beller, Stéphanie Leroy, Paola Palumbo,
Camille Pannetier/Tom Debrito

■ Unité mixte de recherche STMS

Directrice : Brigitte d'Andréa-Novet (SU)
Directeur-adjoint : Nicolas Misdariis
Sylvie Benoit/Brigitte Cruz-Barney, Viktoriya Uscumlic,
Anne-Marie Vaudeville (CNRS), Vasiliki Zachari

Responsables d'équipes

Espaces acoustiques et cognitifs : Olivier Warusfel
Perception et design sonores : Nicolas Misdariis
Analyse/ synthèse des sons : Axel Roebel
Systèmes et signaux sonores - audio / acoustiques instruments :

Thomas Hélie (CNRS)

Représentations musicales : Gérard Assayag
Analyse des pratiques musicales : Nicolas Donin/
Clément Canonne

Interactions son musique mouvement : Frédéric Bevilacqua
Pôle ingénierie et prototypes : Emmanuel Fléty

Chercheurs, ingénieurs de recherche et post-docs

Mathilde Abrassart, Benoit Alary, Carlos Agon-Amado (SU),
Luc Ardaillon, Pablo Arias, Mondher Ayari (Univ. Strasbourg),
Baptiste Bacot (CNRS), Georges Bloch (Univ. Strasbourg),
Alain Bonardi (Univ. Paris-8), Joakim Borg, Riccardo Borghesi,
Frederik Bous, Henri Boutin (SU), Clément Canonne (CNRS),
Thibaut Carpentier (CNRS), Léo Carril, Axel Chemla,
Elaine Chew (CNRS), Alice Cohen-Hadria (SU), Frédéric Cornu,
Brigitte d'Andréa-Novet (SU), Guillaume Doras,
Jean-Baptiste Dupuy, Philippe Esling (SU), Laurent Feneyrou
(CNRS), François-Xavier Féron (CNRS), Emmanuel Fléty,
Matthieu Fraticelli, Emma Frid (KTH), Lawrence Fyfe (CNRS),
Jean-Louis Giavitto (CNRS), Emily Graber (CNRS), Natacha Grauer
(CNRS), Fanny Gribensky (CNRS), Corentin Guichaoua (CNRS),
Karim Haddad, Thomas Hélie (CNRS), Olivier Houix,
Coralie Joucla, Theodor Lemerle, Antoine Loriette,
Mikhail Malt, Vincent Martin, Pierre Massé,
Benjamin Matuszewski, Marco Meinel, Gabriel Meseguer Brocal
(CNRS), Rémi Mignot, Jérôme Nika, Markus Noisternig,
Nicolas Obin (SU), Charles Picasso (CNRS), Robert Piéchaud,
David Poirier-Quinot (SU), Emmanuel Ponsot (CNRS),
Arnaud Recher (CNRS), David Roze (CNRS), Suzanne Saint-Cast,
Pierre Saint-Germier (CNRS), Diemo Schwarz, Patrick Susini,
Isabelle Viaud-Delmon (CNRS), Daniel Wolff, Coralie Vincent
(CNRS), Marc Wijnand (SU)

Doctorants

Théis Bazin, Daniel Bedoya, Giovanni Bindi, Frederik Bous,
Baptiste Bouvier, Daniel Cabanzo, Antoine Caillon, Nils Demerlé,
Ninon Devis, Constance Douwes, Matthieu Duroyon,
Franck Elisabeth, Mireille Fares, Loïc Forma, Martin Fouilleul,
Valérian Fraisse, David Genova, Aliénor Golvet, Maria Gospodarek
(NYU), Nadia Guerouaou, Lisa La Pietra, Paul Lascabettes,
Antoine Lavault, Clément Le Moine Veillon, Judith Ley Flores
Vincent Martin, Vincent Martos, Pierre Massé, Anatole Moreau,
Sarah Nabi, Victor Paredes, Iseline Peyre, Lenny Renault,
Claire Richards, Thomas Risse, Gonzalo Romero, Victor Rosi,
Léane Salais, Yann Teytaut, Alexis Thibault, Marion Voillot,
Colette Voisembert, Franck Zagala

■ Pédagogie et documentation

Directeur : Philippe Langlois
Aurore Baudin, Jérôme Boutinot, Salomé Bazin, Murielle Ducas,
Cyrielle Fiolet, Stéphanie Leroy, Jean-Paul Rodrigues

Compositeur associé au cursus : Pierre Jodlowski
Chargé de coordination pédagogique ATIAM : Thomas Hélie

Réalisateurs en informatique musicale chargés de l'enseignement

Simone Conforti, Jean Lochard, Grégoire Lorieux/
Johannes Regnier, Sébastien Naves, Claudia Jane Scroccaro

■ Création artistique

Directeur : Frank Madlener
Directrice adjointe à la programmation artistique :
Suzanne Berthy
Natacha Moënné-Loccoz

■ Action culturelle

Responsable : Emmanuelle Zoll
Salomé Bazin/Margot Fuchs

■ Création et production

Directeur : Cyril Béros
Florian Bergé, Raphaël Bourdier, Anne Guyonnet, Aurélia Ongena,
Clotilde Turpin

Réalisateurs en informatique musicale Production

Thomas Goepfer, Carlo Laurenzi, Serge Lemouton,
Augustin Muller, Dionysios Papanikolaou

Son

Responsable : Jérémie Henrot
Luca Bagnoli, Jérémie Bourgogne, Sylvain Cadars,
Clément Cerles
Sylvain Carton/Samuel Magnan
Grégoire Lavaud

Régie générale

Responsable : Aline Morel
Florent Simon, Quentin Vouaux, Stéphane Charles/Nicolas Poulet
Régie de salle : Éric de Gélis, Claire Rodier

■ Méridien RH

L'année 2022 est marquée par la poursuite des actions du Méridien RH (2020-2022).

Une nouvelle organisation hybride du travail

- Politique d'équipement des salariés en ordinateurs portables et moniteurs afin de faciliter l'organisation du travail hybride entre présentiel et télétravail.
- Création d'espaces de travail nomades ; création d'un bureau pour les doctorants.
- Charte relative au télétravail mise en œuvre dès le mois de juin 2022, après des négociations sur les modalités d'organisation du télétravail régulier, hors circonstances exceptionnelles ; l'enjeu étant d'offrir aux salariés un cadre équilibré entre travail à distance et maintien d'un ancrage fort sur site comme lieu d'interactions entre équipes.
- Mise en œuvre du CDD doctoral de droit privé (3 ans) et du CDD postdoctorant à la rentrée scolaire d'octobre 2022.

Des parcours d'évolution de carrière et de formation continue

- Afin de faciliter l'intégration des salariés nouvellement embauchés, un rendez-vous d'accueil RH collectif est systématiquement organisé (présentation des avantages et de l'intranet ; remise de goodies ; questions/réponses).
- Le dispositif de « l'avancement au choix », devenu « l'avancement anticipé », a été étendu aux salariés des groupes indiciaires 1 à 4 (et non plus seulement 1 et 2).
- Trois formations collectives ont bénéficié à l'ensemble des salariés :
 - Sécurité incendie et évacuation animée par les agents du Centre Pompidou ;
 - Prévention des agissements sexistes et du harcèlement sexuel ;
 - Non-discrimination et diversité/inclusivité/mixité.

La recherche musicale

La recherche musicale coordonne les actions transversales art-science entre départements de l'Ircam en lien avec sa communauté artistique. L'objectif est de renforcer l'implication des artistes dans le temps et l'intensité de leurs échanges directs avec les chercheurs et chercheuses du laboratoire STMS sur des problématiques bien articulées. En introduisant la dimension créatrice dans le processus scientifique, la recherche artistique ouvre un champ expérimental, qui relève d'une part de la production artistique, et de l'autre, d'avancées scientifiques originales, aussi bien théoriques que méthodologiques ou d'applications.

Le concept fait donc partie intégrante du projet initial de l'Ircam. L'idée était, dès le départ, d'inviter aussi bien des artistes que des chercheurs et chercheuses pour développer leurs idées dans un cadre commun.

La recherche musicale est organisée selon plusieurs actions visant à soutenir et développer une véritable recherche artistique au sein de l'Ircam.

■ Programme de résidences en recherche artistique

Véritable facteur d'innovation à l'Ircam, le programme de résidences en recherche artistique offre aux artistes de toutes disciplines la possibilité de développer des thématiques nouvelles, en collaboration avec une ou plusieurs équipes de recherche de l'UMR STMS.

Les résidences sont de deux types : d'un côté, celles qui découlent d'une commande ou d'une invitation de la direction artistique et, de l'autre, celles qui font suite à des appels à candidatures.

Les résidences suivantes se sont déroulées en 2022 :

- **Judith Deschamps**, dans l'équipe Analyse et synthèse des sons.
En écho lointain au projet de recréation de la voix de Farinelli par l'Ircam en 1994, cette résidence intitulée « *Quell'usignolo che innamorato* : la résurgence d'une voix artificielle et profondément plurielle » s'appuie sur les avancées du traitement du signal vocal et de l'apprentissage profond pour recréer le chant en question.
- **Rémi Fox**, dans l'équipe Représentations musicales.
Ce projet, nommé « Hi. A. – Hippocampe Artificiel », met en œuvre des agents génératifs pour réaliser des parcours interactifs et créatifs de « mémoires musicales », de la même manière que l'hippocampe (du cerveau) est mis à contribution durant les rêves pour orchestrer la réinterprétation créative de la mémoire.
- **Aki Ito** et **Jean-Philippe Lambert**, dans l'équipe Interaction son musique mouvement.
Dans cette résidence intitulée « Astérismes », la thématique de recherche artistique est un concert participatif au milieu du public qui peut être mobile, sans scène frontale, avec une diffusion sonore distribuée.
- **Maxime Mantovani**, dans l'équipe Représentations musicales.
L'objectif de cette résidence intitulée « Improvisation, appren-

tissage profond et fusion d'espace latent » est de concevoir une interface, matérielle et logicielle, spécifiquement pensée pour le contrôle en temps réel de modèles d'intelligence artificielle et d'offrir des moyens nouveaux et innovants de générations de sons électroacoustiques expressifs, utilisant les derniers algorithmes de réseaux de neurones profonds.

Aux côtés de ces résidences, un travail de plus longue haleine s'est poursuivi avec les collaborations de :

- **Aaron Einbond**, dans le cadre du projet ERC MusAI de l'University College à Londres et en collaboration avec les équipes Interaction son musique mouvement et Espaces acoustiques et cognitifs.
La thématique de cette résidence est de combiner la synthèse concaténative d'un corpus musical avec la synthèse du champ acoustique en utilisant un réseau sphérique de haut-parleurs.
- **Sivan Eldar**, dans le cadre de la production de *Like Flesh* (première en janvier 2022 à l'Opéra de Lille) et en collaboration avec les équipes Interaction son musique mouvement et Représentations musicales.
Recherche artistique sur l'écriture du son spatialisé.
- **Nadine Schütz**, en collaboration avec les équipes Espaces acoustiques et cognitifs et Perception et design sonores.
L'objet de cette collaboration de recherche s'inscrit dans sa démarche d'interprète environnementale qui, tour à tour, explore les qualités acoustiques et ambiances sonores propres à un site, puis cherche à les révéler ou les transformer selon les différentes échelles spatiales et temporelles. Le projet vise l'extraction de descripteurs sensibles des matériaux (textures sonores captées in situ) ou empreintes acoustiques, et à l'élaboration d'outils de traitement permettant l'émergence et la manipulation de leur structure sous-jacente.

- **Hans Peter Stubbe Teglbjærg**, dans l'équipe Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments et en collaboration avec l'Académie royale danoise de musique. Le projet « Klangesn kobling » prolonge la recherche initiée entre l'équipe de recherche et le compositeur à travers sa résidence en 2019 et intitulée « Ressort non-linéaire ». Le compositeur s'intéresse au « couplage non-linéaire » et au « couplage progressif ». Inspiration de la modélisation physique, la synthèse est « transposée » sur la conception d'une configuration musicale, dont la complexité nécessite une expérimentation théorique et pratique dans le domaine de la modélisation physique pour la maîtriser.

L'intelligence artificielle est une technologie qui suscite un engouement manifeste et qui a suscité de nombreuses demandes de la part de compositeurs et compositrices mais aussi du grand public. L'utilisation de l'IA dans les domaines créatifs se focalise sur l'amélioration d'outils existants (synthèse de la voix, « deep fakes ») et sur le développement de « compagnons musicaux ». Ces deux thématiques ont grandement bénéficié de résidences artistiques comme celle de Judith Deschamps pour la synthèse de la voix, et pour le compagnonnage, celles impliquant Jérôme Nika dans des productions remarquées (Alexandros Markéas, Remy Fox, orchestre ONJ).

Ces projets ont attesté de l'intérêt et de l'importance de mener des résidences de recherche artistique en collaboration étroite avec les équipes de recherche.

■ Les Unités projets innovation

Les Unités projet innovation (UPI) sont des projets collectifs réunissant des collaborateurs et collaboratrices internes et externes autour d'une problématique commune. Elles soutiennent des développements originaux à caractère transversal et collectif et/ou en amont d'un transfert technologique. Les UPI peuvent avoir pour objet de :

- répondre à un besoin artistique/technologique récurrent, générique et évalué ;
- soutenir l'émergence de nouvelles pratiques par un développement accéléré ;
- permettre un saut technologique différenciateur : innovation sensible ;
- renforcer et pérenniser une technologie existante ou consolider des développements pour les finaliser, et garantir une stabilité et un usage sur le moyen ou long terme par la communauté ;
- intégrer des technologies existantes pour une solution intégrée d'envergure répondant à un besoin artistique/technologique.

Le montage d'une UPI fait suite à un appel interne. Les projets soumis sont évalués par la mission « recherche artistique », la direction du laboratoire STMS et le département IMR, puis sont validés par le Comité de direction de l'Ircam. Les UPI de l'appel 2021, poursuivis en 2022 :

- Le projet « Binaural Ambisonics Decoder (BAD) » de Thibaut Carpentier, en collaboration avec l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs et le département Production, vise à concevoir, développer et évaluer (objectivement et perceptivement) un décodeur Ambisonics vers binaural.
- Le projet « ISiS Voices » de Carlo Laurenzi, une coopération du département Production avec l'équipe Analyse et synthèse des sons, vise l'extension des voix disponibles pour la synthèse du chant et posera les premiers pas des développements futurs du logiciel de synthèse de chant lyrique ISiS.

- Le projet « SO(A)P » de Benjamin Matuszewski et Étienne Démoulin, une contribution entre l'équipe Interaction son musique mouvement et le département Production, a pour but de faciliter la communication et l'interopérabilité entre le framework soundworks, les outils et environnements musicaux existants à travers la mise en place d'un protocole de communication générique largement utilisé dans les productions par les RIM.
- Le projet « CompAI » de Jérôme Nika, une collaboration entre les équipes Représentations musicales, Interaction son musique mouvement, les départements Production et Pédagogie et documentation et plusieurs musiciens, musiciennes et artistes partenaires, vise la finalisation de l'ergonomie des deux déclinaisons de la librairie Dicy2 (« online » et « offline ») et la constitution d'un groupe de réflexion associé à cette tâche.

Plusieurs projets de documentation de logiciels ont été initiés autour des logiciels Dicy2, SpeaK, SNAIL, Modalys et SkataRT en lien avec le Forum Ircam. L'objectif de ces projets est de faciliter l'accès à ces systèmes et de compléter la documentation par des exemples ayant un contenu artistique manifeste.

■ Les journées RIM/Recherche

Les réalisateurs en informatique musicale (RIM) sont les acteurs essentiels : ce sont eux qui travaillent avec les compositeurs et compositrices et aident à développer les outils spécifiques nécessaires. De plus, leur rôle au sein des équipes de recherche et de la production n'est pas seulement de développer une pièce, mais aussi de partager la connaissance et de faire le lien, toujours, entre recherche fondamentale appliquée et recherche artistique.

Les journées RIM/Recherche assurent la mise en cohérence des activités des RIM des départements Production et Pédagogie et documentation, avec celles des équipes de recherche de manière structurée.

Le but de ces journées est multiple :

- la formation/transmission en interne et en continu ;
- la mutualisation des pratiques et des savoir-faire ;
- le partage des ressources ;
- la synchronisation des développements.

■ Les séminaires recherche et création

Les séminaires recherche et création présentent des aspects techniques et/ou artistiques de la création d'une œuvre, d'une résidence en recherche artistique, d'un processus de création ou encore d'une motivation/carrière artistique. Ils s'intègrent aux séminaires recherche et technologie « les Mercredis de STMS ».



Judith Deschamps dans les studios de l'Ircam. © Philippe Barbosa

Projets

« Creative Europe »

2022

■ Réseau ULYSSES 2020-2024

En novembre 2019, l'Ircam a soumis un dossier à la Commission européenne afin de solliciter un soutien pour le projet ULYSSES pour la période 2020-2024. En juin 2020, la Commission européenne a annoncé la reconduction du projet pour quatre ans à partir du 1^{er} octobre 2020 et jusqu'à fin septembre 2024.

Informations

- 11 partenaires dans 9 pays :

Ircam (coordinateur du réseau), Paris – France ; Festival Mixtur, Barcelone – Espagne ; Divertimento Ensemble, Milan – Italie ; Fondation Royaumont, Asnières-sur-Oise – France ; Hochschule für Musik und Theater, Hambourg – Allemagne ; Festival et académie impuls, Graz – Autriche ; Ensemble IEMA, Francfort – Allemagne ; Festival Gaudeamus, Utrecht – Pays-Bas ; Festival Ultima, Oslo – Norvège ; Festival Time of Music, Viitasaari – Finlande ; Festival Warsaw Autumn, Varsovie – Pologne.

- Partenaires associés : Klang Festival – Danemark ; Open Music – Autriche ; Music Biennale Zagreb – Croatie ; Soundsofmusic – Pays-Bas.

Le projet ULYSSES 2020-2024 soutient les activités suivantes :

- Les ULYSSES Journeys qui permettent aux jeunes compositeurs, interprètes et chefs d'orchestre de circuler et de se perfectionner dans un contexte international et professionnel à travers différentes activités proposées par les partenaires du réseau. En 2022, 8 activités ont pu être organisées pour les compositeurs et 7 pour les interprètes. Ceci malgré un contexte où les coûts de voyage ont augmenté en raison de la guerre en Ukraine. Les détails des activités sont consultables sur :

- https://project.ulysses-network.eu/thematic/ulysses-journeys/?events_year=2022

- L'Ensemble ULYSSES, composé de jeunes musiciens qui auront la possibilité de préparer et jouer, dans les festivals organisés par les partenaires, des œuvres du répertoire de la musique contemporaine ainsi que des créations de jeunes compositeurs sous la direction de chefs de niveau international. Depuis sa première édition en 2017, cet ensemble est devenu une opportunité de professionnalisation incontournable pour de jeunes interprètes internationaux.

En 2022, l'Ensemble ULYSSES était en configuration Ensemble de percussions (5 musiciens de 5 nationalités différentes) et a fait 5 « stops » (Strasbourg, Utrecht, Paris, Viitasaari et Varsovie) avec un public moyen de 220 personnes à chaque étape. Au cours de cette tournée, un total de 5 œuvres du répertoire ont été jouées sous la direction des musiciens des Percussions de Strasbourg. Des œuvres co-commandées par la compositrice Mioko Yokoyama et l'œuvre de James A.-McEwan ont été également créées et jouées plusieurs fois. Pour plus de précisions :

- <https://project.ulysses-network.eu/event/ulysses-ensemble-tour-2022-percussion-ensemble-stop-1/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/ulysses-ensemble-tour-2022-percussion-ensemble-stop-2/>

- <https://project.ulysses-network.eu/event/ulysses-ensemble-tour-2022-stop-3/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/ulysses-ensemble-tour-2022-percussion-ensemble-stop-4/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/ulysses-ensemble-tour-2022-percussion-ensemble/>

- Les projets « In-Situ/City » qui ont pour objectif de créer des œuvres qui tiennent compte des spécificités culturelles et sociales d'un lieu particulier en Europe.

À titre d'exemple en 2022, 2 projets particulièrement riches ont été organisés à Paris (FR), Utrecht (NL) et Milan (IT). À Paris, le projet a dévoilé un dispositif interactif original, TACT, qui permettait aux utilisateurs de tous âges de dessiner des impressions musicales de la ville de Paris. À Milan – ville de la mode européenne –, le projet a permis à des compositeurs et des stylistes de collaborer à la création d'un défilé de mode tout à fait original sous la forme d'un spectacle mêlant musique contemporaine et mode.

Les détails des 3 projets « In-Situ/City » sont consultables sur :

- <https://project.ulysses-network.eu/event/1-insitu-city-paris-tact/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/insitu-city-utrecht/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/insitu-city-divertimento-fashion-milan/>

- Les projets « Collaboratory » qui visent à mettre en place des équipes de créateurs (compositeurs, interprètes, etc.) dans l'objectif de créer des œuvres collectives. En 2022, Time of Music et l'Ircam ont produit des projets sur l'improvisation respectivement sous la direction de Mark Applebaum et Bernhard Lang.

Les détails de ces projets sont consultables sur :

- <https://project.ulysses-network.eu/event/599092/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/collaboratory-paris/>

- Les projets « Replay Cultural Heritage » destinés aux élèves de collèges et lycées à travers l'Europe dont l'objectif est de découvrir des œuvres incontournables de la musique contemporaine. Cette activité se caractérise par un « re-make » de l'œuvre étudiée par l'élève, faisant appel à sa propre créativité.

En 2022, les œuvres de Steve Reich, Iannis Xenakis et Anne Teresa De Keersmaeker ont servi de point de départ pour les créations des jeunes lycéens. Pour plus de détails :

- <https://project.ulysses-network.eu/event/replay-cultural-heritage-ircam-2/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/replay-cultural-heritage-ultima-childrens-day/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/replay-cultural-heritage-iannis-xenakis-reloaded/>

■ Jeunes Ensembles

En plus de l'Ensemble ULYSSES, la version 2020-2024 du projet ULYSSES soutient des jeunes ensembles émergents qui ont besoin de passer du statut « étudiants » à un statut de jeunes professionnels. Ces ensembles se caractérisent par leur qualité de jeu, mais aussi par leur volonté de soutenir les créations des jeunes compositeurs et également de s'investir dans des activités pédagogiques. À titre d'exemple, l'Ensemble Decoder qui a participé au concert sous la direction d'Alexander Schubert dans le cadre du projet ANIMA™ lors de ManiFeste-2022. Pour plus de détails concernant les jeunes ensembles :

- https://project.ulysses-network.eu/thematic/young-ensembles/?events_year=2022

■ Sites ULYSSES

Le projet ULYSSES dispose de 2 sites permettant de découvrir ses activités ainsi que de soutenir les activités des jeunes artistes et professionnels de la musique contemporaine.

Le premier site – ULYSSES Project (<http://project.ulysses-network.eu>) – sert à décrire les objectifs des réseaux et les activités au fur et à mesure qu'ils évoluent au cours du projet. L'épine dorsale de ce site est la « timeline » qui, non seulement montre les activités mises en œuvre et à venir, mais regroupe les activités selon leur type (ULYSSES Journeys, ULYSSES Ensemble etc.)

Le second site – Platform ULYSSES (<https://www.ulysses-network.eu>) – regroupe les profils des artistes (6 155) et organisations (439) ainsi que plus de 2 408 œuvres. Ces informations servent pour les appels à candidature (plus de 50 par an) et les échanges entre artistes et organisations. La plateforme est devenue au fil du temps l'endroit incontournable pour retrouver les appels à candidature et concours dans le domaine de la musique contemporaine.

■ Soutien à l'Ukraine

En février 2022, les partenaires du réseau sont convenus d'essayer, autant que possible, d'aider les jeunes artistes ukrainiens pris au piège de la guerre. Une vingtaine d'artistes ont été contactés afin d'avoir une idée réaliste des besoins spécifiques. Beaucoup ont exprimé le fait que la promotion, via les réseaux sociaux, de la musique ukrainienne était très importante ainsi que l'organisation de concerts, la passation de commandes, la création musicale, des résidences, des bourses, l'accès aux partitions et leur diffusion, la participation à des ateliers et le partage d'informations via des sites Web. Un événement en ligne a été organisé le 7 juin 2022 où plusieurs jeunes artistes ont présenté leur travail et leurs points de vue sur la situation en Ukraine. Les sites du projet ULYSSES contiennent des informations diverses concernant ce soutien :

- <http://project.ulysses-network.eu/ulysses-for-ukraine/>
- <https://www.ulysses-network.eu/focus-on/solidarity-ukraine/>

Deux partenaires ont organisé rapidement des spectacles afin de soutenir la jeune création ukrainienne :

- <https://project.ulysses-network.eu/event/young-ensembles-alter-ratio-hfmt-hamburg/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/ulyssesforukraine-curious-ears-live-celebrating-ukrainian-music-gaudamus/>

Œuvres préparées ou créées en 2022

Opéra/ Oratorio

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Sivan Eldar Livret : Cordelia Lynn	<i>Like Flesh</i>	Commande Opéra de Lille, Opéra Orchestre national de Montpellier, Opéra national de Lorraine, Nancy Coproductioin Le Balcon, Ircam	21 janvier 2022, Opéra de Lille Juliette Allen, William Dazeley, Helena Rasker Florent Baffi, Adèle Carlier, Sean Clayton, Hélène Fauchère, René Ramos Premier, Guilhem Terrail Le Balcon Dir. Maxime Pascal	Opéra de chambre pour 3 voix solistes, 4 voix, 2 musiciens solistes, 2 acteurs et électronique (écriture de la distribution sonore) D'après <i>Les Métamorphoses d'Ovide</i>
Philippe Leroux Livret : Raphaële Fleury, d'après l'œuvre de Paul Claudel	<i>L'Annonce faite à Marie</i>	Production Théâtre Graslin, Nantes, Grand Théâtre d'Angers	9 octobre 2022, Théâtre Graslin, Nantes Raphaële Kennedy, Sophia Burgos, Els Jannssens Vanmunster, Marc Scoffoni, Charles Rice, Vincent Bouchot Ensemble Cairn Dir. Guillaume Bourgogne	Opéra pour 6 voix, 8 instruments et électronique D'après <i>L'Annonce faite à Marie</i> de Paul Claudel

Musique et scène

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Núria Giménez Comas Texte : Anja Hilling Mise en scène : Anne Monfort	<i>Nostalgie 2175</i>	Production day-for-night Coproduction Centre dramatique national de Besançon-Franche-Comté; Théâtre national de Strasbourg; Théâtre de la Cité – Centre dramatique national de Toulouse Occitanie; Espace des Arts – Scène nationale de Chalon-sur-Saône; Les Scènes du Jura – Scène nationale; L’arc, Scène nationale Le Creusot; ARTCENA aide à la création; Ircam	18 janvier 2022, Centre dramatique national de Besançon-Franche-Comté Mohand Azzoug, Judith Henry, Jean-Baptiste Verquin	Version spectacle de la Musique-Fiction du même nom
Vimala Pons	<i>Le périmètre de Denver</i>	Coproduction Nanterre-Amandiers, centre dramatique national; 2 Pôles Cirque en Normandie – La Brèche, Cherbourg – Cirque Théâtre, Elbeuf; Le Lieu Unique, Nantes; CDN Orléans/Centre-Val de Loire; Bonlieu, Scène nationale d’Annecy; Le TAP, Poitiers; La Coursive, Scène nationale de La Rochelle; MC2: Maison de la Culture de Grenoble; Espace Malraux, Scène nationale de Chambéry; Le CENTQUATRE-PARIS; Ircam/Les Spectacles vivants – Centre Pompidou, Paris; Les Halles de Schaerbeek, Bruxelles; Les Subsistances, Laboratoire de création artistique, Lyon	10 février 2022, Centre Pompidou Vimala Pons	Transformations vocales du personnage principal
Alexander Schubert Chorégraphie : Patricia Carolin Mai	<i>ANIMA™</i>	Commande Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	11 juin 2022, Festival ManiFeste-2022 Centre Pompidou Ensemble Decoder	Performance pour 5 musiciens, 2 acteurs, vidéo et lumière Utilisation de l’intelligence artificielle pour générer la vidéo (avatars) et la musique
Mathieu Corajod Livret : Dominique Quélen	<i>Laquelle se passe ailleurs</i>	Coproduction Compagnie Mixt Format, Ircam	3 juin 2023, Bienne, Suisse Stanislas Pili, Chloé Bieri, Pierre Lison, Antonin Noël	Poèmes scéniques pour 4 performeurs hybrides
Didem Coskunseven Chorégraphie : Ula Sickle	<i>Holding Present</i>	Commande Ictus, Ircam	4 juin 2023, Concertgebouw, Bruges, Belgique Ictus	Une des pièces musicales du spectacle chorégraphique <i>Holding Present</i>
Sasha J. Blondeau Voix, danse, chorégraphie : François Chaignaud Textes : Hélène Giannecchini Dramaturgie : Chloé Larmet	<i>Cortèges</i>	Commande Philharmonie de Paris-Orchestre de Paris, Ircam Avec le soutien de la Villa Albertine	8 juin 2023, Festival ManiFeste-2023 Philharmonie de Paris François Chaignaud Orchestre de Paris Dir. Alain Altinoglu	Pièce pour chanteur-danseur, grand orchestre et électronique
Oudus Onikeku	<i>Out of this world</i>	Coproduction Ircam, Les Spectacles Vivants – Centre Pompidou Dans le cadre de Moviment Avec le soutien de Mondes Nouveaux	8 juin 2023, Festival ManiFeste-2023, Centre Pompidou The Qdance Company Owomide Ifagbenusola, Abiodun Fabiyi, Victor Ademofe	Installation-spectacle musical et chorégraphique interactif et immersif

Orchestre

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Steve Lehman / Frédéric Maurin	<i>Ex Machina</i>	Commande Orchestre National de Jazz, Ircam	11 février 2022, Festival Présences, Maison de la radio et de la musique Steve Lehman Orchestre National de Jazz Dir. Frédéric Maurin	Utilisation des environnements de programmation DYC12 et Orchidea Œuvre collaborative
Misato Mochizuki	<i>Intrusions</i> , nouvelle version	Commande SWR, Ircam	8 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Orchestre de Paris Dir. Lin Liao	Orchestre et électronique et utilisation d'Orchidea
Marco Stroppa	<i>Come Play</i> <i>With Me</i> , nouvelle version	Commande SWR, Françoise et Jean-Philippe Billarant, Orchestre de Paris	8 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Orchestre de Paris Dir. Lin Liao	Concerto pour électronique et orchestre : le soliste est le totem de haut-parleurs (Timée)
Aida Shirazi	<i>Torn</i>	Commande Radio France, Ircam	23 juin 2023, Festival ManiFeste-2023, Maison de la radio et de la musique Ensemble intercontemporain Orchestre philharmonique de Radio France Dir. Pascal Rophé	Orchestre et électronique
Alexandre Jamar	<i>We will not waste a vowel</i>	Commande Orchestre national d'Île-de-France, Ircam Lauréat du Prix ÉLAN 2022	24 juin 2023, Festival ManiFeste-2023, Centre Pompidou Florence Dumont Orchestre national d'Île-de-France Dir. Léo Margue	Concerto pour harpe, orchestre et électronique

Ensemble vocal, ensemble et voix

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Stefano Gervasoni Vidéo : Paolo Pachini	<i>De Tinieblas</i>	Aide à l'écriture du ministère de la Culture Commande Ircam	11 juin 2022, Milano Musica, Milan, Italie SWR Vokalensemble Stuttgart Dir. Yuval Weinberg	Chœur et électronique D'après <i>Tres Lecciones de tinieblas</i> de José Angel Valente
Johannes Maria Staud	<i>Once Anything Might Have Happened</i>	Commande Ensemble intercontemporain, Ircam	17 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Sophia Burgos, Hanno Müller-Brachmann, Jean-Christophe Vervoitte Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher	Soprano, basse, cor, ensemble et électronique
Juste Janulyte	<i>Iridescence</i>	Commande SWR, Ircam	19 juin 2023, Festival ManiFeste-2023, Philharmonie de Paris-Cité de la musique SWR Vokalensemble Dir. Yuval Weinberg	Pièce pour 16 voix et électronique, inspirée de <i>Lux Aeterna</i> de György Ligeti
Ariadna Alsina Tarrés	<i>Split screen</i>	Commande Centre de musique baroque de Versailles, Ircam	22 juin 2023, Festival ManiFeste-2023, Ircam Les Pages et les Chantres du Centre de musique baroque de Versailles Dir. Fabien Armengaud	Chœur et électronique, dans le cadre du projet Janus avec le Centre de musique baroque de Versailles
Adrien Trybucki	<i>Encre simulacre</i>	Commande Centre de musique baroque de Versailles, Ircam	22 juin 2023, Festival ManiFeste-2023, Ircam Les Pages et les Chantres du Centre de musique baroque de Versailles Dir. Fabien Armengaud, Clément Buonomo	Chœur et électronique, dans le cadre du projet Janus avec le Centre de musique baroque de Versailles
Francesca Verunelli	<i>Songs and Voices (Kafka's Sirens)</i>	Aide à l'écriture du ministère de la Culture Commande GMEM, Grame – Festival ECLAT, Biennale de Venise, Ircam	27 octobre 2023, Biennale de Venise, Italie Neue Vocalsolisten Stuttgart Ensemble C Barré Dir. Sébastien Boin	Chœur, ensemble et électronique

Ensemble instrumental

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Clara Olivares	<i>Vers mes cieux vos regards pleins d'ivresse</i>	Commande Radio France, Ensemble intercontemporain, Ircam	9 février 2022, Festival Présences, Maison de la radio et de la musique Jens McManama Ensemble intercontemporain Dir. Duncan Ward	Cor, ensemble et électronique Utilisation des transducteurs
Francesco Filidei	<i>Ballata n° 8</i>	Aide à l'écriture du ministère de la Culture Commande Grame, Ensemble Orchestral Contemporain	15 mars 2022, B!ME - Biennale des Musiques exploratoires 2022, Lyon Ensemble Orchestral Contemporain Dir. Bruno Mantovani	Ensemble et électronique
Jean-Luc Hervé	<i>Topos</i>	Commande GMEM-Centre national de création musicale, Fondation Camargo, Ircam	12 mai 2022, Festival Propagations, MUCEM, Marseille L'itinéraire	Ensemble et électronique
Lisa Streich	<i>OFELIA</i>	Commande Ensemble intercontemporain, Collegium Novum Zürich, Ircam	14 septembre 2022, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher	Ensemble et électronique
Florent Caron Darras	<i>Transfert</i>	Commande Ensemble TM+, Ircam Avec le soutien d'AXA et de la Sacem	17 janvier 2023, Ircam Ensemble TM+ Dir. Laurent Cuniot	Ensemble et électronique à partir de l'enregistrement 3D de paysages sonores
Carmine Emanuele Cella	<i>I am in blood</i>	Commande L'itinéraire, Ircam	16 février 2023, Ircam L'itinéraire Dir. Léo Margue	14 instruments et électronique temps réel (instruments augmentés, orchestration, spatialisation)
Mark Andre	<i>Dasein 1</i>	Commande Ensemble intercontemporain, Ircam	9 juin 2023, Festival ManiFeste-2023, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher	Ensemble et électronique
José Miguel Fernandez	<i>Sources rayonnantes</i>	Commande Ircam Avec le soutien de la Sacem	17 juin 2023, Festival ManiFeste-2023, Ircam Ensemble Court-circuit Dir. Jean Deroyer	12 musiciens et électronique temps réel (spatialisation, captation du geste du chef, suivi de partition, synthèse sonore)
Michael Jarrell	Nouvelle œuvre	Commande MusiFabrik, Kunststiftung NRW, Wien Modern, Ircam Avec le soutien de Pro Helvetia	17 novembre 2023, Festival Wien Modern, Muzikverein, Vienne, Autriche Ensemble MusikFabrik Dir. Enno Poppe	Percussion, ensemble et électronique
Natasha Barrett	<i>Shimmering Cities</i>	Commande L'itinéraire, Ircam Avec le soutien du Norwegian Cultural Council	18 novembre 2023, Anniversaire L'itinéraire, Ircam L'itinéraire	Ensemble et électronique Diffusion Ambisonics
Yang Song	Nouvelle œuvre	Commande Ensemble intercontemporain, Ircam	8 décembre 2023, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Ensemble intercontemporain Dir. Yue Bao	Ensemble et électronique

Solo & Duos

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Sina Fallahzadeh	<i>Cantique de Métèque</i>	Commande Ircam	9 avril 2022, Festival Electric Voice, Pamplune, Espagne Nicholas Isherwood	Baryton et électronique
Kevin Juillerat	<i>Mues</i>	Commande Ircam	10 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Valeria Kafelknikov	Harpe et électronique
Clemens Gadenstätter	<i>4 studies for selfportraits in surroundings</i>	Musik der Jahrhunderte, Ircam	25 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Centre Pompidou Krassimir Sterev	Accordéon et électronique
Yan Maresz	<i>Soli</i>	Commande Française et Jean-Philippe Billarant	25 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Centre Pompidou Jean-François Heisser	Piano et électronique (Timée)
Francesca Verunelli	<i>In bianco e nero</i>	Commande Annie Clair, Ircam	25 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Centre Pompidou Krassimir Sterev, Florentin Ginot	Accordéon, contrebasse et électronique
Josh Levine	<i>Anyway</i>	Commande Ircam	17 juin 2023, Festival ManiFeste-2023, Ircam Parker Ramsey	Harpe électroacoustique et dispositif électronique

Installation sonore – musique électroacoustique – film et musique

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Martin Matalon	<i>Metropolis Rebooted</i>	Commande Orchestre de Paris, Orchestre du Gürzenich de Cologne	16 février 2022, Philharmonie de Cologne, Allemagne Orchestre du Gürzenich de Cologne Dir. François-Xavier Roth	Musique sur le film de Fritz Lang, nouvelle version pour orchestre et bande
Giulia Lorusso Giovanni Muzio : design graphique	<i>Fábrica</i>	Commande GEMM-Centre national de création musicale, Ircam	23 février 2022, Exposition « Réseaux-Mondes », Centre Pompidou	Expérience musicale virtuelle
Georges Aperghis, Fabien Bourlier, Didem Coskunseven Design sonore : Romain Barthélémy Design graphique : Zoé Aegerter	<i>TACT</i>	Commande Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES, dans le cadre du programme In Situ/City	7 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Centre Pompidou	Installation sonore interactive TACT « Toucher / Auditioner / Composer / Transmettre »
Bill Fontana	<i>Silent Echoes: Notre Dame 2022</i>	Production Bill Fontana Studio	8 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Centre Pompidou	Installation sonore Captation des vibrations des cloches de Notre-Dame de Paris, en réaction à la rumeur de la ville et des travaux du chantier de reconstruction de la cathédrale
Iannis Xenakis Pierre Carré : enquête musicologique et reconstitution des sources ExperiensS : adaptation, ingénierie et programmation lumière	<i>Polytope de Cluny</i>	Production Mondes Nouveaux Coréalisation ExperiensS, Ircam	21 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Ircam	Enquête musicologique et reconstitution du <i>Polytope de Cluny</i> (1972-1974)
/nu/thing (Andrea Agostini, Daniele Ghisi, Eric Maestri, Andrea Sarto) ExperiensS : création, ingénierie et programmation lumière	<i>Were You There at the Beginning</i>	Production Mondes Nouveaux Coréalisation ExperiensS, Ircam	21 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Ircam	Œuvre collective dans le cadre du concert <i>Polytope</i>
Sebastian Hilli Vidéo d'animation : Jenny Jokela	<i>Hibernation</i>	Commande Festival Gaudeamus Muziekweek, International Ensemble Modern Academy, Time of Music, Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES et de la Fondation culturelle suédoise de Finlande	30 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Centre Pompidou IEMA – Ensemble 2021-22 Dir. Alexander Sinan Binder	Ensemble, animation et électronique
Andrea Cera Collectif LuxuryLogico	<i>The Insomnia Sketchbook</i>	Commande Taiwan Sound Lab – C-Lab, Ircam	16 octobre 2022, Taipei Performing Arts Center, Taïwan	Installation sonore et visuelle
Lucie Antunes	Nouveau set	Commande Ircam Avec le soutien d'AXA	12 janvier 2023, Ircam Lucie Antunes, Clémence Lasmé, Axel Rigaud, Franck Berthoux	Résidence Électro-Odyssée des artistes de la scène électro
Jean-Michel Jarre	<i>(more)Oxymore</i>	Production Ircam Avec le soutien d'AXA	14 janvier 2023, Ircam Jean-Michel Jarre	Résidence Électro-Odyssée des artistes de la scène électro
Deena Abdelwahed	Nouveau set	Commande Ircam Avec le soutien d'AXA	14 janvier 2023, Ircam Deena Abdelwahed	Résidence Électro-Odyssée des artistes de la scène électro
Marco Stroppa	<i>Lances des crépuscules</i>	Commande Ircam	17 avril 2023, Ircam	Œuvre électroacoustique pour l'Espace de projection
Sivan Eldar	Nouvelle œuvre	Commande Ircam	Juin 2023, Place Igor-Stravinsky	Œuvre électroacoustique pour la fontaine Stravinsky, place Stravinsky à Paris

Musiques-Fictions

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Núria Giménez Comas Texte : Anja Hilling Adaptation : Anne Monfort	<i>Musique-Fiction n° 4 : Nostalgie 2175</i>	Commande Ircam	28 janvier 2022, Centre dramatique national de Tours – Théâtre Olympia,	Collection de courtes fictions. Nouveau type de théâtre ou cinéma pour les oreilles, mobilisant des auteurs, compositeurs, metteurs en scène et acteurs, destinées à un dispositif sonore immersif 3D (Ambisonics)
Roque Rivas Texte : Robert Linhart Adaptation : Julia Vidit	<i>Musique-Fiction n° 7 : Le sentiment du monde</i>	Commande Ircam Avec le soutien de la Sacem	18 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, T2G – Théâtre de Gennevilliers	
Jérôme Combier Texte : Patrick Kermann Adaptation : Marc Lainé	<i>Musique-Fiction n° 8 : The Great Disaster</i>	Commande Ircam Avec le soutien de la Sacem	14 janvier 2023, Ircam en Fête, Ircam	
Alexandre Meyer Texte : Homère Adaptation : Jacques Vincey	Avant-première <i>Musique-Fiction L'Odyssée d'Homère</i>	Commande Ircam Coproduction Ircam, Centre dramatique national de Tours – Théâtre Olympia	6 mars 2023, Ircam	
Frédéric Pattar Texte : Nastassja Martin Adaptation : Mathilde Delahaye	<i>Musique-Fiction n° 9 : Croire aux fauves</i>	Commande Ircam Avec le soutien de la Sacem	septembre 2023, Ircam	

Saison musicale parisienne 2022

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
9-févr	Maison de la radio et de la musique #Festival Présences Retransmis en direct sur France Musique	Allain Gaussin Philippe Hurel Tristan Murail Tristan Murail Clara Olivares	<i>Par delà...</i> CRÉATION 2022 <i>En spirale pour clarinette</i> CRÉATION 2022 <i>L'Esprit des dunes</i> <i>Désintégrations</i> <i>Vers mes cieux vos regards pleins d'ivresse</i> CRÉATION 2022	Alain Billard, Jérôme Comte, Jens McManama, Aurélien Gignoux Ensemble intercontemporain Dir. Duncan Ward
10-12-févr	Centre Pompidou #Festival Les Singulier-e-s	Vimala Pons	<i>Le Périmètre de Denver</i> CRÉATION 2022	Vimala Pons, spectacle
11-févr	Maison de la radio et de la musique #Festival Présences Enregistré par France Musique	Christophe de Coudenhove Steve Lehman, Frédéric Maurin	<i>En blanc and blue</i> CRÉATION 2022 de la nouvelle version <i>Ex Machina</i> CRÉATION 2022	Ghislaine Petit-Volta, Isabelle Moretti Orchestre National de Jazz Dir. Frédéric Maurin
16-26 févr	CENTQUATRE-PARIS	Vimala Pons	<i>Le Périmètre de Denver</i> CRÉATION 2022	Vimala Pons, spectacle
17-18 févr	Centre Pompidou #Festival Les Singulier-e-s	Nino Laisné, Daniel Zapico	<i>Arca ostinata</i> CRÉATION 2021	Daniel Zapico
23-févr au 25-avr	Centre Pompidou #Mutations-Créations 5 dans le cadre de l'exposition « Réseaux-Mondes »	Giulia Lorusso / Giovanni Muzio	<i>Fábrica</i> CRÉATION 2022	Installation sonore et visuelle
26-févr	Ircam #Festival Effractions de la BPI	Annie Ernaux / Aurélien Dumont / Daniel Jeanneteau Marie NDiaye / Gérard Pesson / David Lescot	<i>Musique-Fiction n° 2: L'autre fille</i> <i>Musique-Fiction n° 6: Un pas de chat sauvage</i>	Annie Ernaux, Ensemble L'Instant Donné Annie Mercier, Anne Girouard, Olivier Dutilloy, Élise Chauvin, Alphonse Cemin
20-21-mai	Beaux-Arts de Paris #Chaire Supersonique	Luis Quintana, Isadora Soares Belletti Valentin Bonnet, Yann Trividic Didem Coskunseven, Louise Le Pape, Engin Daglik Tom Bierton, Céleste Ingrand, Armand Koestinger Carl Amiard, Loïs Saumande	<i>Gloup Splash Blup</i> CRÉATION 2022 <i>ECPC 2022</i> CRÉATION 2022 <i>The stuff of dreams (L'étoffe des rêves)</i> CRÉATION 2022 <i>Parc des curiosités reconstruites</i> CRÉATION 2022 <i>HIT!</i> CRÉATION 2022	Luis Quintana, Isadora Soares Belletti Valentin Bonnet, Yann Trividic Didem Coskunseven, Louise Le Pape, Engin Daglik Tom Bierton, Céleste Ingrand, Armand Koestinger Carl Amiard, Loïs Saumande
14-sept	Philharmonie de Paris-Cité de la musique Retransmis en direct sur France Musique	Helmut Lachenmann Anders Hillborg Lisa Streich	<i>Concertini</i> <i>Skysong</i> CRÉATION 2022 <i>OFELIA</i> CRÉATION 2022	Ensemble intercontemporain Dir. Mathias Pintscher

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
16-sept	3537 #Concert Cursus 1	Sebastian Adams Filippos Sakagian Aida Shirazi Qingqing Teng Julie Zhu	<i>Stolen Music</i> CRÉATION 2022 <i>Dionysian Skin</i> CRÉATION 2022 <i>Né entre corps</i> CRÉATION 2022 <i>Ghost shouting, Ghost screaming</i> CRÉATION 2022 <i>BOX</i> CRÉATION 2022	Olivia Martin, Stefanie Inhelder, Mathilde Barthélémy, Dafin Antoniadou, Frederik Bous, Céline, Amélie Nilles, Safia Zimouche
24-sept	Centre Pompidou #Concert Cursus 2	Utku Asuroglu Basile Chassaing Sachie Kobayashi Matthias Krüger Di Zhao	<i>Conjectures and Refutations</i> CRÉATION 2022 <i>Ailleurs</i> CRÉATION 2022 <i>Day 0 - Trans-instrumentalism</i> CRÉATION 2022 <i>rosebud</i> CRÉATION 2022 <i>An Immortal Flower</i> CRÉATION 2022	Corentin Marillier, Matthias Champon, Léna Pinon Lang, Alexa Ciciretti, Victor Virnot
12-oct-14-nov	Centre Pompidou	Bill Fontana	<i>Silent echoes: Notre Dame</i> CRÉATION 2022	Installation sonore
8-déc	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Beat Furrer Philippe Manoury Ying Wang	<i>Quatuor à cordes n° 4</i> CRÉATION FRANÇAISE <i>Quatuor à cordes n° 2</i> Tensio <i>Copyleft</i> CRÉATION 2022	Quatuor Diotima
13-déc	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Olga Neuwirth	<i>Le Encantadas o le avventure nel mare delle meraviglie</i>	Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher

Tournées 2022

Artistes	Titre	Dates & Lieux	Description
Maylis de Kerangal/Daniele Ghisi/Jacques Vincey	<i>Musique-Fiction n° 1: Naissance d'un pont</i>	4 au 8 janvier, Théâtre d'Orléans 28 janvier au 18 février, Centre dramatique national de Tours – Théâtre Olympia	reprise reprise
Annie Ernaux/Aurélien Dumont/Daniel Jeanneteau	<i>Musique-Fiction n° 2: L'autre fille</i>	4 au 8 janvier, Théâtre d'Orléans 28 janvier au 18 février, Centre dramatique national de Tours – Théâtre Olympia 26 février, Opéra de Lille 17 au 24 mai, Festival Sonik, Théâtre de Cornouailles, Quimper	reprise reprise reprise reprise
Céline Minard/Olivier Pasquet/Thierry Bédard	<i>Musique-Fiction n° 3: Bacchantes</i>	4 au 8 janvier, Théâtre d'Orléans 28 janvier au 18 février, Centre dramatique national de Tours – Théâtre Olympia	reprise reprise
Anja Hilling/Núria Giménez Comas/Anne Monfort	<i>Nostalgie 2175</i>	18 au 20 janvier, Centre dramatique national de Besançon Franche-Comté 26 au 28 janvier, Théâtre de la Cité – CDN de Toulouse Occitanie 1 ^{er} février, Les Scènes du Jura, Scène nationale de Dole 3 février, L'arc – Scène nationale Le Creusot 15, 16 mars, Espace des Arts, Scène nationale de Chalon-sur-Saône 7 au 15 décembre, Théâtre national de Strasbourg	CRÉATION reprise reprise reprise reprise reprise
Sivan Eldar	<i>Like Flesh</i> <i>Heave</i> <i>You'll drown, dear</i>	21, 23, 25, 27, 28 janvier, Opéra de Lille 10, 11, 13 février, Opéra national de Montpellier 28, 30 septembre, 2 octobre, Opéra national de Lorraine, Nancy 6 mars, Opéra de Marseille 1 ^{er} octobre, Loewe Theater, New York, États-Unis	CRÉATION reprise reprise reprise
Anja Hilling/Núria Giménez Comas/Anne Monfort	<i>Musique-Fiction n° 4: Nostalgie 2175</i>	28 janvier au 18 février, Centre dramatique national de Tours – Théâtre Olympia	CRÉATION
Lydie Salvayre/Laurence Baschet/Anne-Laure Liégeois	<i>Musique-Fiction n° 5: La Compagnie des Spectres</i>	28 janvier au 18 février, Centre dramatique national de Tours – Théâtre Olympia	reprise
Marie NDiaye/Gérard Pesson/David Lescot	<i>Musique-Fiction n° 6: Un pas de chat sauvage</i>	28 janvier au 18 février, Centre dramatique national de Tours – Théâtre Olympia 26 février, Opéra de Lille	reprise reprise
Ichiro Nodaira	<i>Iki-no-michi</i>	4 février, Asahi Hamarikyū Hall, Tokyo, Japon	reprise
Martin Matalon	<i>Metropolis Rebooted</i>	16, 17 février, Philharmonie de Cologne, Allemagne 18 novembre, Festival Ars Musica, Bozar, Bruxelles, Belgique 19 novembre, Concertgebouw, Bruges, Belgique	CRÉATION reprise reprise
Philippe Manoury	<i>Jupiter</i> <i>Kein Licht</i>	15 février, Casa da Musica, Porto, Portugal 24, 25, 26 juin, Holland Festival, Amsterdam, Pays-Bas	reprise reprise
Rachel Beja	<i>Frammenti di memoria abolita</i>	22 février, Fabbrica del Vapore, Milan, Italie	reprise
Rebecca Saunders	<i>The Mouth</i>	6 mars, Opéra de Marseille	reprise
Adrien Trybucki	<i>Rapides diaprés</i>	6 mars, Opéra de Marseille 1 ^{er} octobre, Loewe Theater, New York, États-Unis	reprise reprise
Francesco Filidei	<i>Ballata n° 8</i>	15 mars, B!ME 2022, Théâtre de la Renaissance, Lyon	CRÉATION
Ivan Fedele	<i>Richiamo</i>	15 mars, B!ME 2022, Théâtre de la Renaissance, Lyon	reprise

Artistes	Titre	Dates & Lieux	Description
Lorenzo Bianchi Hoesch	<i>SQUARE</i>	26, 27 mars, BIME 2022, Auditorium de Lyon	reprise
Luis Naón	<i>Quatuor à cordes n° 3</i>	1 ^{er} avril, Festival Archipel, Genève	reprise
Sina Fallahzadeh	<i>Cantique de Métèque</i>	9 avril, Festival Electric Voice, Pamplune, Espagne 20 avril, California State University, États-Unis 7 mai, University of Washington, États-Unis 19 mai, Conservatoire de Florence, Italie	CRÉATION reprise reprise reprise
Steve Lehman, Frédéric Maurin	<i>Ex Machina</i>	30 septembre, Roulette, New York, États-Unis 3 octobre, Ambassade de France, Washington DC, États-Unis 4 octobre, Brown University, Providence, États-Unis 7 octobre, L'OFF Festival de Jazz de Montréal, Canada	reprise reprise reprise reprise
Jean-Luc Hervé	<i>Topos</i> <i>Biotope</i>	12 mai, Festival Propagations, MUCEM, Marseille 2 juin, Le Lux Scène nationale, Valence 11 juin-31 juillet, Centre Pompidou-Metz	CRÉATION reprise reprise
Stefano Gervasoni/Paolo Pachini	<i>De Tinieblas</i>	11 juin, Milano Musica, Milan, Italie 15 juin, Theaterhaus, Stuttgart, Allemagne	CRÉATION reprise
Sebastian Hilli/Jenny Jokela	<i>Hibernation</i>	3 juillet, F°LAB - Festival for Performing Arts, Frankfurt Lab, Allemagne 7 juillet, Festival Time of Music, Viitasaari, Finlande 11 septembre, Festival Gaudeamus Musiekweek, Utrecht, Pays-Bas	reprise reprise reprise
Henry Fourès	<i>Un bel éclair qui durerait</i>	24 juillet, Festival Olivier Messiaen au Pays de la Meije	reprise
Misato Mochizuki	<i>Intrusions</i>	2 septembre, Festival Saint-Michaelis, Hambourg, Allemagne	reprise
Bill Fontana	<i>Silent Echoes: Notre-Dame</i>	7-11 septembre, Ars Electronica, Linz, Autriche 13 septembre-4 décembre, Arter, Istanbul, Turquie	reprise reprise
Kaija Saariaho	<i>Lonh</i>	1 ^{er} octobre, Loewe Theater, New York, États-Unis	reprise
Roque Rivas/Carolos Franklin	<i>Mutations of Matter (version vidéo)</i>	1 ^{er} octobre, Loewe Theater, New York, États-Unis	reprise
Lisa Streich	<i>OFELIA</i>	8 octobre, La Grande Tonhalle, Zurich, Suisse 19 novembre, Huddersfield Contemporary Music Festival, Royaume-Uni	reprise reprise
Philippe Leroux	<i>L'Annonce faite à Marie</i>	9, 11, 13, 14 octobre, Théâtre Graslin, Nantes 6, 8, 9 novembre, Opéra de Rennes 19 novembre, Grand Théâtre d'Angers	CRÉATION reprise reprise
Pierre Jodlowski	<i>Alan T.</i>	11, 12 octobre, Biennale de Toulouse, Théâtre de la Cité – CDN Toulouse Occitanie	reprise
Pierre Boulez	<i>Anthèmes 2</i>	12 octobre, Festival Wandering, Taiwan Contemporary Culture Lab, Taïwan	reprise
Yan Marez	<i>Metallics</i>	12 octobre, Festival Wandering, Taiwan Contemporary Culture Lab, Taïwan	reprise
Andrea Cera / Collectif LuxuryLogico	<i>The Insomnia Sketchbook</i>	16 au 22 octobre, Taipei Performing Arts Center, Taïwan	CRÉATION
Alexander Schubert	<i>ANIMA™</i>	21, 22 octobre, Kampnagel Hamburg, Allemagne	reprise
Iannis Xenakis	<i>Polytope de Cluny</i>	2, 3 décembre, Fondation Gulbenkian, Lisbonne, Portugal	reprise
/nu/thing et ExperiensS	<i>Were You There at the Beginning</i>	2, 3 décembre, Fondation Gulbenkian, Lisbonne, Portugal	reprise
Robert HP Platz	<i>Branenwelten 6</i>	5 décembre, Würzburg, Allemagne 6 décembre, Bayreuth, Allemagne 7 décembre, Académie bavaroise des Beaux-Arts, Allemagne	reprise reprise reprise

ManiFeste-2022

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
8-juin-2-juil	Centre Pompidou	Bill Fontana	<i>Silent Echoes: Notre Dame</i> CRÉATION 2022	Installation sonore
8-juin-2-juil	Centre Pompidou	Georges Aperghis, Fabien Bourlier, Didem Coskunseven/ Romain Barthélémy / Zoé Aegerter	<i>TACT</i> CRÉATION 2022	Installation sonore interactive
8-9-juin	Philharmonie de Paris-Cité de la musique Enregistré par France Musique	Philippe Manoury Misato Mochizuki Marco Stroppa	<i>Ring</i> <i>Intrusions</i> CRÉATION 2022 de la nouvelle version <i>Come Play With Me</i> CRÉATION 2022 de la nouvelle version	Orchestre de Paris Dir. Lin Liao
9-juin	Ircam	Rencontre Fictions-Science : Alan Turing		Alice Cohen-Hadria, Judith Deschamps, Catherine Dufour, Pierre Jodlowski, Alain Prochiantz, Camille Diaio
10-juin	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Clara Iannotta Kevin Juillerat Emmanuel Nunes Anton Webern Anton Webern	<i>Echo from Afar</i> CRÉATION 2022 <i>Mues</i> CRÉATION 2022 <i>Einspielung I</i> <i>Trio à cordes, op. 20</i> <i>Quatuor à cordes op. 28</i>	Solistes de l'Ensemble intercontemporain : Valeria Kafelnikov, Jeanne-Marie Conquer, Diego Tosi, John Stulz, Renaud Déjardin
11-juin	Ircam Diffusé sur YouTube	Rencontre : <i>le Polytope de Cluny</i> de Iannis Xenakis		Pierre Carré, Elsa Kiourtsoglou, Makis Solomos, /nu/thing
11-juin	Centre Pompidou Diffusé sur YouTube	Alexander Schubert / Patricia Carolin Mai	<i>ANIMA™</i> CRÉATION 2022	Guy Marsan, Si-Ying Fung Ensemble Decoder : Leopold Hurt, Andrej Koroliov, Carola Schaal, Sonja Lena Schmid, Jonathan Shapiro
15, 16, 17-juin	SCAI, Ircam	Rencontre et ateliers Deep Voice Diversité et inclusion dans les technologies vocales		Emil Asmussen, Mathieu Avanzi, Djenebou Bathily, Mélissa Barkat Defradas, Laurent Besacier, Eric de la Clergerie, Luc Julia, Victoria Khurshudyan, Anton Lozhkov, Carl Robinson, Djamel Seddah, Maxim Serebryakov, Laure Soulier, Agnès Vourc'h, Robert Laplane
15-juin	Centre Pompidou Diffusé sur YouTube	Francesco Filidei Ivan Fedele Marc Monnet Lara Morciano	<i>Ballata n° 8</i> CRÉATION 2022 <i>Richiamo</i> <i>Ti, ci, ti, ti, timpru</i> CRÉATION 2022 <i>Nei rami chiari</i> CRÉATION 2022	Ensemble Orchestral Contemporain Dir. Bruno Mantovani
17-juin	Philharmonie de Paris-Cité de la musique Enregistré par France Musique	Johannes Bach/Anton Webern Philippe Manoury Johannes Maria Staud Anton Webern Anton Webern	<i>Fuga Ricercata</i> , extrait de <i>L'Offrande musicale</i> <i>Passacaille pour Tokyo</i> <i>Once Anything Might Have Happened</i> CRÉATION 2022 <i>Cantate n° 1</i> <i>Cantate n° 2</i>	Sophia Burgos, Hanno Müller-Brachmann, Hidéki Nagano, Jean-Christophe Vervoitte Ensemble intercontemporain Orchestre de chambre de Paris Ensemble Aedes Dir. Matthias Pintscher Chef de chœur Mathieu Romano

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
18-juin	Centre Pompidou Diffusé sur YouTube	Stefano Gervasoni Stefano Gervasoni / Paolo Pachini Helmut Lachenmann	<i>Abri</i> <i>De Tinieblas</i> CRÉATION FRANÇAISE <i>Streichtrio 2</i> CRÉATION FRANÇAISE	Trio à cordes de l'Ensemble Recherche : Melise Mellinger, Geneviève Strosser, Åsa Åkerberg SWR Vokalensemble Stuttgart Dir. Yuval Weinberg
18-25-juin	T2G-Théâtre de Gennevilliers	Annie Ernaux/Aurélien Dumont/ Daniel Jeanneteau Céline Minard/Olivier Pasquet/Thierry Bédard Anja Hilling/Núria Giménez Comas/Anne Monfort Lydie Salvayre/Florence Baschet/Anne-Laure Liégeois Marie NDiaye/Gérard Pesson/David Lescot Robert Linhart/Roque Rivas/Julia Vidit	<i>Musique-Fiction n° 2 : L'autre fille</i> <i>Musique-Fiction n° 3 : Bacchantes</i> <i>Musique-Fiction n° 4 : Nostalgie 2175</i> <i>Musique-Fiction n° 5 : La Compagnie des Spectres</i> <i>Musique-Fiction n° 6 : Un pas de chat sauvage</i> <i>Musique-Fiction n° 7 : L'Établi</i> CRÉATION 2022	Annie Ernaux, Ensemble L'Instant Donné Bénédicte Wenders, Geoffrey Carey, Julien Cussonneau, Isabelle Mazin, Malvina Plégat, Sabine Moindrot Judith Henry, Thomas Blanchard, Jean-Baptiste Verquin, L'Instant Donné Annie Mercier, Anne Girouard, Olivier Dutilloy, Elise Chauvin, Alphonse Cemin Jeanne Balibar, Ensemble Cairn
21-juin-2-juil	Ircam	/nu/thing Iannis Xenakis /Pierre Carré/ExperiensS	<i>Were You There at the Beginning</i> CRÉATION 2022 <i>Polytope de Cluny</i> CRÉATION DE LA RECONSTITUTION	/nu/thing et ExperiensS
22-juin	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Pierre Jodlowski	<i>Alan T.</i> CRÉATION FRANÇAISE	Joanna Freszel, Thomas Hauser Ensemble Nadar
23-juin	Philharmonie de Paris	Philippe Manoury Philippe Manoury Philippe Manoury	<i>Jupiter</i> <i>Pluton</i> <i>Neptune</i>	Solistes de l'Ensemble intercontemporain : Gilles Durot, Aurélien Gignoux, Samuel Favre, Sophie Cherrier, Dimitri Vassilakis
24-juin	Maison de la radio et de la musique Retransmis en direct sur France Musique	Jesper Nordin Kaija Saariaho Jean Sibelius	<i>Emerging from Currents and Waves</i> CRÉATION FRANÇAISE <i>Château de l'âme</i> <i>Tapiola</i>	Faustine de Monès, Martin Fröst Chanteurs du Chœur de Radio France Orchestre Philharmonique de Radio France Dir. Hannu Lintu
25-juin	CENTQUATRE-PARIS //ACADÉMIE// Journée Janus	Ariadna Alsina Tarrés Adrien Trybucki Jug Marković Justina Repečkaitė	<i>esquisses</i>	Maîtrise du Centre de musique baroque de Versailles
25-juin	CENTQUATRE-PARIS //ACADÉMIE// Sortie de la master classe pour ensemble de percussions Diffusé sur YouTube	Malika Kishino Iannis Xenakis Mioko Yokoyama	<i>Sange</i> <i>Métaux, Peaux</i> , extraits de <i>Pléiades</i> <i>Talking Metals, Talking Drums</i> CRÉATION 2022	Ensemble ULYSSES Rémi Schwartz, soliste des Percussions de Strasbourg
25-juin	Centre Pompidou	Clemens Gadenstätter Yan Maresz Claudia Jane Scroccaro Francesca Verunelli	<i>4 studies for selfportraits in surroundings</i> CRÉATION 2022 <i>Soli</i> CRÉATION 2022 <i>I sing the body electric</i> CRÉATION 2022 <i>In bianco e nero</i> CRÉATION 2022	Florentin Ginot, Jean-François Heisser, Krassimir Sterev
27-juin	Centre Pompidou	Nicolas Doutey / Grégoire Lorieux / Nathalie Pivain	<i>Musique-Fiction au lycée :</i> <i>Un réveil catastrophique</i>	
30-juin	Centre Pompidou Diffusé sur YouTube	Sebastian Hilli/Jenny Jokela Øyvind Torvund Elena Rykova	<i>Hibernation</i> CRÉATION 2022 <i>Plans</i> CRÉATION FRANÇAISE <i>In the Presence of Absence</i> CRÉATION 2022	Internationale Ensemble Modern Akademie Dir. Alexander Sinan Binder

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
1-juil.	Philharmonie de Paris //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier de composition d'Augusta Read Thomas Finale du Prix ÉLAN Enregistré par France Musique	Saad Haddad Alexandre Jamar Chenyao Li Pilar Miralles Augusta Read Thomas Stefano Gervasoni	<i>MESHAHID</i> CRÉATION 2022 <i>Five Forest Studies</i> CRÉATION 2022 <i>Flowers on the other shore</i> CRÉATION 2022 <i>Allegory of the Five Industrial Forces</i> CRÉATION 2022 <i>Being is a Bird</i> CRÉATION FRANÇAISE <i>Froward</i> CRÉATION FRANÇAISE	Marie-Ange Nguci Orchestre national d'Île-de-France Dir. Georg Köhler, Sora Elisabeth Lee
2-juil.	Centre Pompidou //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier d'interprétation des musiques mixtes	Natasha Barrett Mathieu Bonilla Jérôme Combier Pasquale Corrado	<i>Liquid Crystal</i> <i>Orpillage</i> <i>Kogarashi, le premier soupir des fantômes</i> <i>Wam</i>	Élèves du Pôle Sup'93 : Julie Cormier, Pascal Lepage, Swann Texier, Wen-Jing Yeh Réalisateur en informatique musicale stagiaires de l'académie : Konstantinos Baras, Yongbing Dai, Itziar Viloria, Yang Song Élèves ingénieurs du son de l'ENS Louis-Lumière : Yann Brecy, Adam David, Louis Genieys, Samuel Robineau, Camille Tirard, Dorian Vernet
2-juil.	CENTQUATRE-PARIS //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier pour ensemble dirigé de Misato Mochizuki Diffusé sur YouTube	Misato Mochizuki Suiha Yoshida Baldwin Giang Jonas Regnier Eden Lonsdale Hyeokjae Kim Pablo Andoni Olabarria Roman Parkhomenko	<i>Moebius Ring</i> <i>Frontières dissoutes</i> CRÉATION 2022 <i>music for meganeura</i> CRÉATION 2022 <i>Tracing in Vastness</i> CRÉATION 2022 <i>whirling</i> CRÉATION 2022 <i>Tutto</i> CRÉATION 2022 <i>rau</i> CRÉATION 2022 <i>Elements</i> CRÉATION 2022	Ensemble intercontemporain Dir. Jean Deroyer
2-juil.	CENTQUATRE-PARIS //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier Collaboratory de Bernhard Lang Diffusé sur YouTube	Bernhard Lang	<i>écriture 6</i> CRÉATION 2022 Nouvelle œuvre collective CRÉATION 2022	Dimitrios Polissoidis, Gérald Preinfalk, Robert Lepenik, Dieb 13 Interprètes et compositeurs électronique stagiaires de l'académie : Johan Blixt, Ana Luisa Diaz De Cossio, Jenna Flohr, Jack Herscowitz, Volodia Lambert, Kalun Leung, Li-Chin Li, Samuel Long, Josefa Silva Ibarra, Esther Wu

La transmission



La promotion Cursus 2021-22. © Deborah Lopatin
De gauche à droite : Di Zhao, Basile Chassaing, Matthias Krüger, Philippos Sakagian, Sachie Kobayashi, Aida Shirazi, Utku Asuroglu, Qinqing Teng, Julie Zhu, Sebastian Adams

FORMATIONS SUPÉRIEURES

■ Cursus de composition et d'informatique musicale

Promotion 2021-2022

- Nouveau compositeur associé au Cursus : Pierre Jodlowski
- Année de formation étirée jusqu'en septembre (12 mois de formation)
- Mise en place de 4 workshops thématiques : image, danse, texte, improvisation
- Poursuite de l'ouverture du Cursus: les projets finaux des compositrices et compositeurs prennent des formes très diverses (installation sonore, pièce purement électronique pouvant intégrer de l'image, de la danse...)
- Jeunes interprètes professionnels participant au concert du Cursus

Effectif	5 compositrices et 5 compositeurs : Sebastian Adams, Utku Asuroglu, Basile Chassaing, Sachie Kobayashi, Matthias Krüger, Filippos Sakagian, Aida Shirazi, Qinqing Teng, Di Zhao, Julie Zhu
Nationalités	Allemagne, Chine, États-Unis, France, Grèce, Iran, Irlande, Japon, Turquie
Équipe pédagogique	Simone Conforti, Jean Lochard, Grégoire Lorieux, Sébastien Naves, Claudia Jane Scroccaro (RimCe) et Pierre Jodlowski, compositeur associé au Cursus Coordination pédagogique : Murielle Ducas
Durée de la formation	12 mois, 4 octobre 2021 – 30 septembre 2022, 700 heures de formation/stagiaire incluant cours magistraux, TD, workshops, suivi individualisé, conférences, répétitions, concert
Artistes invités	Michael Beil, Boris Labbé, Irène Gayraud, Lionel Parlier, Georges Aperghis, Olivier Pasquet, Kaya Kołodziejczyk, Alexander Schubert, Philippe Leroux, Benjamin de la Fuente, Maija Hynninen Scientifiques : Jean-Louis Giavitto, Jérôme Nika
Workshops	Workshop danse et électronique encadré par Kaya Kołodziejczyk, Pierre Jodlowski et l'équipe des RimCe Workshop improvisation et électronique encadré par Benjamin de la Fuente, Pierre Jodlowski et l'équipe des RimCe
Contenu de la formation	Le Cursus est un programme unique de formation en informatique musicale destiné à de jeunes compositrices et compositeurs. Tout au long de l'année, d'octobre à septembre, les étudiants acquièrent une solide autonomie technique et la maîtrise de plusieurs programmes informatiques orientés vers la création artistique. Des miniprojets permettent de valider les acquis techniques. Les projets finaux des élèves sont présentés au mois de septembre lors d'un concert public dans le cadre de la saison musicale de l'Ircam
Restitution des projets	Le 16 septembre au 3537 (2 sessions à 18h30 et 21h). Public : 220 personnes ; et le 24 septembre au Centre Pompidou, Grande salle. Public : 275 personnes
Partenaires	CNSMDP, CNSMDL, HEM de Genève, Académie supérieure de Musique-Hear, PSPBB, Cité internationale des arts de Paris

Les projets finaux des compositrices et compositeurs du Coursus

Nom	Pays	Titre du projet final	Effectif	Interprètes	Encadr. péda. Ircam
Sebastian Adams	Irlande	<i>Stolen Music</i>	vidéo et électronique	X	C. J. Scroccaro
Utku Asuroglu	Turquie	<i>Conjectures and Refutations</i>	violoncelle et électronique	Alexa Ciciretti	J. Lochard, G. Lorieux
Basile Chassaing	France	<i>Ailleurs</i>	trompette, voix enregistrée, vidéo et électronique	Matthias Champon	G. Lorieux
Sachie Kobayashi	Japon	<i>Day 0 - Trans-instrumentalism</i>	1 performeur, vidéo, capture de mouvement et électronique	Corentin Marillier	S. Naves
Matthias Krüger	Allemagne	<i>rosebud</i>	1 danseur, capteurs et électronique	Victor Virnot	S. Naves
Filippos Sakagian	Grèce	<i>Dionysian Skin</i>	transmédia live performance, pour lumière, performeurs et électronique	Dafin Antoniadou et 4 performeurs	J. Lochard
Aïda Shirazi	Iran	<i>Né entre corps</i>	voix, électronique, danse et lumière	Stefanie Inhelder	J. Lochard
Qingqing Teng	Chine	<i>Ghost shouting, Ghost screaming</i>	voix, vidéo et électronique	Mathilde Barthélémy	S. Conforti
Di Zhao	Chine	<i>An Immortal Flower</i>	1 danseuse, vidéo et électronique	Léna Pinon Lang	C. J. Scroccaro
Julie Zhu	États-Unis	<i>BOX</i>	percussions et électronique	Olivia Martin	S. Conforti



Présentation de l'esquisse du projet final du compositeur Basile Chassaing, Ircam, studio 5, avril 2022. © Murielle Ducas



Création de *Day 0 - Trans-instrumentalism* de la compositrice Sachie Kobayashi, Centre Pompidou, septembre 2022. © Hervé Véronèse

■ **ATIAM – Acoustique, Traitement du signal, Informatique Appliqués à la Musique**



Proposée par Sorbonne Université, la formation ATIAM est organisée en collaboration avec l'Ircam et Télécom Paris.



1^{re} promotion	1993
Partenaires	Sorbonne Université, Ircam, Télécom Paris
Coordination	Thomas Hélie (Ircam, CNRS) Cyrielle Fiolet (Ircam, Pédagogie et documentation)
Correspondants Sorbonne Université	Benoît Fabre (master sciences pour l'ingénieur, acoustique) Emmanuel Saint-James (master informatique, SAR)
Équipe enseignante	25 intervenantes et intervenants
Niveau	Master 2
Objectifs	Délivrer les connaissances scientifiques et la culture musicale permettant d'aborder les recherches dans les domaines de l'acoustique musicale, du traitement du signal sonore et de l'informatique musicale

Découvrir l'équipe et les enseignements d'ATIAM : www.atiam.fr

Promotion 2021-2022

Recrutement	35 dossiers de candidature Présélection sur dossier et entretien de motivation
Promotion	17 personnes diplômées Établissements d'origine : Sorbonne Université, Télécom Paris, ENS Cachan, École Polytechnique...
Temps forts	Départs en stage à partir de mi-février 2022 Soutenances de stage les 15 et 16 septembre 2022 à l'Ircam



La promotion ATIAM 2021-2022. © Deborah Lopatin
Mathilde Abrassart, Léo Carril, Alexandre D'Hooge, Niels Demerlé, Antonin Dundermel, Lucie Farcy, David Genova, Matthieu Hartenstein, Théodore Lemerle, Zhuomin Liu, Sarah Nabi, Jean-Daniel Pascal, Thomas Risse, Pierre Thiel, Axel Vérité, Christophe Weis, Roy Yakoob Al Hakeem

■ **DNSEP Design sonore - ESAD TALM**

L'École supérieure d'art et de design TALM, en collaboration avec l'Ircam, l'ENSCI-les Ateliers (École nationale supérieure de création industrielle) et le Laum (Laboratoire d'acoustique de l'université du Mans), délivre une formation diplômante préparant au métier de designer sonore, sur le site du Mans.

Découvrir l'équipe et les enseignements du DNSEP Design sonore : <https://esad-talm.fr/fr/les-etudes/l-option-design/design-sonore>

Promotions 2022-2023

Promotion année 4	Évelyne Barrault, Marin Duval, Mélanie Faber, Tristan Leroy, Sarah Marchal, Paulo Pissot, Clara Vermersch, Éléonore Vialatte
Promotion année 5	Nikolai Aleksandrov, Romain Allinant, Julia Griner, Basile Jourdan, Antoine Le Dreff, Rémi Mellier, Philippe Mion, Ariane Neumann, Justin Valette, Nicolas Vereau

Workshops applicatifs

Chaque année, un workshop applicatif de deux semaines permet aux élèves de réaliser un projet de design sonore, sur la base d'une commande faite par un partenaire industriel ou institutionnel.

Workshop 2022-2023 - du 14 au 24 novembre 2022

Partenaires associés	Association TARMAC, CEFRAS
Coordination	ESAD TALM
Encadrement pédagogique	ESAD TALM : Rodolphe Alexis, Fabien Bourdier, Ludovic Germain, Olivier Houix Ircam : Nicolas Misdariis, Patrick Susini
Thématique	<i>Porte voix</i> , projet de design inclusif Objectif : co-construire des dispositifs sonores de médiation-transmission pour et avec la parole des personnes en grande précarité



Lancement du workshop. © Olivier Houix



Phase de travail pendant le workshop. © Olivier Houix

■ Chaire Supersonique #2 «exposer, monter, habiter le son», en collaboration avec les Beaux-Arts de Paris

La chaire Supersonique se présente comme un atelier de partage des outils et des pratiques pour composer l'espace sonore, visuel et sensible. Des compositrices et compositeurs issus du Cours de composition et d'informatique musicale de l'Ircam et des étudiants des Beaux-Arts de Paris travaillent ensemble une année scolaire pour imaginer et composer des œuvres sonores, visuelles et performatives.

Artistes invités dans le cadre de la chaire : Méryll Ampe, Tarek Atoui, Nicolas Becker, Will Guthrie, Pierre Jodlowski.

Étudiants participant au projet Supersonique :

8 étudiants des Beaux-Arts de Paris : Carl Amiard, Isadora Soares Belletti, Valentin Bonnet, Céleste Ingrand, Armand Koestinger, Louise Le Pape, Loïs Saumande, Yann Trividic.

3 compositeurs : Tom Bierton, Didem Coskunseven, Luis Quintana.

Restitution des projets dans le cadre du mini festival Multiprises qui s'est tenu les 20 et 21 mai 2022 dans la chapelle des Petits-Augustins des Beaux-Arts de Paris.

Encadrement pédagogique : Grégoire Lorieux, Sébastien Naves (Ircam), Vincent Rioux, Julien Sirjacq, Julien Prévieux, Angelica Mesiti (Beaux-Arts de Paris).



L'étoffe des rêves de Didem Coskunseven et Louise Le Pape, avec Didem Coskunseven (claviers) et Engin Daglik (batterie), Beaux-Arts de Paris, mai 2022. © Murielle Ducas

■ Parcours musique mixte 2021-2022

En partenariat avec le Pôle Sup'93 d'Aubervilliers-La Courneuve. Encadrement pédagogique : Simone Conforti, Jean Lochar, Sébastien Naves, (Ircam), Matteo Cesari (Pôle Sup'93).

Objectif : initier et familiariser de jeunes instrumentistes au répertoire et au jeu de la musique mixte à travers un programme d'œuvres du répertoire Ircam.

Phase 1 – octobre/mars : un atelier de découverte des outils informatiques à l'Ircam, 4 répétitions d'1h30 avec un RimCe et un ingénieur du son Ircam, enregistrement des pièces au Pôle Sup'93 en mars 2022.

Phase 2 : travail des pièces avec les Rims stagiaires de l'atelier des musiques mixtes pendant l'académie ManiFeste-2022.

Concert donné au CENTQUATRE-PARIS, atelier 9, le 2 juillet 2022.

Interprètes	Instruments	Compositeurs, compositrice	Titre et année
Julie Cormier	percussions et électronique	Mathieu Bonilla	<i>Orpaillage</i> (2010)
Pascal Lepage	guitare classique et électronique	Jérôme Combier	<i>Kogarashi, le premier soupir des fantômes</i> (2002)
Swann Texier	trompette et électronique	Pasquale Corrado	<i>Wam</i> (2011)
Wen-Jing Yeh	clarinette et électronique	Natasha Barrett	<i>Liquid Crystal</i> (2000)

■ Atelier de captation des musiques mixtes

En partenariat avec l'École nationale supérieure Louis-Lumière. Participants, élèves ingénieurs du son : Yann Brecy, Louis Genieys, Samuel Robineau, Camille Tirard, Dorian Vernet. Encadrement pédagogique : Sébastien Naves (Ircam), Alan Blum (ENS Louis-Lumière).

Atelier sur l'apprentissage et la maîtrise de la captation audio d'œuvres de musique mixte à travers des sessions de travail sur des logiciels dédiés, notamment sur le Spat, des séances d'enregistrement et de montage audio en studio et la captation du concert sous plusieurs formats d'enregistrement stéréo, multicanal et binaural.



Répétition du Parcours musique mixte, avec Julie Cormier, à l'Ircam, janvier 2022. © Murielle Ducas

FORMATIONS SUPÉRIEURES À L'INTERNATIONAL

■ Module Spat pour les étudiants du C-Lab à Taipei

Objectif : apprendre à combiner des objets Max pour construire un patch de concert intégrant des lecteurs de fichiers sonores, des effets et de la spatialisation.

Formateur : Jean Lochard.

Année 2, 2021-2022

10 stagiaires : Sheng-Kai Chuang, Yu-Hsin Chang, Chi-Hsia Lai, Chen-Huan Tsai, Hua-Yen Pan, Li-Shin Shyu, Chih-Liang Lin, Shuo-Chun Lin, Yi-Hsien Chen, Po-Chun Wang. Session de 2h sur le Spat les 18, 25 janvier, 8 et 15 février. Rendez-vous individuels (pour accompagnement projet personnel) : 19 avril, 3, 10, 24, 31 mai. Restitution groupe années 1 et 2 : le 12 juin 2022 au C-Lab.

Année 3, 2022-2023

10 stagiaires : Wen-Chia Lien, Wei Lin, Jing-Shiuan Tseng, Yuan-Chi Tsao, Hui-Wen Liu, Chih-Te Wang, Ying-Ting Lin, Yu-Nung Huang, Nathan Au, Chih-Ming Feng. Session de 2h sur le Spat les 15, 22, 29 novembre, 6 décembre.

■ CIEE - Council on International Educational Exchange

Juin 2022 marque la reprise du partenariat avec le CIEE, le programme ayant été suspendu en 2020 et 2021 du fait de la situation sanitaire.

1 ^{re} promotion	2013
Partenaires	Council on International Educational Exchange
Coordination Ircam	Philippe Langlois (Ircam, Direction de la Pédagogie et documentation) Cyrielle Fiolet (Ircam, Pédagogie et documentation)
Équipe enseignante	Max Ardito, Pierre Guillot
Objectifs	Délivrer les compétences nécessaires à la réalisation de projets artistiques (composition électroacoustique, installation multimédia, performance sonore...) avec le logiciel Max et les logiciels de l'Ircam (ASAP, Partiels...) Un projet personnel est présenté lors d'une restitution à la fin du programme
Activités	Cours et travaux pratiques, concerts du Festival ManiFeste, participation aux activités de l'académie, visites d'expositions...
Session 2022	Du 7 juin au 2 juillet 2022 11 étudiants



Restitution finale en studio 5. © Cyrielle Fiolet

■ NYU - NEW YORK UNIVERSITY

Participation au Forum Ircam hors les murs à NYU du 29 septembre au 4 octobre 2022.
Programme pédagogique suspendu en 2021 et 2022 du fait de la crise sanitaire, coordination pendant le second semestre 2022 pour une reprise du partenariat en janvier 2023.

FORMATION PROFESSIONNELLE

■ Formations

Saison 2021/22	Dates	Lieu	Durée	Stagiaires	Formateurs
Modalys	19-21 janvier	Ircam	18h	4	J. Lochard
Max Initiation session 2 Certification Max niveau 1	31 janvier-5 février	Ircam	36h	4	G. Lorieux, S. Naves
Max Perfectionnement session 2 Certification Max niveau 2	7-12 mars	Ircam	36h	8	J. Lochard, S. Naves
Initiation à la spatialisation sonore et Spat Revolution	29 mars-1 ^{er} avril	Ircam	24h	10	S. Conforti, J. Lochard
Initiation interactions, improvisations et compositions de processus génératifs OMax et Dyci2	4-8 avril	Ircam	30h	7	B. Lévy, M. Malt, J. Nika
Initiation Max for Live	16-21 mai	Ircam	36h	5	J. Lochard, C. J. Scroccaro
Saison 2022/23	Dates	Lieu	Durée	Stagiaires	Formateurs
Initiation Partiels et TS2	20-21 octobre	Ircam	12h	5	J. Lochard
Max Initiation session 1 Certification Max niveau 1	21-26 novembre	Ircam	36h	5	J. Regnier
Max Initiation en anglais	8, 9, 15, 16, 29, 30 novembre 6, 7 décembre	Zoom	24h	2	S. Conforti
OpenMusic Initiation en anglais	1 ^{er} , 2, 14, 15 décembre	Zoom	12h	8	C. J. Scroccaro
10 formations maintenues	38 jours et 12 demi-journées		264h	58 stagiaires	9 formateurs et formatrices

Coordination pédagogique : Stéphanie Leroy

■ Qualité et certification



La certification qualité a été délivrée au titre de la catégorie d'actions suivante : ACTIONS DE FORMATION.

Attribuée suite à un audit exigeant, basée sur un référentiel national unique, cette certification réaffirme l'engagement de l'Ircam dans un processus d'amélioration continue à toutes les étapes de la mise en œuvre de ses formations.

PRODUCTION AUDIOVISUELLE ET MULTIMÉDIA

■ Plateforme pédagogique

Le département Pédagogie et documentation, en collaboration avec le service Communication et partenariats, a lancé la réalisation d'une plateforme pédagogique, accompagné par Mosquito, spécialiste du design interactif pour les lieux culturels. Par une approche ludique et interactive, cette plateforme a pour but de vulgariser les concepts clés de la recherche et de la création à l'Ircam.

Format	Plateforme numérique en ligne
Public	Scolaires, équipes pédagogiques, grand public
Type de ressources	Vidéos, interviews (22 portraits métiers de l'Ircam réalisés) articles, activités pédagogiques...

■ Portraits métiers

Initiée en 2020, la série vidéo « Les métiers de l'Ircam », réalisée par Véronique Caye, a été finalisée en 2022. Les 22 portraits seront intégrés à la plateforme pédagogique.

8 083 vues sur YouTube depuis la mise en ligne des premiers portraits.

Générique et habillage sonore conçus par le designer sonore Paul Escande, diplômé de l'ESAD TALM.

Découvrir les métiers de l'Ircam (https://www.youtube.com/playlist?list=PL6MqWe5aRuOD628iLy0axoP8Sv1q_3SQi)



Actualité
Doctorante par Iseline Peyre



Actualité
Responsable du Pôle Ingénierie et prototypage par Emmanuel Fléty



Actualité
Assistant de production par Florian Bergé



Actualité
Chargée de coordination recherche et innovation par Sylvie Benoit



Actualité
Régisseur général par Quentin Vouaux



Actualité
Réalisateur en informatique musicale chargé de l'enseignement par Jean Lochard



Actualité
Chargée de coordination pédagogique par Murielle Ducas



Actualité
Enseignant-chercheur par Nicolas Obin



Actualité
Responsable Pôle Web par Guillaume Pellerin



Actualité
Doctorante par Constance Douwes



Actualité
Chargée de recherche CNRS par Fanny Gribensky



Actualité
Réalisateur en informatique musicale par Serge Lemouton



Actualité
Chargé de mission logistique et numérique par Eric de Gélis



Actualité
Chargée de communication par Deborah Lopatin



Actualité
Chercheur par Markus Noisternig



Actualité
Documentaliste hypermedia par Aurore Baudin



Actualité
Chargé de développement par Pierre Guillot



Actualité
Chargée de coordination art/technologie par Louise Enjalbert



Actualité
Responsable d'exploitation et sécurité par Maxime Jourdil



Actualité
Directeur de recherche par Nicolas Misdariis



Actualité
Doctorant par Marc Wijnand



Actualité
Ingénieur du son par Clément Cerles

■ Collection Images d'une œuvre

Depuis 2007, le département Pédagogie et documentation de l'Ircam présente chaque année un ou deux films sur une œuvre avec électronique en création, élaborée dans les studios de l'Ircam afin de saisir et d'éclairer les étapes de sa fabrication (compositeur au travail, sources, enjeux technologiques...).

Trois films Images d'une œuvre ont été achevés en 2022.

Images d'une œuvre n° 27 *De Tinieblas* de Stefano Gervasoni

Réalisation: Véronique Caye, avec la collaboration de Philippe Langlois.

Le film documente le processus de création de la composition musicale de Stefano Gervasoni, pour chœur mixte et électronique, inspirée de *Tres Lecciones de Tinieblas* du poète espagnol José Ángel Valente.

Images d'une œuvre n° 28 *Like Flesh* de Sivan Eldar

Réalisation: Christian Barani, avec la collaboration de Philippe Langlois.

À travers ce film, Christian Barani nous invite à parcourir l'œuvre opératique de Sivan Eldar issue d'une collaboration avec Cordelia Lynn (livret), Silvia Costa (mise en scène et scénographie) et l'ensemble Le Balcon. Le film montre les coulisses de la conception et de la création musicale de cette œuvre dans laquelle une attention particulière est portée aux sujets technologiques, politiques et environnementaux.

Images d'une œuvre n° 29 *Ex Machina* de Steve Lehman et Frédéric Maurin

Réalisation: Catherine Radosa, avec la collaboration de Philippe Langlois.

Le film montre le processus de création et d'élaboration d'*Ex Machina* issue de la collaboration entre le saxophoniste et compositeur américain Steve Lehman et le directeur artistique de l'Orchestre National de Jazz, Frédéric Maurin; *Ex Machina*, une création singulière composée à l'aide de, et faisant intervenir en temps réel, l'environnement Dyci2 développé par Jérôme Nika et l'équipe Représentations musicales de l'Ircam.



Répétition générale de *De Tinieblas* de Stefano Gervasoni, église San Marco de Milan, juin 2022, avec le SWR Vokalensemble Stuttgart, direction Yuval Weinberg. © Veronique Caye

PÔLE DOCUMENTAIRE

■ Médiathèque

Nouvelles entrées au catalogue

462 nouveaux documents ont intégré notre fonds. Parmi ceux-ci plus de la moitié des livres viennent du fonds Claude Samuel, accueilli en avril 2022. D'autres (livres, CD ou partitions) viennent de particuliers et d'éditeurs. La liste des achats réalisés par la médiathèque en 2022 peut être consultée à cette adresse : <https://www.ircam.fr/media/uploads/transmission/Ressources/nouveautes2022-mediathèque-ircam.pdf>

Livres	242
Partitions	84
CD-vinyles	59
Nb de périodiques	77
Nombre total de documents entrés dans le catalogue	462

Accueil des lecteurs

Ircam	Abonnés	Non abonnés	Demandes extérieures	Visites	Total
222	139	359	79	360	1 159

Archives sonores et audiovisuelles

La médiathèque conserve la mémoire institutionnelle en ajoutant au quotidien des archives sonores et audiovisuelles des événements en cours ou passés des saisons artistiques et scientifiques de l'Ircam dans la base de données Médias. Trois collaborateurs ont travaillé à l'enrichissement de cette base de données : Éric de Gélis (service production), Aurore Baudin et Jérôme Boutinot (pôle documentaire).

Nombre de fichiers médias ajoutés	235
-----------------------------------	-----

■ Valorisation documentaire

Une double exposition s'est tenue en 2022 à la médiathèque de l'Ircam et à l'entrée du 2^e étage de la BPI à l'occasion du centenaire de Iannis Xenakis et de la réactivation du *Polytope*. À la BPI ont été exposées des photographies et partitions du *Polytope* de Beaubourg, accompagnées du parcours de l'œuvre de Iannis Xenakis, par Makis Solomos, tiré de la base BRAHMS et imprimé pour les lecteurs. L'exposition de la médiathèque de l'Ircam s'est concentrée plus largement sur les ressources présentes dans ses fonds (livres, partitions et CD) avec une forte mise en avant des parutions récentes.



Présentoir de l'exposition sur *les Polytopes de Xenakis* à la BPI, juin 2022. © Philippe Langlois

Activité pédagogique

En octobre 2022, les étudiants du diplôme Ingénierie sonore de l'INA ont été accueillis pour une visite de la médiathèque et un échange autour de la musique électronique. Ils ont pu parcourir des partitions de pièces mixtes et être sensibilisés à la notation de l'électronique. Tout au long de l'année, des visites de la médiathèque ont été assurées pour des étudiants de l'École des Mines ParisTech, de l'École nationale supérieure Louis-Lumière, du Pôle Sup'93, de Sorbonne Université, des universités de Berne, d'Osnabrück et pour des musiciens de l'ONDIF. Une visite a également été organisée pour l'équipe du département Son de la BnF. Le Pôle documentaire a également présenté ses activités, ressources et bases de données à l'occasion de la réunion annuelle de l'Association Internationale des Bibliothèques Musicales (AIBM) ainsi que dans le cadre du Laboratoire d'histoire permanente du Centre Pompidou.

Rencontre autour d'un livre

8 février 2022, table ronde «S'y entendre en discordie» avec Bertrand Denzler et Jean-Luc Guionnet, animée par Clément Canonne, autour du livre *The Practice of Musical Improvisation* (Bloomsbury, 2020).

■ Base de données BRAHMS

Nombre d'utilisateurs	203 612
Pages vues	708 067
Consultations depuis l'étranger	47,34 % (en 2021 : 41,57 %)

Sur la période 2020-2023, les compositrices représentent 45 % des nouvelles entrées (soit 34 fiches sur un total de 74). Sur la même période, le nombre total de fiches dédiées à des compositrices est passé de 12 % à 16 %.

La réalisation de nouveaux dossiers et la mise à jour des dossiers existants ont été faites en fonction de l'actualité de l'Institut (créations, programmation, résidences) et du pointage des saisons des grands centres de création, des festivals et des ensembles de musique contemporaine – pointage réalisé entre le dernier trimestre 2021 et le premier trimestre 2022.

Les nouvelles commandes de dossiers avec Parcours d'une œuvre ont été décidées lors des deux réunions du comité éditorial élargi à d'autres personnalités.

Comité éditorial

Aurore Baudin (documentaliste hypermédia)

Jérôme Boutinot (documentaliste hypermédia)

Nicolas Donin (musicologue)

Laurent Feneyrou (musicologue)

Philippe Langlois (musicologue)

Grégoire Lorieux (compositeur, réalisateur en informatique musicale)

Fanny Gribenski (musicologue)

Michèle Tosi (musicologue)

L'ISSN de BRAHMS est 2557-8928.

Enrichissement	Compositeurs, compositrices	Auteurs, autrices
34 nouveaux dossiers	Ying Wang, Clara Olivares, Steve Lehman, Augustin Braud, Frédéric Maurin, Sergej Newski, Elena Rykova, Benoît Mernier, Marianthi Papalexandri-Alexandri, Claudia Jane Scroccaro, José Rio-Pareja, Claudia Molitor, Halim El-Dabh, Joan Magrané Figuera, Zynep Gedizlioglu, Jon Appleton, Elena Mendoza, Oyvind Torvund, Per Nørgård, Mioko Yokoyama, Malika Kishino, Sebastian Hilli, Mathieu Bonnilla, James Alexandropoulos-McEwan, Augusta Read Thomas, Bastien David, Anders Hillborg, Lisa Streich, Chiyoko Szlavnic, Sara Glojnaric, Alain Bancquart, Wolfram Schurig, David Hudry, Nicole Lizée	Aurore Baudin, Jérôme Boutinot, Sandra Bradési
6 nouveaux Parcours de l'œuvre	Paul Hindemith, Meredith Monk, Luis de Pablo, Gavin Bryars, Pierre Jodlowski, Witold Lutoslawski	Alain Poirier, David Sanson, Daniel Lorenzo, Brice Tissier, Zbigniew Skowron
60 dossiers mis à jour		Aurore Baudin, Jérôme Boutinot

Le rythme de publication de la base a été fixé à une nouvelle fiche par semaine, chaque lundi, ou une fiche mise à jour pour la première fois depuis 5 ans.

■ Ressources 2.0

Avancée du chantier pour l'élaboration du nouveau portail : intégration du design réalisé par Jeremy Paul, corrections de bugs.

■ Traduction de BRAHMS

Poursuite de la campagne de traduction de la base BRAHMS (fin 2022 : 49 % du nombre total de mots traduits, soit 438 105 mots sur un total de 881 206), mise en ligne accessible au public en mai 2022 et protocole de traduction systématique des nouvelles publications.

<https://brahms.ircam.fr/en/pierre-boulez#parcours>

Action culturelle

Préambule

À la sortie de la crise du Covid et à l'occasion de la réouverture de l'Espace de projection (Espro) de l'Ircam, le pôle de médiation et d'action culturelle s'est fixé l'objectif de créer des projets de médiation avec des publics lycéens et étudiants afin de leur permettre de se rapprocher de certaines œuvres programmées dans le festival ManiFeste-2022 et des savoir-faire développés à l'Ircam. Nous nous sommes adressés à des cursus dont les études ne sont pas forcément en rapport direct avec la musique, en cherchant à les sensibiliser au phénomène sonore électronique ou à la création en lien avec l'informatique musicale en intégrant cette question à leurs futures pratiques professionnelles.

Après les huit années de fermeture de l'Espro, il est apparu important de se concentrer plutôt sur les propositions artistiques présentées sur le plateau Beaubourg afin de recréer pour cette nouvelle génération de spectateurs potentiels des habitudes de fréquentation de la salle. Généralement ciblés sous une forme collective directement dans les établissements, nous espérons que ces publics « captifs » souhaiteront se rendre à l'Ircam de façon individuelle dans un second temps. Chaque parcours de médiation a inclus une représentation de l'œuvre à laquelle il était rattaché.

MÉDIATION CULTURELLE

■ Atelier Do It Yourself, en lien avec *Silent Echoes: Notre Dame 2022* de Bill Fontana

Date: 9 juin 2022

Lieux: Gaîté Lyrique, Centre Pompidou

Durée: 4h

Source de financement: Ircam

Intervenants: Bill Fontana, Sacha Sakharov

Partenariat: Gaîté Lyrique

Public: groupe de 25 collégiens de 5^e et 3^e du collège Alphonse Daudet (Paris 14^e)

Objectifs

- Faire comprendre le fonctionnement d'un capteur et la production des sons dans cette œuvre.
- Faire découvrir et expérimenter le processus créatif de Bill Fontana et son œuvre *Silent Echoes: Notre Dame 2022*.

Description du projet

- Présentation de *Silent Echoes: Notre Dame 2022* au Centre Pompidou par Bill Fontana.
- Atelier de 3h avec Sacha Sakharov à la Gaîté Lyrique : découverte de l'onde sonore et des propriétés physiques, expérimentations avec des capteurs, créations imaginaires en analogie avec la création de Bill Fontana, manipulations sonores.

Bilan

Groupe très attentif et réceptif, autant dans son expérience de l'œuvre et les échanges riches avec Bill Fontana que durant l'atelier pédagogique.



Atelier « capteurs » animé par Sacha Sakharov. © Emmanuelle Zoll

■ Your Head, en lien avec ANIMA™ d'Alexander Schubert

Lieux: Ircam, BPI (exposition des livrets)

Source de financement: Ircam

Intervenants: Alice Cohen-Hadria (Sorbonne Université), Antoine Caillon (Ircam), Jean-François Puff (CY Cergy Paris Université)

Partenariats: CY Cergy Paris Université, BPI

Public: 11 étudiants master 1 création littéraire de CY Cergy Paris Université, recrutés sur la base du volontariat

Objectifs

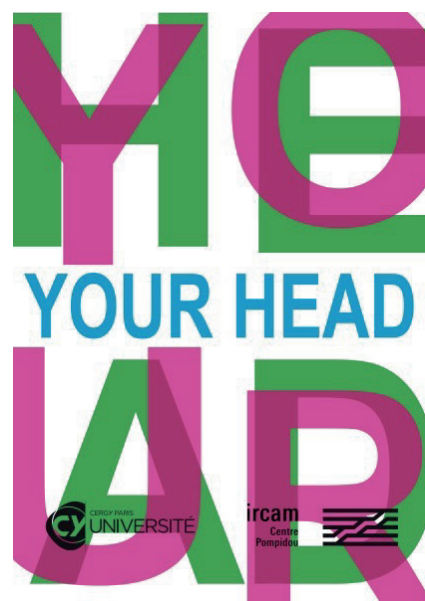
- Sensibiliser aux problématiques de l'intelligence artificielle, la fluidité des identités, de la relation homme-machine. Faire découvrir l'IA par des scientifiques experts à des étudiants au profil littéraire afin qu'ils puissent s'approprier le sujet de façon éclairée.
- Explorer les liens entre intelligence artificielle et création artistique, comme c'est le cas dans ANIMA™, à travers la pratique littéraire. Transmettre des clés de compréhension sur l'IA, son fonctionnement, ses enjeux politique et esthétique.
- Faire découvrir l'Ircam, ses innovations et sa programmation autour du thème de l'IA.
- Faire découvrir les potentialités créatives dans le cadre d'un processus de création artistique. Faire en sorte que les étudiants s'approprient les connaissances transmises pour s'engager eux-mêmes dans un processus de création à partir de leur discipline, la littérature.

Description du projet

- 2 conférences de 2h, invitation aux conférences sur l'IA et Alan Turing au Centre Pompidou.
- 1 visite de l'Ircam.
- Workshops d'écriture et de mise en page d'un texte intitulé *Your Head* (11 conversations avec Cleverbot, 11 textes, 30 pages) qui a été distribué à la BPI et au concert.
- Présence à la générale du concert le 10 mai 2022.

Bilan

Des textes d'une grande qualité ont été produits, laissant apparaître un processus créatif faisant preuve de maturité (niveau préprofessionnel, étudiants engagés et autonomes...). La mise en page a été réalisée par les étudiants, 300 exemplaires ont été imprimés à l'Ircam par le service reprographie. Les livrets ont pu être diffusés lors du spectacle d'Alexander Schubert le 12 juin 2022 et tout au long du mois de juin à la BPI. Les stocks s'épuisaient régulièrement, ce qui montre l'intérêt du public de la BPI pour le projet.



■ Soirée Polytopes à la BPI

Date: 24 juin 2022

Lieux: École Nationale Supérieure d'Architecture de Versailles (ENSA-V), BPI

Source de financement: Ircam

Intervenants: Philippe Langlois et Pierre Carré (Ircam), Gilles Paté (ENSA-V)

Partenariats: ENSA-V, Espace Musique de la BPI

Description du projet

- 1 conférence de 2h.
- 5 jours de création en autonomie à l'ENSA-V.
- Soirée de restitution et d'échanges à l'Espace Musique de la BPI le 24 juin : conférence au format non-académique avec Philippe Langlois et Pierre Carré, exposition d'archives de la BPI et de la médiathèque de l'Ircam, exposition des 5 maquettes des étudiants qui ont eux-mêmes assuré la médiation de leur création avec le public.
- Une représentation des *Polytopes* à l'Espace de projection de l'Ircam.

Bilan

La soirée à la BPI a réuni une cinquantaine de personnes et a permis des échanges fructueux entre les étudiants, le public de la BPI et celui de l'Ircam venus assister à cette soirée. Aux côtés des étudiants participants, un certain nombre de leurs camarades et leurs familles ont pu assister ensuite à une représentation des *Polytopes*.

Perspectives

Possibilité de reconduire des projets avec l'espace Musique de la BPI.

■ **Musique-Fiction pédagogique, *Un réveil catastrophique*, en lien avec la programmation des Musiques-Fictions au T2G – Théâtre de Gennevilliers**

Dates : 31 mai et 27 juin 2022

Lieux : lycée Lucie Aubrac - Pantin, Centre Pompidou

Durée : 15 séances de 2h hebdomadaires de septembre à mai

Sources de financement : Ircam, Pass Culture à hauteur de 1600 €

Intervenants : Nathalie Pivain, Nicolas Doutey, Grégoire Lorieux

Partenariats : lycée Lucie Aubrac - Pantin

Public : Classe de 1^{er} électrotechnique du lycée Lucie Aubrac – Pantin

Objectifs

- Rendre les élèves sensibles à l'écrit et à la création sonore comme médiums spécifiques.
- Création d'un récit, de la voix, de la mise en scène, découverte de la création sonore (composition, enregistrement, mixage, spatialisation...)
- Découverte des technologies de l'Ircam.

Description du projet

Réalisation d'une fiction sonore immersive de 30 minutes avec la participation des élèves aux différents stades de conception.

- Ateliers d'écriture avec Nicolas Doutey qui a ensuite produit un texte de commande à partir de fragments d'écriture des élèves.
- Ateliers d'interprétation et de préparation à l'enregistrement du texte avec Nathalie Pivain.
- Ateliers d'enregistrement et de création sonore avec Grégoire Lorieux.
- Mixage et mise en espace par Nathalie Pivain et Grégoire Lorieux.
- Restitutions au lycée Lucie Aubrac le 31 mai (originellement prévue au Théâtre au Fil de l'Eau à Pantin) et au Centre Pompidou le 27 juin.



**Écoutez la Musique-Fiction pédagogique
*Un réveil catastrophique***

Bilan

Échanges entre élèves et intervenants fructueux, une relation de confiance a pu être créée.

Très grande satisfaction de l'équipe enseignante qui a vu certains élèves évoluer grâce à ce projet.

Lors de la restitution au sein du lycée, certains élèves ont participé à l'installation du dispositif de diffusion avec l'ingénieur du son. Trois séances d'écoute ont eu lieu dans une salle polyvalente, la première avec les élèves participants, les deux autres ont été proposées à d'autres élèves du lycée qui ont apprécié le travail de leurs camarades. Deux séances ont eu lieu au Centre Pompidou (petite salle). L'entrée était libre, une soixantaine de personnes étaient présentes sur les deux séances.

ACTION CULTURELLE

■ **TACT : Toucher-Auditioner-Composer-Transmettre**

Le dispositif TACT s'inscrit dans l'héritage musical des partitions graphiques pour proposer à un public non expert des moyens d'expérimentation et d'expression sonore sans apprentissage.

Dispositif situé et adaptable en fonction des lieux, il prend place sur le territoire urbain en explorant des formes de continuum visuel et sonore entre architecture, paysages, habitants et musique. Conçu comme un environnement de composition interactif, le dispositif est destiné à être investi par plusieurs compositeurs de générations et d'esthétiques différentes. Il s'agit pour eux de proposer aux visiteurs une interprétation sonore, musicale et évolutive du panorama. Les grands principes de la relation

geste-musique-image sont définis en amont afin d'assurer la cohérence, l'ergonomie et la fluidité de l'interaction pour les publics, mais les contenus sonores et les effets audio-graphiques évoluent au gré des propositions.

Le dispositif TACT a été installé du 8 juin au 7 juillet 2022 au niveau 6 du Centre Pompidou, devant l'entrée des galeries 1 et 2 dès l'ouverture de ManiFeste, le festival de l'Ircam. La présentation du dispositif au public et à la presse a eu lieu lors d'un événement sur invitation organisé par le Centre Pompidou qui a réuni 3000 personnes. À cette occasion une démonstration des possibilités de jeu offertes par TACT a été réalisée par le percussionniste Maxime Echardour. Les trois premières créations ont été présentées :

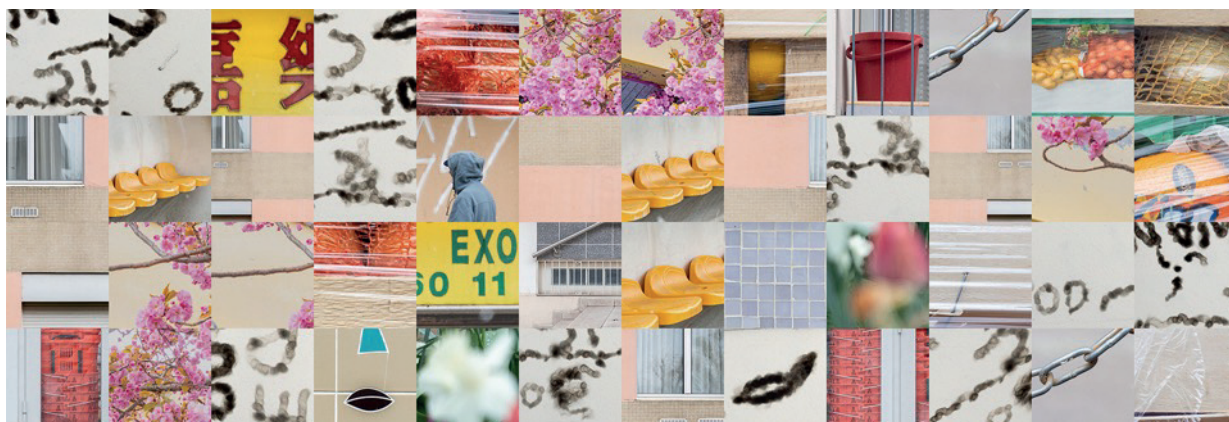
- *Locus Solus* de Didem Coskunseven
- *Network* de Fabien Bourlier
- *Sur les quais* de Georges Aperghis

Le dispositif était en accès libre pour le public. Il a bénéficié de la haute fréquentation du public du Centre Pompidou : l'estimation des participants est de 1800 à 2000 personnes en un mois. Le temps moyen passé sur le dispositif était de 12 minutes.

TACT a été installé à nouveau du 18 octobre au 7 novembre 2022.

Deux créations supplémentaires ont été présentées :

- *Massy Opéra* de Lundja Medjoub
- *Canal Ciment* de Romain Barthélémy



Création de Lundja Medjoub *Massy Opéra*. © Quentin Chevrier

■ Les ateliers de la création

Action menée en partenariat avec la Direction des publics, Centre Pompidou : Mathieu Pitkevitch
 Coordination Ircam : Salomé Bazin
 En partenariat avec le Grame (CNCM), Lyon, et le Festival Musique démesurée, Clermont-Ferrand

Chiffres clés

- 2 établissements scolaires
- 2 classes
- 55 élèves au total

Journée de restitution à Paris le 19 mai 2022 au Centre Pompidou.

Ville	Établissement	Classe	Partenaire arts visuels	Partenaire arts du son	Œuvre
Villeurbanne	Lycée des métiers Marie Curie	29 élèves de CAP (équipier polyvalent de commerce)	IAC, Institut d'art contemporain de Villeurbanne	Grame, Centre national de création musicale Intervenante : Anne Castex	<i>Fiction</i> , d'Apichatpong Weerasethakul
Riom	Lycée professionnel Pierre Joël Bonté	26 élèves de 1 ^{er} Bac Pro (métiers du bois)	Musée Mandet de Riom	Festival Musiques démesurées Intervenant : Yoann Sanson	<i>Gaïa</i> , de Julien Salaud

■ Parcours d'éducation artistique et culturelle

Chiffres clés

- 3 projets mis en place en 2021, restitution mai et juin 2022
- 2 établissements scolaires (1 collège, 1 école élémentaire)
- avec le soutien du mécénat de la société Fiminco

REPLAY CULTURAL HERITAGE

Initié par le réseau européen ULYSSES, avec le soutien de Creative Europe. Ce programme a bénéficié du mécénat de la société Fiminco.

Œuvre étudiée : *Come out, Fase*, de Steve Reich, d'après la chorégraphie d'Anne Teresa De Keersmaeker filmée par Thierry De Mey (1982)

Partenariat : collège Joliot Curie, Bagneux, Hauts-de-Seine

Public : 12 élèves

Durée : 24h d'enseignement

Intervenante : Claudia Jane Scroccaro

Restitution : 19 mai 2022, Centre Pompidou



Séance de travail animée par Claudia Jane Scroccaro.
© Salomé Bazin

DESSINER LA MUSIQUE

Œuvre représentée : *Reflets* de Ivo Malec

Partenariat : école élémentaire Maurice Thorez, Bagneux, Hauts-de-Seine

Public : 28 élèves

Durée : 10h d'enseignement

Intervenante : Claudia Jane Scroccaro

Restitution : 15 juin 2022, exposition des dessins des enfants dans la galerie de l'Ircam

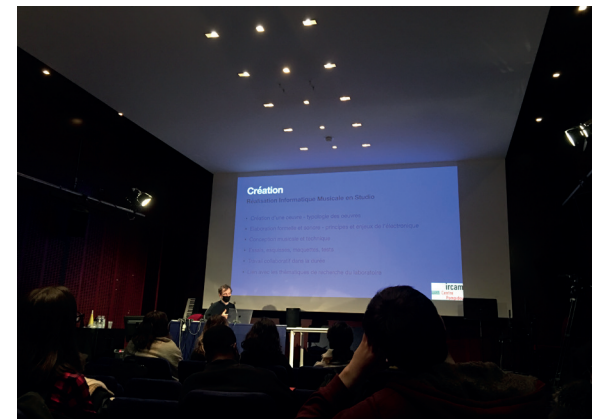


Séance de travail à l'école de Bagneux. © Sébastien Bellanger

■ Rencontres métiers

Les rencontres, suspendues depuis mars 2020 en raison de la situation sanitaire, ont repris en janvier 2022.

Coordination	Cyrielle Fiolet (département Pédagogie et documentation)
Conférencières	Cyrielle Fiolet, Deborah Lopatin (service Communication et partenariats)
Public	Élèves à partir de la 4 ^e
Objectifs	Par l'entrée métier, permettre aux élèves de comprendre les missions de l'Ircam au croisement entre création artistique et recherche scientifique
Contenus	Visite de l'Ircam (histoire et missions de l'Institut, spécificités du bâtiment...) Conférence-rencontre avec un (ou une) professionnel(le) de l'Ircam, présentation de son métier et de son parcours personnel



Augustin Muller présentant le métier de réalisateur en informatique musicale. © Cyrielle Fiolet

Chiffres clés 2022

Nombre de rencontres organisées	17
Nombre de personnes accueillies	310
Type d'établissements	Lycées, collèges, universités, écoles de musique
Métiers présentés	Chargée de coordination artistique, chercheur, compositrice, ingénieur du son, réalisateur en informatique musicale

INGÉNIERIE CULTURELLE

■ Ateliers pédagogiques à la Seine Musicale en préfiguration d'un marché public pour 3 ans

D'octobre à décembre 2022, l'Ircam et la Seine Musicale se sont associés pour développer la préfiguration d'un nouveau programme d'éducation artistique, culturelle et digitale pour les enfants et les adolescents. Une découverte ludique des outils numériques et une sensibilisation à la création sonore, deux enjeux de société pour les jeunes générations.

Les 7-15 ans ont pu expérimenter et s'approprier ces outils, à travers cinq ateliers pédagogiques innovants. Ces ateliers donnent des clés pour leur permettre de devenir les acteurs et concepteurs d'objets créatifs et sonores, appréhender les mutations technologiques en cours comme les agents conversationnels ou le traitement du son, développer l'acquisition d'une culture numérique et la créativité face aux machines et aux logiciels. Ils visent également à sensibiliser les jeunes participants à la textualité numérique et aux questions qui lui sont liées comme la réappropriation de l'interaction homme-machine.

DESIGN SONORE

■ Carte de vœux sonore

Réalisation de la bande son de la carte de vœux commune et sonore 2022 du Centre Pompidou, de la BPI et de l'Ircam par le designer sonore Pierrick Pedron.

■ Identité sonore

Création de l'identité sonore et de l'habillage sonore de la banque en ligne Zand par les designers sonores Roque Rivas et Pierrick Pedron.

Les principaux logiciels

Nouveautés 2022

■ Forum - Équipe WAM

[ASAP](#) (v0.0.7, v0.0.8, v0.0.9, v1.0.0)

- Premières versions diffusées pour Windows, Mac & Linux.
- Formats supportés AAX, AudioUnit, VST3.
- Le plugin Spectral Remix permet de séparer et de contrôler l'équilibre des composantes harmoniques, bruiteuses et d'attaque du son. Parmi les nombreuses approches originales qu'il offre, ce plugin peut être utilisé pour mettre en évidence ou masquer certains éléments et caractéristiques audio tels que le bruit de fond, les voix, les sons percussifs, etc.
- Le plugin Spectral Crossing permet de croiser les amplitudes et les fréquences d'un son source et d'un son secondaire pour générer un son hybride. Ce plugin peut être utilisé pour interpoler et transformer de manière créative un son en un autre en mélangeant progressivement les composantes de phase et d'amplitude des deux signaux audio.
- Le plugin Morphing Spectral permet d'appliquer les caractéristiques spectrales d'un son transformant sur un son source afin d'en transformer le timbre. En utilisant un son de voix sur un son instrumental, le plugin peut être utilisé pour faire parler l'instrument.

- Le plugin Spectral Clipping permet d'étendre et de compresser l'énergie des composantes spectrales selon une échelle de seuils. Le plugin peut être utilisé pour atténuer les sons de faible niveau, tels que les bruits de fond, ou pour limiter les pics d'énergie élevés, tels que les cris d'oiseaux aigus.
- Le plugin Formant Shaping permet de modifier les voyelles et de jouer avec les résonances formantiques du son. Ce plugin peut être utilisé pour modifier les voyelles d'une voix ou pour vocaliser des instruments tels qu'une batterie.
- Le plugin Spectral Surface permet de dessiner des filtres de différentes formes sur le spectrogramme et de contrôler leurs gains et les fondus. La représentation du son et l'interface utilisateur, rendues possibles grâce à l'extension du plugin ARA2, permettent de créer des filtres de surface très complexes et précis pour réduire ou augmenter des parties spécifiques des composantes spectrales du son. Le plugin peut être utilisé pour compenser des artefacts gênants dans le son ainsi que pour transformer le son de manière créative.

[Partiels](#) (v1.0.3 & v1.0.4)

- Édition des paramètres de l'ensemble des pistes d'analyse d'un même groupe.
- Nouveau mode couleur automatique pour mettre à jour le mode couleur en fonction du mode OS.
- Amélioration des interactions de zoom et des raccourcis.
- Les nouvelles pistes utilisent la même disposition de visibilité des canaux que le groupe auquel elles appartiennent.
- Ajout des info-bulles aux sections de propriétés.
- Double-clic sur la règle de boucle pour sélectionner entre deux marqueurs même si le magnétisme est désactivé (utilisez Cmd sur MacOS ou Ctrl sur Linux et Windows pour sélectionner la plage de temps globale).
- À la sortie de l'application, avertir l'utilisateur si une analyse est en cours.
- Améliorations diverses.

- Autoriser l'insertion de plusieurs pistes d'analyse en sélectionnant plusieurs éléments dans le panneau du plugin.
- Renommer la disposition du lecteur audio en disposition des fichiers audio.
- Permet de restaurer le paramètre par défaut d'un plugin si l'initialisation a échoué.
- Masquer le bouton des canaux des propriétés si un seul ou aucun canal n'est disponible.
- Inviter à restaurer les paramètres audio par défaut lorsque celui en cours n'est pas valide.
- Amélioration des messages de fichiers supprimés/modifiés qui peuvent être trop abondants et peu clairs.
- Autoriser le chargement d'un autre plugin si le chargement de la bibliothèque de plugins a échoué.
- Corrections de bugs.

[PM2 Vamp plugin](#) (v1.0.0)

- Première version diffusée pour Windows, Mac & Linux.
- Analyse de suivi des partiels inharmoniques.
- Analyse de suivi des partiels harmoniques.

[Ircam Descriptors Vamp plugin](#) (v1.0.0)

- Première version diffusée pour Windows, Mac & Linux.
- Analyse perceptive de loudness.
- Analyse perceptive de sharpness.
- Analyse spectrale du centroïde.
- Analyse spectrale du secrease.
- Analyse spectrale du rolloff.
- Analyse spectrale du spread.

[Ircam Beat Vamp plugin](#) (v1.0.0 & v2.0.0)

- Première version diffusée pour Windows, Mac & Linux.
- Analyse du Beat Marker Detection.
- Analyse du Mean Tempo Estimate.
- Corrections de bugs.

[SuperVP Vamp plugin](#) (v2.0.0 & v3.0.0)

- Ajouter la prise en charge de MacOS M1.
- Corrections de bugs.

[Vowelizer](#)

- Plugin Max4Live permettant de modifier les formants en temps réel : fait apparaître, atténue, augmente ou change la couleur des voyelles dans la voix. Vowelizer concentre l'énergie du spectre dans des zones proches des formants en rééchantillonnant l'enveloppe spectrale par une fonction non linéaire.
- Vowelizer peut donc déplacer un formant sans utiliser de filtrage par forme d'onde formantique, préservant ainsi à tout instant l'énergie du signal d'entrée. Il peut être utilisé en studio pour améliorer des enregistrements de voix, par exemple, et sur scène comme effet sonore en temps réel.
- Utilise la technologie SuperVP pour l'estimation de l'enveloppe spectrale par TrueEnvelop et son rééchantillonnage de grande qualité par une fonction non linéaire ou linéaire par morceaux. L'absence de « l'effet vocoder » permet à Vowelizer de modifier la voix tout en conservant son aspect naturel.

[TimeSide](#) (v1.1)

- Utilisation par défaut du décodeur audio basé sur la libav (convertisseur audio vers numpy array le plus rapide de la planète!).
- Ajout d'un analyzer basé sur VAMP et de plugins associés : VampFlatness, VampCrest, VampTempo, VampTuning, VampSpectralCentroid, VampSpectralKurtosis et VampSpectralSlope.
- Correction de nombreux problèmes de traitement asynchrones : toutes les tâches de prétraitement, de traitement et de post-traitement sont désormais effectuées par le worker, y compris la récupération du flux source de YouTube.
- Ajout d'un moniteur de processus basé sur Websocket.

- Calcul automatique de la forme d'onde.
- UUID généralisé pour toutes les ressources.
- Réorganisation des modèles.
- Amélioration des tests unitaires.
- Déploiement sur un serveur de calcul dédié.

[TimeSide Player](#) (v1.1)

- Optimisation de la gestion de liste d'items et de tracks d'analyse.
- Synchronisation du curseur de lecture entre les tracks.
- Réintégration des analyses de type bitmap (spectrogramme, etc.).
- Ajout de boutons de contrôle audio.

■ Équipe A/S

[Circe](#)

- Première diffusion pour MacOS et Linux (Version 0.9.2).

[IrcamAlign](#)

- Ajout de support pour l'alignement de texte anglais (Version 1.2.3).

[Xtextures](#)

- Correction de problèmes (Version 1.2.0).
- Support pour l'utilisation avec tensorflow > 2.6.
- Support pour l'utilisation sans pysndfile installé.

[SuperVP](#)

- Version 2.103.13.
- Correction des scripts d'installation pour Linux.
- Interface en mémoire (sans SDIF) pour filtres surface.
- Support du mode avec préallocations uniquement dans les filtres (pour ProTools).
- Diffusion de la première version MacOS arm64 sur Forum.

[Pm2](#)

- Version 1.6.53.
- Correction des scripts d'installation pour Linux.
- Diffusion de la première version MacOS arm64 sur Forum.

[ModRes](#)

- Version 2.0.4 (adaptations pour MaxModRes).

[Chant](#)

- Version 2.3.3 (support MacOS arm64 et notarisé pour OM-chant).

■ Équipe EAC

[Spat](#)

- Ajout d'outils pour corrélation sphérique.
- Ajout de rampe lors du mute/bypass des objets.
- Fenêtre de gestion des snapshots, avec interpolation de scènes.
- Modernisation des outils ADM (passage à MC).
- Outil de contrôle des périactes.
- Contrôle de dry/wet pour la plupart des objets DSP.
- Ajout de plusieurs patches tutoriaux.
- Amélioration thread-safety de nombreux objets.
- Amélioration des fenêtres flottantes.
- Maintenance/corrections de bugs.

[Panoramix](#)

- Optimisation WFS pour larges antennes.
- Documentation PDF et vidéos tutoriels (Clément Vallon).
- L'application standalone supporte désormais 128 entrées/sorties.
- Optimisation temps de chargement de presets.
- Maintenance/corrections de bugs.

■ Équipe ISMM

[MuBu](#)

- Amélioration de la documentation dont 4 tutoriels vidéo par Matthew Ostrowski.
- Optimisation/stabilisation/corrections de bugs.
- Ajout de plusieurs fonctionnalités mineures.
- Nouveaux modules Pipo : loudness, intensity, orientation.
- Nouveau module Mimo order.
- Mises à jour exemples MuBu et CataRT.

[SuperVP for Max](#)

- Maintenance/corrections de bugs.

[Gesture And Sound](#)

- Maintenance/corrections de bugs.

[Max Sound Box](#)

- Ajout de deux vieux objets de 2002 fog~ et fobf~ (Michael Clarke et Xavier Rodet).
- Maintenance/corrections de bugs.

[CataRT Standalone](#)

- Version 1.4.
- Maintenance.
- Compatibilité Max >= 8.1.6.

[CataRT-MuBu](#)

- Version v1.4.
- Paramètres Trigger chance and reverse probability.
- Visualisation des voisins les plus proches et du rayon aléatoire.
- Le bloc ROLI Lightpad affiche désormais le corpus.
- Catoracle mis à jour pour Python 3.
- Maintenance/corrections de bugs.

[SkataRT \(conjointement avec l'équipe PDS\)](#)

- Version v1.5.
- Compatibilité Apple M1.
- Paramètres New trigger/reverse probability.
- Accepte tous les types de fichiers audio.
- Maintenance/corrections de bugs.
- Création de corpus.

[Soundworks](#)

- Maintenance et évolutions.
- Démarrage version 4.0 (alpha).
- Écriture de tutoriaux.

[CoMo](#)

- Maintenance et évolutions.
- Version 1.

[node_web_audio_api](#)

- Version 0.x.

[@ircam/simple-components](#)

- Maintenance et évolutions.
- Version 2.2.2.

[waves](#)

- Maintenance.

■ Équipe PDS

[Speak-for-Max](#) / [Speak-for-Web](#)

- Version web (debug, maintenance).
- Développement (en cours) d'un lexique de SpeaK pour la description des espaces acoustiques.
- Documentation.

[SkataRT](#) (conjointement avec ISMM)

- Maintenance/corrections de bugs.
- Documentation.
- Création de corpus.

■ Équipe RepMus

[OpenMusic](#)

- Image OM construite avec LispWorks 8.0.
- Send And Receive in/out.
- gkant, quantificateur de rythme expérimental basé sur omquantify gérant les grace-note.
- Nouvelles fonctions de partition : set-obj-pitch, set-obj-vel, set-obj-chan, set-obj-port, set-obj-tempo.
- Prise en charge de Jack pour linux (V. Anders).
- Nombreuses améliorations et corrections de bugs, cf. : 7.1 et 7.0 release notes.

[OMLibraries](#)

- OMScoreTools (new library).
- OM2Csound update.
- OM-pm2 update.
- OMTristan update.

[Antescofo](#)

- Portage natif sur les architectures Apple Silicon.
- Nouvelles fonctions de transport.
- Travaux préparatoires pour le développement d'une version open source du langage de programmation dédié.
- Amélioration de la documentation.
- Correction de bugs et maintenance préventive.

CosmoNote

- Mise à disposition de CosmoNote au public.
- Ajout de la visualisation de la forme d'onde audio.
- Création d'un nouveau script permettant de créer ou de mettre à jour facilement les données relatives aux pièces/collections.
- Création d'un questionnaire de retour d'information qui s'affiche une fois la collection terminée.
- Création d'un questionnaire musical et d'un test auditif.
- Création d'une visualisation de données sur les nouveaux instants permettant de prémarquer un ou plusieurs points temporels.
- Création d'un manuel d'utilisation et de documents d'instructions d'annotation pour les utilisateurs.
- Création de listes de contrôle de l'affichage des données pour un contrôle fin des visualisations.
- Création d'un nouveau type de visualisation de données appelé données supplémentaires (ECG par exemple).
- Création d'un script pour créer de nouveaux utilisateurs en masse avec une option de mot de passe aléatoire.
- Création de rôles pour les comptes d'utilisateurs afin d'autoriser ou de restreindre l'accès aux collections.
- Création de nouvelles visualisations de données pour le sostenuto et les pédales douces.
- Création d'un indicateur de temps lorsque l'on passe la souris sur les visualisations.
- Modification des niveaux pour les frontières de 3 à 4.
- Ajout de sons aux frontières lors de la lecture audio.
- Création d'une structure de données pour les sources audio afin d'éviter les clics.
- Ajout d'info-bulles pour les boutons.
- Modification du logiciel pour faire référence au nouveau nom CosmoNote.
- Nombreuses améliorations de la conception, corrections de bugs et changements de refactorisation.

DICY2

- Distribution officielle DICY2 (qui devient DICY2).
- DICY2for Max version 3.0.
- DICY2for Live version 1.0.
- Set complet de documentation : User's doc, max tutorials, max helps, video tutorials.

Somax2

Caractéristiques principales

- Prise en charge des corpus audio : il est désormais possible de construire des corpus à partir de fichiers audio et donc d'utiliser du contenu audio en sortie des lecteurs Somax. Cela inclut un certain nombre de nouveaux modules.
- Un constructeur de corpus audio, situé dans le module « Server », pour la construction de corpus audio.
- De nouvelles interfaces dans le module « Player » pour contrôler le rendu et la lecture des corpus audio. Les mêmes patches peuvent être utilisés pour le MIDI ou l'audio, l'interface s'adaptera en conséquence.
- Une nouvelle documentation (maxhelp) expliquant tous les aspects de la construction de corpus audio dans le « Server » et de la lecture audio dans le « Player ».
- Un nouveau tutoriel expliquant pas à pas comment travailler avec l'audio dans Somax.

Améliorations mineures

- Il est désormais possible de créer un corpus MIDI à partir d'un dossier de fichiers MIDI.
- Les espaces dans les noms de fichiers (et les chemins d'accès aux fichiers) lors de la création d'un corpus sont à nouveau pris en charge.
- Il est désormais possible de définir le chemin d'accès au corpus à un emplacement personnalisé, afin de pouvoir séparer différents projets les uns des autres.

- La taille des fichiers des corpus MIDI a été considérablement réduite.
- Mise à jour de la documentation relative à la création de corpus MIDI.
- Ajout d'indicateurs visuels lors de la construction et du chargement des corpus.
- Amélioration de la visualisation de l'état (nombre de pics et score correspondant) dans le « Player ».
- Ajout d'un limiteur d'onset au module « Audio Influencer ».
- Léger remodelage de l'interface du « Player » pour l'adapter aux écrans de moindre résolution (jusqu'à 1 280 x 800).

■ **Équipe S3AM**

Modalys

- Version 3.7.x pour Mac et Windows :
 - Extension de l'API Lua (^75 %).
 - Lua « just-in-time » (compilation à la volée permettant par exemple le contrôle à l'échantillon).
 - Ajout de nombreuses fonctions concernant les éléments finis.
 - Ajouts de nombreux exemples.
 - Installateurs automatiques de Modalys for Max (Mac et Windows).
 - Mise à jour du visualisateur 3D « medit » pour l'utilisation dans Max.
 - Version Native « Silicon » (nouveaux processeurs Apple).
 - Stabilisation de la version Windows.
 - Mise à jour de la documentation (vers un vue multicontextuelle de chaque article : Lisp, Max (mlys), Lua).

[The Snail](#)

- Version 2.3 pour iOS:
 - Compatibilité avec les dernières versions de iOS (15, 16).
 - Prise en compte des formats d'écran variés d'appareils iOS (iPhone et iPad).
 - Nouvelle interface pour le choix du diapason.
 - Affichage d'informations essentielles (diapason, transposition) en surimpression.
- Version 1.4.x pour Mac et Windows:
 - Version native « Silicon » (nouveaux processeurs Apple).
 - Nouveaux Vumètres.
 - Meilleure compatibilité du plugin AU.
- Version Hardware:
 - Prototype basé sur Raspberry Pi 4 + carte HifiBerry Pro.
 - Stabilisation et performances.
 - Compatibilité OpenGS ES.
 - Ajout de nombreux widgets.
 - Overlay avec options et infos.
- Version 3.0 (bêta privée):
 - Stabilisation de la version Android.
 - Tempéraments (merge de la branche « indienne »).
 - Vue « harmonicité ».
 - Vue « bulles ».
 - Vue « notes ».

[ATRIM NODE StrobeTuner](#)

- Prototype version 0.0.3 pour Mac et iOS.
- Portage numérique d'un accordeur stroboscopique basé sur le moteur d'analyse du Snail.
- Option de réglage de la vitesse de rotation du motif utilisant une sensibilité en cents.
- Option de rendu du motif: stroboscopique ou hexagonal.
- Options de configuration simple du moteur d'analyse du Snail.
- Option de monitoring.

Le Forum Ircam

Le Forum Ircam regroupe la communauté internationale des utilisateurs des logiciels de l'Ircam. Ses activités s'organisent autour de trois vecteurs de diffusion et de communication principaux : la plateforme web forum.ircam.fr, les Ateliers Forum annuels à l'Ircam et les Ateliers Hors les Murs.

L'année 2022 est marquée par un important renouvellement de l'offre logicielle, à commencer par la sortie du logiciel ASAP consacrant l'aboutissement du processus de pérennisation d'Audiosculpt, de nombreuses nouveautés issues des équipes STMS et un effort de documentation conséquent avec la production d'une vingtaine de vidéos de tutoriels des logiciels.

La forte croissance du Forum constatée en 2020 s'est poursuivie en 2021 avec une augmentation de 26 % des membres inscrits, atteignant 40 000 membres en mars 2023. L'organisation à nouveau en présentiel d'Ateliers Forum en mars à Paris, avec une participation en croissance, puis d'Ateliers Hors les Murs accueillis en octobre à la New York University, a conféré une nouvelle dynamique aux rencontres de la communauté Forum.

RENOUVELLEMENT DE L'OFFRE LOGICIELLE

■ Logiciels produits par le département IMR

2022 marque l'aboutissement du processus de pérennisation initié depuis plusieurs années des fonctions du logiciel phare Audiosculpt avec la sortie d'une première collection des plugins ASAP (*Audiosculpt as Plugins*) pour le traitement audio créatif, complétant les fonctions de l'application Partiels destinée à l'analyse modulaire et la visualisation des fichiers audio basée qui a aussi fait l'objet d'avancées conséquentes avec notamment la sortie des plugins Vamp PM2, Ircam Descriptors et Ircam Beat.

L'équipe du Forum a poursuivi le développement de devices Max4Live avec la sortie de Vowelizer, qui permet par un traitement formantique de faire « parler » les sons.

■ Logiciels issus des équipes STMS

Les nombreuses nouveautés publiées par les équipes STMS dans le cadre du Forum comportent notamment :

- Représentations musicales : RAVE – conversion de timbre et générativité à base de deep learning DICY2 : agents génératifs et improvisateurs sur la base de scénarios temporels ; SoMax : générativité et co-improvisation.
- ISMM : Gestural sound toolkit (interaction geste-son), CoMo (couche applicative notamment pour les applications collectives), Soundworks (framework d'interaction collective).
- Analyse/synthèse : CIRCE (traitement notamment vocal par deep learning).
- EAC : Extensions de Spat : refonte de la synthèse WFS, nouveaux algorithmes de réverbération non isotrope et multidirectionnelle pour les salles couplées.
- S3AM : nouvelle version de Modalys contrôlable par scripts LUA.

■ Logiciels produits par les membres

- L'activité des membres s'est traduite par la mise en ligne de 12 projets nouveaux : Quadratic Formula Calculator, Xp.sm, AudioGuide Command Snippets, Atom-Antescofo, 32 sensors, Alveoli, Autoencoder for Max, MaxOrch, click counter, Ocean2Sound, FluCoMa, Score Follower for Live.

■ Production de vidéos de tutoriels par le Forum

Tutoriels des logiciels du Forum

20 tutoriels vidéo ont été produits et publiés en 2022 sur la chaîne YouTube de l'Ircam portant à 37 les vidéos de tutoriels existantes :

- Dicy2 : Introduction
- Dicy2 : Audio interactions
- Dicy2 for Max
- Dicy2 for Live
- MuBu : Audio Analysis
- MuBu : Granular Synthesis

- MuBu: Getting Data into a MuBu
- Vowelizer
- Rave and nn~
- SkataRT-Corpus
- Partiels: First Steps
- Partiels: Batch Processing
- Partiels: Command Line
- Partiels: SDIF conversion
- Partiels et ASAP – Introduction
- Panoramix: Software Routing (Mac)
- Panoramix: Software Routing (PC)
- Panoramix: Quick setup
- Vibra Voice (Max4Live device)
- Tutorial: Generating Acoustic Scores with AudioGuide

Cette production marque un effort conséquent de documentation de logiciels existants parmi les plus importants (MuBu, Panoramix, CataRT) et des nouveaux logiciels (DICY2, Partiels, ASAP, Vibravoice).

SITE FORUM.IRCAM.FR

L'évolution du site Forum est représentative du dynamisme de sa communauté, qui a connu à nouveau en 2022 une croissance importante (26 % du nombre d'inscrits), aboutissant en mars 2023 à 40 000 utilisateurs référencés.

Au cours de l'année 2022, nous avons enrichi le site du Forum avec l'écriture et l'édition de 224 pages: articles et événements de l'équipe Forum et de ses membres et 57 projets technologiques partagés.



Nouveau visuel du Forum

Les développements de la plateforme Forum ont été pris en charge par la nouvelle équipe Web audio musique (WAM) et ont principalement comporté la disponibilité d'un nouvel éditeur de profil utilisateur, le développement d'un nouveau système de gestion des versions des logiciels, et un processus de redesign de l'interface utilisateur devant aboutir à une nouvelle version de la plateforme au premier semestre de 2023. Les détails de ces travaux sont présentés avec les activités de l'équipe WAM.

Quelques statistiques majeures comparées entre 2021 et 2022 :

- +12 % de pages vues;
- +26 % de nouveaux utilisateurs (anonymes et membres);
- +40 % de téléchargements bruts.

COMMUNICATION ET PROMOTION

Le visuel du Forum a été retravaillé afin d'élargir la cible des utilisateurs à la scène électro et techno.

Ce nouveau visuel sera également utilisé pour la mise à jour du site Forum prévue courant 2023.

Des e-mailing ciblés sont régulièrement envoyés pour informer la communauté des ingénieurs du son, chercheurs et artistes pour un total de 62 envois en 2022.

Une fois par mois, des campagnes de souscription à la newsletter du Forum sont envoyées aux prospects.

Afin de fidéliser et élargir la communauté, nous poursuivons la production d'une newsletter mensuelle Forum bilingue pour annoncer les nouveautés logicielles des laboratoires Ircam et partenaires, et les développements et applications de nos membres du Forum ainsi que les événements et les tutoriels. Les newsletters sont consultables [ici](#).

Le taux d'ouverture moyen est de 53 %.

Côté presse, on remarque de nombreuses parutions sur les webzines pour le lancement d'ASAP.

Chiffres-clés

- 12 parutions sur les webzines et presse;
- 62 e-mailing envoyés dont 22 newsletters en français et anglais;
- 2700 inscrits à la newsletter.

LES ÉVÉNEMENTS

Les Ateliers du Forum représentent un momentum annuel de rencontre de la communauté internationale des usagers et développeurs de logiciels pour le son et la musique.

C'est l'occasion pour les équipes de recherche de l'Ircam de présenter leurs nouveautés et d'être en contact avec la communauté des utilisateurs.

Designers, artistes, compositeurs, performeurs, chercheurs et makers du monde entier se retrouvent pour trois jours de conférences, workshops, démos, partages et rencontres. Les retours des participants sont toujours positifs. Cet événement, qui existe depuis bientôt 30 ans, est très attendu par les professionnels de tous âges et de toutes esthétiques. C'est un partage d'expériences et de projets dans un esprit convivial unique dans le monde.

L'année 2022 a marqué la sortie de la crise sanitaire. Nous avons pu organiser des Ateliers du Forum en présentiel et dans des conditions normales tout en gardant la possibilité d'une connexion à distance.

■ Ateliers du Forum à Paris – 22-25 mars

La session 2022 des Ateliers à Paris s'est tenue du 22 au 25 mars. Nous avons comptabilisé sur 4 jours 303 participants de 24 pays (dont 49 connectés).

Ces ateliers ont été l'occasion de présenter les nouveautés sur les technologies développées à l'Ircam par les chercheurs et développeurs, les artistes en résidence, les partenaires du Forum, notamment Partiels, OpenMusic, Spat, MuBu, [DICY2](#), ainsi que :

- des keynotes animées par des conférenciers spécialisés : Jean-Marc Jot et Jonathan Wyner (Izotope), Hugo Larin et Gael Martinet (Flux), Emmanuel Jourdan et David Zicarelli (Cycling '74), Arshia Cont (Metronaut), Frederic Fradet (Bachet);
- des posters des étudiants de l'Hochschule für Musik de Stuttgart;
- des installations : ECHO, C'est Pourquoi, La boîte à tubes;
- des démo-performances : Claudine Simon, Denis Beuret, Maxime Mantovani;
- des sessions d'écoute sur des nouveaux outils de reverb par Benoit Alary;
- des expérimentations collectives notamment sur CoMo;
- des workshops.

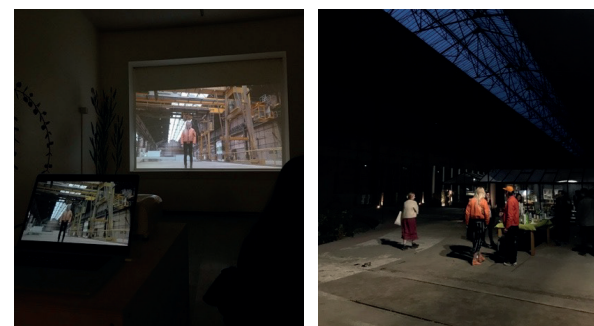
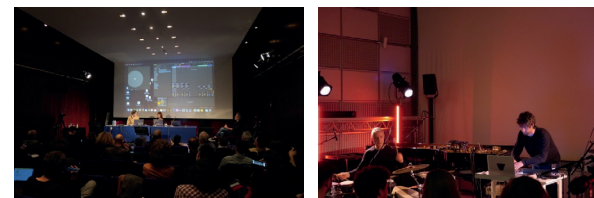
Cet événement s'est construit en collaboration avec toutes les équipes STMS et en particulier avec l'équipe Analyse et synthèse des sons et le chercheur Nicolas Obin qui a organisé le 22 mars la première réunion Fast Forward dédiée aux designers sonores pour le cinéma, qui a accueilli une quarantaine de professionnels.

Nous avons organisé un événement externe en partenariat et sur le site des Grandes Serres de Pantin pour la visite de l'installation de La boîte à tubes de la compositrice et architecte Nadine Schütz. Le Centre national de la musique (CNM) a organisé une conférence de presse pour le lancement du CNM-Lab et a été présent tout au long des Ateliers avec une permanence conseil innovation pour les artistes. La conférence est visible [ici](#).

Les conférences peuvent être visionnées sur le [site Medias](#).

Le programme, les abstracts, les vidéos préenregistrées des membres du Forum sont visibles sur le [site du Forum](#).

Les Ateliers du Forum 2022 ont reçu le soutien du CNM (Centre national de la musique) et de l'association Alea.



Ateliers Forum, Paris, mars 2022. © Paola Palumbo

■ Ateliers du Forum Hors les Murs

Sur les deux campus de l'Université de New York, les Ateliers du Forum ont réuni 250 participants pendant quatre jours de partages et d'échanges autour de deux thématiques principales : l'interaction et le design sonores. Une grande diversité de sujets a été abordée : le traitement et la spatialisation sonores, l'intelligence artificielle, l'improvisation, l'interaction collective, les paysages sonores et la sonification.

Le Forum a regroupé environ 70 intervenants du monde entier : chercheurs, professeurs, étudiants, sound designers. 50 compositeurs et compositrices sont venus pour présenter leurs dernières œuvres et projets. Les chercheurs et artistes les plus en pointe dans ces domaines ont animé des workshops, des conférences, des installations et des concerts.

Plusieurs institutions étaient représentées tels l'Université de Yale, le CCRMA de l'Université de Stanford, l'EMPAC.

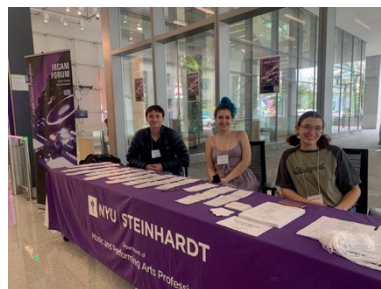
Les intervenants ont pu présenter leurs travaux sous différents formats : conférences, démonstrations, installations, concerts, happenings.

Durée totale du projet : 1er janvier-1er novembre 2022.

Durée de l'événement : du 30 septembre au 3 octobre 2022.

Chiffres-clés

- 250 participants;
- 70 intervenants;
- 6 pays;
- 61 sessions.



Ateliers Forum Hors les Murs, New York University, automne 2022. © Paola Palumbo

LES MEMBRES ET LES SOUTIENS DU FORUM

Les institutions qui ont rejoint le Forum en 2022 sont : Bangor University, le Conservatoire de Bordeaux, Boston University, Bournemouth University, Centre Henri Pousseur, CIRM, Cité de la musique – Philharmonie de Paris, CNSMD de Lyon, Conservatoire de Grenoble, De Montfort University, ENSA de Dijon, Experimentalstudio des SWR, Haute École de Musique de Genève, HfMT Hamburg, Hochschule fuer Musik Nuernberg, ICST/ZHdK, Lithuanian Academy of Music and Theatre, Ohio State University, RMIT University, Royal Academy of Music, Senzoku Gakuen College of Music, SHOBI University, Staatliche Hochschule für Musik, Tokyo University of the Arts, UMN School of Music, Université de Rennes 2, Université Jean Monnet, University McGill, University of Auckland, University of Sussex, Uppsala University.

Le Forum a reçu le soutien et le mécénat de sociétés privées et publiques dont l'Institut français et le Bureau français de New York, la New York University, la société Izotope pour le Forum Hors les Murs; du Centre national de la musique et l'association Alea pour les Ateliers du Forum à Paris.

LES PARTENARIATS ET L'INGÉNIERIE CULTURELLE

Le rayonnement du Forum permet aussi la prise de contact avec des partenaires privés et publics sur des projets variés.

En 2022, l'équipe a attiré et assuré la coordination d'un projet de design sonore avec le designer Philippe Starck pour une application bancaire interactive en cours d'élaboration.

L'équipe Forum a contribué à la poursuite du partenariat avec le C-Lab de Taipei avec des points réguliers sur la mise à disposition de technologies, des échanges de communication et le montage d'événements.

Séminaires

SÉMINAIRES INTERNES – LES MERCREDIS DE STMS

12 janvier

Victor Rosi, doctorant dans l'équipe PDS du laboratoire STMS
« Explication des représentations partagées et spécifiques de concepts sonores. »

18 janvier

Stefan Bilbao, professeur et chercheur dans l'équipe Audio et Acoustique de l'Université d'Edinburgh, invité par l'équipe S3AM du laboratoire STMS
« Méthodes ondulatoires dans le domaine temporel pour l'auralisation de l'acoustique des salles. »

26 janvier

Judith Deschamps, artiste en résidence au sein de l'équipe Analyse et synthèse des sons du laboratoire STMS. Doctorante au sein d'ArTeC à Paris 8. Présente avec les chercheurs Axel Roebel et Frederik Bous, ainsi que le compositeur Antonio Sa-Dantas, leur travail en cours :
« *Quell'usignolo che innamorato* : la résurgence d'une voix artificielle et profondément plurielle » ainsi que le conte vidéographique *La Mue*, qu'elle construit autour de sa résidence en recherche artistique à l'Ircam.

9 février

Nadia Guerouaou, doctorante invitée au sein de l'équipe PDS
« Éthique des transformations vocales émotionnelles. »

16 février

Emmanuel Ponsot, chargé de recherche au CNRS
« Variabilité interindividuelle et déficits cachés en audition : comprendre les mécanismes et développer de nouveaux outils pour l'audiologie. »

30 mars

Judy Najnudel, doctorante dans l'équipe S3AM
« Modélisation physique de composants non linéaires pour la production d'effets audio. »

Claire Richards, doctorante dans l'équipe PDS de l'Ircam
« Le design et les interactions multimodales : entre l'ouïe et le toucher. »

20 avril

Nate Raw, Developer Advocate
présente Hugging Face, plateforme d'intelligence artificielle.

25 mai

Yann Teytaut et Clément Le Moine Veillon, doctorants dans l'équipe Analyse et synthèse des sons, STMS
Introduction à leurs thèses en cours, respectivement :
« Alignement automatique phonème-à-audio » et « Conversion des attitudes vocales ».

1^{er} juin

Rémi Fox, en résidence de recherche artistique au sein de l'équipe Représentations musicales
Jérôme Nika, chercheur, équipe Représentations musicales
« Hi. A. – Hippocampe Artificiel. »

8 juin

Norberto Grzywacz
« Culture et individualité des valeurs humaines. »

13 juin

Miller Puckette, directeur associé du centre de recherche en arts et informatique de l'université de San Diego, Californie, invité par l'équipe Représentations musicales
"Pure Data for embedded systems."

14 septembre

Aaron Einbond, sortie de résidence de recherche artistique
« Apprentissage automatique de la synthèse sonore spatiale, basée sur le corpus de PRESTIDIGITATION, pour percussion et électronique en 3D. »

28 septembre

Deux RIM Ircam

Claudia Jane Scroccaro, compositrice : « Le concept de "synthèse additive de rythmes harmoniques" dans la composition de la *[S] toccata*, pour piano solo. »

Joao Svidzinski, compositeur : « Projets en recherche-crédation avec une approche orientée objet : analyse-crédation, réalité virtuelle et musique en réseau. »

19 octobre

François-Xavier Féron et Baptiste Bacot

« Le projet RAMHO – Objectifs et réalisations. »

23 novembre

Pierre Saint-Germier

« Philosophie du son à l'ère de sa reproductibilité numérique. »

30 novembre

Jérôme Nika, Augustin Muller, Manuel Poletti

« La librairie DICY2 : composer et interagir avec des agents génératifs. »

12 décembre

Aki Ito, Jean-Philippe Lambert, sortie de résidence en recherche artistique

« Astérismes »

14 décembre

Victoria Callet

« La transformée de Fourier discrète au service de l'homologie persistante : applications à l'analyse musicale. »

Les soutenances

■ Thèses soutenues à l'Ircam

14 février

Pierre Massé

« Méthodes d'analyse, de traitement, et de manipulation de réponses impulsionnelles spatiales mesurées par des antennes sphériques de microphones. »

3 mars

Vincent Martin

« Perception de la distance de sources sonores statiques dans le cadre de la réalité augmentée audio : une étude d'indices acoustiques et non-acoustiques. »

10 juin

Franck Zagala

"Simplified Acoustic Simulations and Virtual Acoustics: Contributions to Virtual Navigation for the Visually Impaired."

1^{er} juillet

Judy Najnudel

"Power-Balanced Modeling of Nonlinear Electronic Components and Circuits for Audio Effects."

5 juillet

Franck Elisabeth

« Mesure et contre-mesure de la surdité attentionnelle. »

8 juillet

Victor Rosi

"The metaphors of sound: from semantics to acoustics – a study of brightness, warmth, roundness and roughness."

5 décembre

Marion Voillot

« Le corps au cœur de l'apprentissage par le numérique – Exploration d'un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance. »

9 décembre

Iseline Peyre

« Sonification du mouvement pour la rééducation après une lésion cérébrale acquise : conception et évaluations de dispositifs. »

■ Habilitation à diriger des recherches soutenue à l'Ircam

14 janvier

Philippe Esling

"Probabilistic Generative Models for Artificial Creative Intelligence."

Publications et communications

■ Publications multi-équipes

Communications avec actes dans un congrès international

Canonne C., Majeau-Bettez E. et Golvet A., "Investigating Musicians' Listening Strategies in the Performance of Éliane Radigue's Occam Delta XV", Musical Togetherness Symposium, Vienne, Autriche, 2022, <https://shs.hal.science/halshs-03913771>

Schwarz D., Canonne C., "Notation, Transmission, and Comprovisation: A Case Study of the ONCEIM Improvisation Orchestra", International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR), Marseille, France, 2022, <https://hal.science/hal-03813718>

■ Publications équipe Analyse des pratiques musicales

Articles parus dans des revues à comité de lecture

Feneyrou L., Valensi M. et Dutent N., « En traduisant le poète Biagio Marin », *Esprit*, (491) : 105-115, 2022, <https://hal.science/hal-03918167>

Féron F.-X., « Composer (avec) l'espace : une pratique musicale polysémique », *Cahier Louis-Lumière*, 15:70-92, septembre 2022a, <https://shs.hal.science/halshs-03918230>

Féron F.-X., Lin-Ni L., « Introduction. L'orgue à bouche, un instrument ancestral sous le prisme de l'interdisciplinarité scientifique », *Circuit : musiques contemporaines*, 32(1), 9-16 mai 2022, <https://hal.science/hal-04059805>, doi : 10.7202/1088780ar.

Féron F.-X., « *There is beauty in ruins, and hope in destruction*: Fallings pour sho (et u), alto et violoncelle de Daryl Jamieson », *Circuit : musiques contemporaines*, 32(1) : 97-110, 2022b, <https://shs.hal.science/halshs-03507709>, doi : 10.7202/1088788ar.

Communication avec actes dans un congrès international

Schwarz D., Canonne C., "Notation, Transmission, and Comprovisation: A Case Study of the ONCEIM Improvisation Orchestra", International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR), Marseille, France, mai 2022, <https://hal.science/hal-03813718>

Ouvrages et chapitres d'ouvrages

Donin N., *Georges Aperghis : Conversation imagée (2019-2021)*, Éditions de la Philharmonie, 2022, <https://shs.hal.science/halshs-03539702>.

Dufetel N., Canonne C., Risser E., « Improviser », in David Christoffel (editor), *Les Annales de Métaclassique*, Aedam Musicae, p. 329-344, 2022, <https://shs.hal.science/halshs-04045968>

Feneyrou L., « Histoire, pouvoir, politique », in Hervé Lacombe (editor), *Histoire de l'opéra français. De la Belle Époque au monde globalisé*, Fayard, p. 1199-1209, 2022c, <https://hal.science/hal-03918104>

Feneyrou L., « L'œuvre, ce sont les cendres », in Laurent Feneyrou (editor), *Ça de Franco Donatoni*, Aedam Musicae, p. 9-49, 2022d, <https://hal.science/hal-03918074>

Feneyrou L., « Le devenir du personnage lyrique », in Hervé Lacombe (editor), *Histoire de l'opéra français. De la Belle Époque au monde globalisé*, Fayard, p. 889-899, 2022f, <https://hal.science/hal-03918096>

Feneyrou L., « Le lieu, la langue », in Feneyrou L. et Valensi M. (editors), *Biagio Marin & Pier Paolo Pasolini. Une amitié poétique*, Éditions de l'éclat, p. 9-28, 2022a, <https://hal.science/hal-03918091>.

Feneyrou L., « Perspectives sur trente années d'inventions dramaturgiques », in Hervé Lacombe (editor), *Histoire de l'opéra français. De la Belle Époque au monde globalisé*, Fayard, p. 899-909, 2022g, <https://hal.science/hal-03918100>

Feneyrou L., *Ça de Franco Donatoni*, Aedam Musicae, 2022h, <https://hal.science/hal-03918064>

Feneyrou L., Milli P., *Balivernes. 33 poèmes du Juif*, de Fery Folkel, Éditions de l'éclat, 2022a, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03720761>

Feneyrou L., Milli P., *Petit Chansonnier amoureux de Virgilio Giotti*, Éditions de l'éclat, 2022b, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03720747>

Feneyrou L., Postface à *Balivernes* de Fery Fölkel, in Feneyrou F. et Milli P. (editors), *Balivernes* de Fery Fölkel, Éditions de l'éclat, p. 137-194, 2022b, <https://hal.science/hal-03918120>

Feneyrou L., Postface au *Petit Chansonnier amoureux de Virgilio Giotti*, in Laurent Feneyrou et Pietro Milli (editors), *Petit Chansonnier amoureux de Virgilio Giotti*, Éditions de l'éclat, p. 133-165, 2022e, <https://hal.science/hal-03918141>

Feneyrou L., Valensi M., *Biagio Marin & Pier Paolo Pasolini. Une amitié poétique*, Éditions de l'éclat, 2022, <https://hal.science/hal-03918084>

Féron F.-X., Joubert M., « Éloigner », in David Christoffel (editor), *Les Annales de Métaclassique*, volume 2, Aedam musicae, p. 357-368, 2022, <https://shs.hal.science/halshs-03918186>. Adaptation d'un entretien radiophonique diffusé le 18 novembre 2020 (Métaclassique #94 – Éloigner), <http://metaclassique.com/metaclassique-94-eloigner/>

Gribenski F., Porret Porret-Dubreuil A., *Musiques et pratiques religieuses en France au XIX^e siècle*, Garnier, 2022, <https://hal.science/hal-03576884>.

Gribenski F., *Tuning the World*, University of Chicago Press, 2022, <https://hal.science/hal-03576880>

Communications sans actes dans un congrès international

Canonne C., Goupil L., Saint-Germier P., "What does it mean to be together within a free improvisation orchestra?", Musical Togetherness Symposium, Vienne, Autriche, 2022, <https://shs.hal.science/halshs-03913765>

Canonne C., Majeau-Bettez E., Golvet A., "Investigating musicians' listening strategies in the performance of Éliane Radigue's Occam Delta XV", Musical Togetherness Symposium, Vienne, Autriche, 2022a, <https://shs.hal.science/halshs-03913771>

Canonne C., Wolf T., Goupil L., "Beyond togetherness: interactional dissensus fosters creativity and expressive tension in freely improvised duos", Musical Togetherness Symposium, Vienne, Autriche, 2022b, <https://shs.hal.science/halshs-03913769>

Féron F.-X., « Émile, Abraham, Fritz et autres acousticiens de l'époque: l'impact de la littérature scientifique dans l'émergence de la pensée spectrale chez Gérard Grisey au début des années 1970 », Les bibliothèques de compositeur·ices: Pratiques de lecture et espaces dynamiques de la création musicale, Bruxelles, Belgique, octobre 2022d, Université libre de Bruxelles – Laboratoire de musicologie, <https://shs.hal.science/halshs-03918265>

Féron F.-X., « L'exploration musicale de données sonographiques: enjeux et évolution des pratiques compositionnelles dans *Les Espaces acoustiques* (1974-1985) de Gérard Grisey », 1722-2022: trois siècles du *Traité* de Jean-Philippe Rameau. La musique-science devant la question de l'harmonie, Paris, France, novembre 2022c, IReMus, Sorbonne Université, Ircam, SFAM, <https://shs.hal.science/halshs-03918261>

Féron F.-X., Cagney L., "In Search of Spectral Harmonies: The Evolution of Gérard Grisey's Harmonic Language between 1970 and 1975", New Concepts of Harmony in Musical Composition 1945-1975, Venise, Italie, juillet 2022, Fondazione Giorgio Cini – Istituto per la Musica, <https://shs.hal.science/halshs-03918272>

■ Publications équipe Analyse et synthèse des sons

Articles parus dans des revues à comité de lecture

Bous F., Roebel A., "A Bottleneck Auto-Encoder for F0 Transformations on Speech and Singing Voice", *Information*, 2022, 13 (3), p. 102. (10.3390/info13030102). (hal-03599085).

Martin K., Adam O., Obin N., Dufour V., "Rookognise: Acoustic detection and identification of individual rooks in field recordings using multi-task neural networks", *Ecological Informatics*, in press. (hal-03852738).

Roebel A., Bous F., "Neural Vocoding for Singing and Speaking Voices with the Multi-Band Excited WaveNet", *Information*, 2022, 13 (3), p. 103. (10.3390/info13030103). (hal-03599076).

Communications avec actes dans un congrès international ou national

Abrassart M., Doras G., "And what if two musical versions don't share melody, harmony, rhythm, or lyrics?", ISMIR 2022, décembre 2022, Bengaluru, Inde. (hal-04023852).

Bous F., Benaroya L., Obin N., Roebel A., "Voice Reenactment with F0 and timing constraints and adversarial learning of conversions", 30th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2022), août 2022, Belgrade, Serbie. (hal-03677462)

Fares M., Pelachaud C., Obin N., "Transformer Network for Semantically-Aware and Speech-Driven Upper-Face Generation", EUSIPCO, août 2022, Belgrade, Serbie. (hal-03677459)

Fares M., Pelachaud C., Obin N., "Transformer Network for Semantically-Aware and Speech-Driven Upper-Face Generation", EUSIPCO, août 2022, Belgrade, Serbie. (hal-03996465)

Lavault A., Roebel A., Voiry M., "StyleWaveGAN: Style-based synthesis of drum sounds using generative adversarial networks for higher audio quality", 30th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2022), août 2022, Belgrade, Serbie. (hal-03693960)

Lavault A., Roebel A., Voiry M., "StyleWaveGAN: Style-based synthesis of drum sounds with extensive controls using generative adversarial networks", 19th Sound and Music Computing Conference (SMC 2022), juin 2022, Saint-Etienne, France. (hal-03693950)

Lavault A., Roebel A., Voiry M., "Subjective evaluation of sound quality and control of g-drum synthesis with StyleWaveGAN", 25th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx20in22), septembre 2022, Vienne, Autriche. (hal-03768867).

Renault L., Mignot R., Roebel A., "Differentiable Piano Model for MIDI-to-Audio Performance Synthesis", 25th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx20in22), septembre 2022, Vienne, Autriche. (10.5281/zenodo.7092602). (hal-03779081).

Salais L., Arias P., Le Moine C., Rosi V., Teytaut Y. *et al.*, "Production Strategies of Vocal Attitudes", Interspeech 2022, septembre 2022, Icheon, Corée du Sud, p. 4985-4989. (10.21437/Interspeech.2022-10947). (hal-03881495).

Teytaut Y., Bouvier B., Roebel A., "A study on constraining Connectionist Temporal Classification for temporal audio alignment", Interspeech 2022, septembre 2022, Incheon, Corée du Sud, p. 5015-5019. (10.21437/Interspeech.2022-10940). (hal-03976279).

■ Publications équipe Espaces acoustiques et cognitifs

Articles parus dans des revues à comité de lecture

Majdak P., Zotter F., Brinkmann F., De Muynke J., Mihocic M., Noisternig M., "Spatially Oriented Format for Acoustics 2.1: Introduction and Recent Advances", *Journal of the Audio Engineering Society*, 2022, 70 (7/8), p. 565-584. (hal-03739365)

Martin V., Viaud-Delmon I., Warusfel O., "Effect of Environment-Related Cues on Auditory Distance Perception in the Context of Audio-Only Augmented Reality", *Applied Sciences*, 2022, 12 (1), p. 348. (hal-03579718)

Massé P., Kreuzer W., Noisternig M., "Echo Detection Using the Herglotz Wavefunction in Spatial Room Impulse Responses Measured with Spherical Microphone Arrays", Submitted to *IEEE T-ASL* (under revision), 2023.

Communications avec actes dans un congrès international

Carpentier T., "Reduction of 3D Ambisonic to 2D using plane-wave decomposition", 152nd Convention of the Audio Engineering Society, mai 2022, La Haye, Pays-Bas. ([hal-03670900](#))

Carpentier T., « Réduction horizontale d'un flux Ambisonic 3D », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, avril 2022, Marseille, France. ([hal-03670897](#))

Carpentier T., Einbond A., "Spherical correlation as a similarity measure for 3D radiation patterns of musical instruments", 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, avril 2022, Marseille, France. ([hal03649913](#))

Gospodarek M., Warusfel O., Ripoles P., Roginska A., "Methodology for perceptual evaluation of plausibility with self-translation of the listener", AES 2022 International Audio for Virtual and Augmented Reality Conference, août 2022, Redmond, États-Unis. ([hal-03768125](#))

Massé P., Noisternig M., « Détection et caractérisation des premières réflexions dans des réponses impulsionnelles spatiales par la fonction d'onde de Herglotz », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, avril 2022, Marseille, France. ([hal-03848221](#))

Chapitre d'ouvrage

Carpentier T., « Spatialisation sonore – Perception, captation et diffusion de scènes sonores », *Techniques de l'Ingénieur*, 2022, Le traitement du signal et ses applications (BR1150). ([hal-03991462](#))

Communications sans actes dans un congrès international

Alary B., Massé P., « Analyse directionnelle du champ acoustique à l'Opéra de Helsinki », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, avril 2022, Marseille, France. ([hal-03848219](#))

Carpentier T., "Spatial audio, everywhere and anywhere", Le son du futur/Le futur du son, CIRMMT, McGill University, Montréal, 24-27 mai 2022.

Moreau A., Warusfel O., « Identification de HRTFs individuelles par selfies binauraux et apprentissage machine », CFA2022, avril 2022, Marseille, France. ([hal-03848166v1](#))

Thèses

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

Martin V., "Auditory distance perception of static sources in the context of Audio-only Augmented Reality: an investigation of acoustic and non-acoustic cues", Sorbonne Université, mars 2022. (tel-03701917)

Massé P., "Analysis, Treatment, and Manipulation Methods for Spatial Room Impulse Responses Measured with Spherical Microphone Arrays", Sorbonne Université, février 2022. (tel-03700052)

Zagala F., "Simplified Acoustic Simulations and Virtual Acoustics: Contributions to Virtual Navigation for the Visually Impaired", Sorbonne Université, juin 2022.

Enseignement

Carpentier T., Workshop on Wave Field Synthesis. Hochschule für Musik und Theater, Hamburg, 4-7 janvier 2022.

Noisternig M., Cours « Scénographie sonore », Master M2 composition/design sonore, Haute école d'art de Zurich (ZHdK), janvier 2022 (en ligne).

Noisternig M., Cours sur la spatialisation sonore, École supérieure d'art et de design, TALM-Le Mans (ESAD TALM), octobre 2022.

Noisternig M., Cours Spatial Audio Technologies/Room Acoustics Modeling, M2 ISI, Sorbonne Université, 18 et 25 novembre 2022.

Noisternig M., Cours en Traitement du signal MIMO, Master M2, Université de musique et des arts du spectacle de Graz (KUG), de mars à juin 2022 (en ligne).

Noisternig M., Cours sur la spatialisation sonore, Master M2, ENS Louis Lumière, novembre-décembre 2022.

Schütz N., Développement d'un nouveau cours « Landscape Acoustics » pour les étudiants (Master) en architecture et en architecture de paysage à l'École Polytechnique Fédérale (EPF) de Zurich.

Viaud-Delmon I., Responsable UE Intégration professionnelle – M2 ATIAM – Sorbonne Université.

Warusfel O., Institut de l'audition, Pasteur Course "Hearing: from mechanisms to restoration technologies", juin 2022.

Warusfel O., Resp. UE Réalité virtuelle – M2 ISI, Sorbonne Université, octobre-décembre 2022.

Comités et expertises

Alary B.

Revue d'articles: *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* (4 articles), *Journal of the Audio Engineering Society*, 154th Audio Engineering Convention, International Conference on Digital Audio Effects, International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (4 articles).

Carpentier T.

Revue d'articles: SMC (Sound & Music Computing Conf.), DAFx (International Conf. on Digital Audio Effects).

Noisternig M.

Council Member, Technical Committee on Audio Signal Processing, European Acoustics Association (EAA).

Co-Chair of the Working Group on Audio File Transfer and Exchange (SC-02-08) of the AES Standardisation Committee.
Revue d'articles : *Acta Acustica united with Acustica, Applied Acoustics, IEEE Transactions on Audio Signal Processing, Journal of the Audio Engineering Society, Journal of the Acoustical Society of America*, Int. Conferences of the Audio Engineering Society, Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx).

Rapporteur de Master ATIAM Ircam.

Schütz N.

Jury du concours d'étudiants « Place au son ! », organisé par la Semaine du son de l'Unesco.

Viaud-Delmon I.

Expertises pour la commission européenne, pour le ministère de la Fédération Wallonie Bruxelles (FWB) de Belgique.

Revue d'articles : *PLoS One, Scientific Reports, Journal of Multimodal User interfaces, Virtual Reality, JASA, International Conference Series on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ICDVRAT), Sound and Music Computing (SMC)*.
Rapporteur de thèses : Charles Hernoux (Université PS, janvier 2022) ; Octavia Rioual (Université de Rennes 2, décembre 2022).

Comité de suivi de thèse : Sarabeth Mullins (Sorbonne Université), Rémi Poivet (Sorbonne Université).

Comité de sélection pour le recrutement d'une Chaire de Professeur Junior : laboratoire CIAMS, Université Paris-Saclay
Membre du comité de rédaction de la revue *Intellectica*.

Warusfel O.

Revue d'articles : *Journal of the Acoustical Society of America, Experimental Brain Research*.

Rapporteur de thèse : Eric Méaux (Université La Rochelle, soutenance janvier 2022).

Rapporteur de thèse : Simon Fargeot (Université Aix-Marseille, soutenance décembre 2022).

Comité de suivi de thèse : Julien de Muynke (Sorbonne Université).

Membre du bureau de la Société française d'acoustique.

Diffusion des connaissances

Alary B., Carpentier T., Nouveautés de l'équipe EAC, Ateliers du Forum, Ircam, 23-25 mars 2022.

Alary B., "Can you hear it? Capturing the acoustics of the Finnish National Opera and Ballet", Opera Beyond conference, Helsinki, Finlande, septembre 2022.

Einbond A., Carpentier T., Schwarz D., "Corpus-Based Spatial Sound Synthesis on the IKO Compact Spherical Loudspeaker Array", Ateliers du Forum, Ircam, 23-25 mars 2022.

Viaud-Delmon I. :

Contribution à la revue *Prescrire* sur les risques sanitaires liés à la réalité virtuelle (publication mai 2022).

École scientifique du Toulouse Brain & Mind Institute (TMBI), Moncabrier, 18-20 octobre 2022.

Conférence « Les serpents, la peur et le virtuel » dans le cadre de l'exposition *Serpents*, musée Crozatier, Le Puy-en-Velay, avril 2022.

Warusfel O., interview pour *La lettre du Musicien*, 21 juin 2022.

■ Publications équipe Interactions son musique mouvement

Articles parus dans des revues à comité de lecture

Ley Flores J., Alshami E., Singh A., Bevilacqua F., Bianchi-Berthouze N., Deroy O., Tajadura-Jiménez A., "Effects of Pitch and Musical Sounds on Body-Representations When Moving with Sound", *Scientific Reports* 12, n° 2676, 2022, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06210-x>; <https://anr.hal.science/hal-03956587/>

Loriette A., Wanyu L., Bevilacqua F., Caramiaux B., "Describing Movement Learning Using Metric Learning", *PLoS ONE*, 2022, <https://hal.science/hal-03790829>

Wanyu L., Magalhaes M., Mackay W., Bevilacqua F., Beaudouin-Lafon M., "Motor Variability in Complex Gesture Learning: Effects of Movement Sonification and Musical Background", *ACM Transactions on Applied Perception* 19, n° 1, janvier 2022, 1-21, <https://doi.org/10.1145/3482967>

Communications avec actes dans un congrès national ou international

Antoniadis P., Paschalidou S., Duval A., Jégo J.-F., Bevilacqua F., "Rendering Embodied Experience into Multimodal Data: Concepts, Tools and Applications for Xenakis' Piano Performance", *Xenakis 22: Centenary International Symposium*, Athènes et Nauplie, Grèce, 2022, <https://hal.science/hal-03999834>

Françoise J., Meseguer-Brocal G., Bevilacqua F., "Movement Analysis and Decomposition with the Continuous Wavelet Transform", *MOCO '22: 8th International Conference on Movement and Computing*, 1-13, Chicago, France : ACM, 2022, <https://doi.org/10.1145/3537972.3537998>; <https://hal.science/hal-03711293/>

Golvet A., Barbosa L. L., Démoulin E., Matuszewski B., "Koryphaïos: A Patchworked Compositional Environment for Distributed Music Systems", *Web Audio Conference 2022*, Cannes, France, Université Côte d'Azur, <https://doi.org/10.5281/zenodo.6767566>; <https://hal.science/hal-03957334v1>

Loriette A., Schwarz D., "Elicitation of 2D Expressive Gestures through Interactive Sonification", *International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, The University of Auckland, New Zealand: PubPub, 2022, <https://doi.org/10.21428/92fbeb44.8ec6de60>; <https://hal.science/hal-03965821v1>

Paredes V., Françoise J., Bevilacqua F., "Entangling Practice with Artistic and Educational Aims: Interviews on Technology-Based Movement Sound Interactions", *New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, Auckland, New Zealand, 2022, <https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03789906>.

Rottier O., Matuszewski B., "A Rust Implementation of the Web Audio API", Web Audio Conference (WAC), Cannes, France, Université Côte d'Azur, 2022, <https://doi.org/10.5281/zenodo.6767674>; <https://hal.science/hal-03957504v1>

Voillot M., Trimardeau C., Rivière J.-P., "Nota.CoMo: a movement notation system for, a web-based application to support sound storytelling in motion in kindergarten (CoMo.education)", CHI Art 2022.

Voillot M., « CoMo.education, raconter des histoires sonores et en mouvement, en maternelle », Le Mans Sonore, 28 janvier 2022.

Conférences invitées dans des congrès nationaux et internationaux

Bevilacqua F., "Collective Music Interaction Using Network Technologies", présentation au Forum Ircam Hors Les Murs, NYU, 1^{er} octobre 2022.

Golvet A., « Outils distribués pour l'écosystème de la création musicale contemporaine », Particip-Arc-JC : 1^{re} Journée jeunes chercheur·e·s – Recherches culturelles participatives, Paris, France, 16 novembre 2022.

Thèses

Ley Flores J. G., "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.

Peyre I., « 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.

Voillot M., « Le corps au cœur 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.

Expositions et diffusion des connaissances

Bevilacqua F., Cours Post-Master AIMove, Mines Paris Tech, 1-10 février 2021.

Matuszewski B., Golvet A. et Paredes V., Cours Master 2 ATIAM, initiation à l'API web audio, 8-9 décembre 2022.

Matuszewski B., Workshop "Creating and Developing Distributed Music Application Using the Soundworks Framework", Web Audio Conférence, 2021.

Nabi S., Cours et TD, Programmation orientée objet JAVA, Licence 3 pro, Sorbonne Université, novembre-décembre 2022.

Nabi S., encadrement d'un projet Machine Learning sur le transfert de timbre, cours Master 2 ATIAM, Sorbonne Université, novembre-décembre 2022.

Paredes V., Cours et TD, Cinématique des solides indéformables, modélisation géométrique et cinématique d'un mécanisme en série, modèle direct et inverse.

Peyre I., Cours École d'ergothérapie de Paris ADERE, Sorbonne Université, coresponsable UE Initiation à la méthodologie de recherche Licence 2, « Typologies d'études », 8 février 2022; « Lecture critique de publications scientifiques », 8 avril 2022; « Bioéthique et Loi Jardé », 12 avril 2022.

Peyre I., Cours École d'ergothérapie de Paris ADERE, Sorbonne Université, coresponsable UE Initiation à la méthodologie de recherche Licence 3, « Traitement et analyse de données » 7 janvier 2022; « Démarche de recherche: récapitulatif », 28 janvier 2022; « Outils d'enquête », 12 mars 2022; « Préparation soutenance orale », 20 mai 2022; « Outils d'enquête », 9 septembre 2022 et 23 septembre 2022; « Analyse de la littérature », 14 octobre 2022.

Peyre I., Cours Master Création artistique, Université de Paris, M1 UE Corps et arts-thérapies, « Physiologie de l'audition », 8 janvier 2022 et 16 septembre 2022, UE Ateliers d'arts-thérapies « Sonification du mouvement » 16 septembre 2022.

Peyre I., Cours Master Création artistique, Université de Paris, M2 UE Évaluation des pratiques en arts-thérapies « Outils et modalités d'évaluations en musicothérapie et arts-thérapies », 28 février 2022, 3 mars 2022, 2 mai 2022, 6 décembre 2022; UE Ateliers d'arts-thérapies « Sonification du mouvement » 4 novembre 2022.

Peyre I., Cours Master Santé Sorbonne Université, M1 UE Neurosensorielles, « Musicothérapie, handicap moteur et neurosensoriel », 31 mars 2022.

Peyre I., Portrait métier, <https://www.ircam.fr/article/doctorante-par-iseline-peyre>

Peyre I., Thèse 1'30, <https://www.youtube.com/watch?v=5Z-eFUDDY>

Présentations au Forum Ircam 2022, 23 mars (ISMM News) et 25 mars 2022 (CoMo-Education, CoMo-Vox, Astérismes).

Schwarz D., Cours option science/musique, École Centrale de Nantes, février 2022.

Schwarz D., Séminaire de recherche Musical Theater, Chuchotements burlesques au Antwerp Research Institute for the Arts, initié par Alireza Farhang, janvier 2022.

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

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

Voillot M., Thèse 1'30, <https://www.youtube.com/watch?v=BAFaiFodK4A>

Résidence

Schwarz D., Résidence arts-sciences-sociétés, IMéRA institut de recherches avancées, Université Aix-Marseille 2022.

Organisation de colloque

Bevilacqua F., Organisation des ELEMENT Days, colloque scientifique final du projet ANR – ELEMENT – Enabling Learnability in Movement Interaction, 13-14 octobre 2022, Colloque avec des invités extérieurs au projet, et 21 octobre, Workshop, Ircam.

Jury de thèses, expertise et revues d'articles

Bevilacqua F., Rapporteur et jury de thèse de Laure Pretet, 24 janvier 2022, Télécom-Paris.

Co-Editor (Frédéric Bevilacqua), *Wearable Technologies*, special issue.

Comité de suivi de thèse (Frédéric Bevilacqua) : Paul Lascabettes.

Revue d'articles (Frédéric Bevilacqua) : *International Journal of Human, Computer Studies*, NIME, MOCO, Journées d'informatique théâtrale.

Revue d'articles (Victor Paredes) : *Creativity & Cognition*.

Revue de projet (Frédéric Bevilacqua) : ANR.

Reuves d'articles (Benjamin Matuszewski) : JAES, PAUC, SMC, AudioMostly, WAC.

Reuves d'articles (Diemo Schwarz) : 3 conférences SMC, ICMC, NIME, 1 revue CMJ.

■ Publications équipe Représentations musicales

Articles parus dans des revues à comité de lecture

Andreatta M., Guichaoua C., Juillet N. (2022), "New hexachordal theorems in metric spaces with a probability measure", à paraître dans les *Rendiconti del Seminario Matematico della Università di Padova*.

Besada J.-L., Guichaoua C., Andreatta M., "From Dürer's Magic Square to Klumpenhouwer Tesseraacts: On Melencolia (2013) by Philippe Manoury", *Music Analysis*, 41(1), 2022, p. 145-182.

Chew E., "COSMOS: Computational Shaping and Modeling of Musical Structures", *Frontiers in Psychology*, 2022, 13, p. 527539. <10.3389/fpsyg.2022.527539>. <hal-03714078>

Dubnov S., Gokul V., Assayag G., "Switching Machine Improvisation Models by Latent Transfer Entropy Criteria", *Physical Sciences Forum*, 2023, 5 (49), <10.3390/psf2022005049>. <hal-04010744>

Fyfe L., Bedoya D., Chew E., "Annotation and Analysis of Recorded Piano Performances on the Web", *Journal of the Audio Engineering Society*, 2022, 70 (11), p. 962-978. <10.17743/jaes.2022.0057>. <hal-03856199>

Golvet A., Goupil L., Saint-Germier P., Matuszewski B., Assayag G. et al., "With, against, or without? Familiarity and co-presence increase interactional dissensus and relational plasticity in freely improvising duos", *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2023. <hal-03957455>

Turian J., Shier J., Khan H. R., Raj B., Schuller B. W., Steinmetz C. J., Esling P., Bisk Y., "Hear: Holistic evaluation of audio representations", *Proceedings of Machine Learning Research*, 2022, p. 125-145.

Wang C., Benetos E., Lostanlen V., Chew E., "Adaptive Scattering Transforms for Playing Technique Recognition", *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 2022, 30, p. 1407-1421. <10.1109/TASLP.2022.3156785>. <hal-03629482v2>

Communications avec actes dans un congrès international

Bedoya D., Fyfe L., Chew E., "Creating Experiments with Cosmonote: Advancing Web-Based Annotations for Performed Music", 19th Sound and Music Computing Conference, juin 2022, Saint-Étienne, France. <hal-03714624>

Borg J., Assayag G., Malt M., "Learning Somax2 a Reactive Multi-Agent Environment for Co-Improvisation", SMC 2022 – Sound Music & Computing, juin 2022, Saint-Étienne, France.

Caillon A., Esling P., "Streamable Neural Audio Synthesis with Non-Causal Convolutions", International conference on Digital Audio Effects (DaFX 2022).

Chemillier M., Chen K., Malt M., Dubnov S., "A posthumous improvisation by Toots Thielemans", Toots Thielemans (1922-2016). A Century of Music across Europe and America, 2022, Royal Academy Brussels.

Dubnov S., Assayag G., Gokul V., "Creative Improvised Interaction with Generative Musical Systems", IEEE 5th International Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR), IEEE, août 2022, États-Unis, p. 121-126, <10.1109/MIPR54900.2022.00028>. <hal-04010750>

Fouilleul M., Giavitto J.-L., Bresson J., "A Poly-Temporal Programming Environment for Live Shows and Interactive Installations", Sound and Music Computing Conference (SMC), juin 2022, Saint-Etienne, France.

Fyfe L., Bedoya D., Chew E., "A Nutshell Guide to Annotating Recorded Piano Performances on the Web with CosmoNote", Web Audio Conference, juillet 2022, Cannes, France. <hal-03715778>

Graber E., Picasso C., "Viva Contemporary! Mobile Music Laboratory", Proceedings of the 30th ACM International Conference on Multimedia, ACM, p. 7248-7249, 2022. <10.1145/3503161.3549980>. <hal-03966854>

Lascabettes P., Agon C., Andreatta M., Bloch I., "Computational Analysis of Musical Structures based on Morphological Filters", MCM 2022, 8th International Conference Mathematics and Computation in Music, juin 2022, Atlanta, États-Unis, p. 267-278. <hal-03641511>

Lascabettes P., Guichaoua C., Chew E., "Generating Multiple Hierarchical Segmentations of Music Sequences Using Adapted Correlative Matrices", 19th Sound and Music Computing Conference (SMC 2022), juin 2022, Saint-Étienne, France. <hal-03780398>

Malt M., « Eliane Radigue, la quête du son à l'aube de l'écoute... », École thématique, Cycle « La traduction artistique du bouddhisme », France, 2022, p. 183. <hal-04001294>

- Malt M., Sluchin B., "Game Theory and formal structure in Xenakis's *Duel* (1959)1", *Meta – Xenakis Global Symposium 2022*, Rouen, France. (hal-04001280)
- Popoff A., Guichaoua C., Andreatta M., "An Interactive Tool for Composing (with) Automorphisms in the Colored Cube Dance", *Proceedings MCM 2022*, p. 41-47. (hal-03872875)
- Romero-García G., Bloch I., Agon C., "Mathematical Morphology Operators for Harmonic Analysis", *MCM 2022, 8th International Conference Mathematics and Computation in Music*, juin 2022, Atlanta, États-Unis, p. 255-266. (hal-03638362v2)
- Romero-García G., Guichaoua C., Chew E., "A Model of Rhythm Transcription as Path Selection through Approximate Common Divisor Graphs", *7th International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR)*, mai 2022, Marseille, France. (hal-03714207)
- Romero-García G., Lascabettes P., Chew E., "Automated Musical Rhythm Transcription of ECG RR Interval Time Series as a Tool for Representing Rhythm Variations and Annotation Anomalies in Arrhythmia Heartbeat Classifications", *Computing in Cardiology*, septembre 2022, Tampere, Finlande. (hal-03779244)
- Turian J., Shier J., Khan H. R., Raj B., Schuller B. W., Steinmetz C. J., Esling P., Bisk Y., "Hear: Holistic evaluation of audio representations", *NeurIPS 2021 Competitions and Demonstrations Track*, juillet 2022.

Chapitre d'ouvrage

- Andreatta M., « *Morricone ou la fabrique artisanale des tubes entre inspiration et techniques savantes* », in Chloé Huvet (dir.), *Ennio Morricone: Et pour quelques notes de plus...*, Éditions Universitaires de Dijon, 2022, p. 157-170. (hal-03872887)

Thèse, mémoires et travaux universitaires

- Ben-Amar I., "Mapping and clustering of audio descriptors spaces", *Internship L3 Université Aix Marseille*. 2022 (dir. Jérôme Nika, Tristan Carsault).
- Chardon C., Diels A., Gobbi F., "Melodizer 2.0: A Constraint Programming Tool for Computer-aided Musical Composition", *École polytechnique de Louvain, Université catholique de Louvain*, 2022. Prom. : Van Roy Peter et Haddad Karim, <https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/object/thesis:35691>
- Costa S., « Co-improvisation Homme-Machine : cas idiomatique de la musique Flamenco et questions relatives au rythme », *Master 2 Informatique U. Nantes, STMS/CAMS*. Dir. : M. Malt, M. Chemillier.
- Fouilleul M., « Un environnement de programmation temporelle pour le spectacle vivant et les installations artistiques », *PhD thesis, Sorbonne Université, STMS*, janvier 2023.
- Lanzarotto G., "Tiling Problems in Music and Fuglede Spectral Conjecture", *thèse de doctorat en cotutelle Université de Pavie/Université de Strasbourg* (dir. L. Pernazza et M. Andreatta), soutenue le 29 septembre 2022.
- Sprockeels D., "Melodizer: A Constraint Programming Tool for Computer-aided Musical Composition", *Master's report, École polytechnique de Louvain, Université catholique de Louvain*, 2022. Prom. : Van Roy P. Cosupervision J. Bresson, K. Haddad.

Articles de vulgarisation, articles de presse et interventions dans la presse, radio, Internet

- "High blood pressure? A heart app prescribes musical therapy", *The EC Science & Innovation Magazine*, 31 janvier 2023, <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/high-blood-pressure-heart-app-prescribes-musical-therapy>

- « À Strasbourg, musique, poésie et mathématiques ne font qu'un », Émission RCF Alsace consacrée à Moreno Andreatta, série « Le grand entretien » (présentée par Bénédicte Bossard), <https://www.alsace.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/radio-strasbourg-musique-poesie-et-mathematiques-ne-font-quun>
- « Entendons-nous tous pareil ? », *42 - La réponse à presque tout*, Documentaires et reportages du 14 octobre 2021 au 11 novembre 2024, www.arte.tv/fr/videos/101938-002-A/42-la-reponse-a-presque-tout / youtu.be/JcxhaGdapE0
- « Les prix de l'Académie rhénane », *Dernières Nouvelles d'Alsace*, 14 juillet 2022 (à l'occasion du Prix Science 2022 à Moreno Andreatta).
- « Musique et mathématiques : histoire d'une rencontre », vidéo pédagogique conçue par Moreno Andreatta et Marie Marty dans le cadre du projet ProAppMaMu (avec sous-titrage en anglais, 2022), <https://www.youtube.com/watch?v=6l255y7d6tg&t=24s>
- Andreatta M. et Grob L., « La formule pour faire un tube », *Curieux Festival, Université de Strasbourg*, 18-23 avril 2022, https://www.youtube.com/watch?v=iSx2LzitykQ&ab_channel=LeCurieuxFestival
- Assayag G., "A scientist's opinion: Interview with Gérard Assayag on AI in music", *European Science-Media Hub (ESMH)*, 24 février 2023, <https://sciencemediahub.eu/2022/08/31/a-scientists-opinion-interview-with-gerard-assayag-on-ai-in-music>
- Assayag G., "Forbes: Research Project Will Study How AI Can Be Used In Creative Collaboration", par Eva Amsen, cité par l'European Research Council, 2022.
- Assayag G., Dubnov S., "Computers in a Jazz Ensemble? Inventing Improvisational AI", *UC San Diego News Center Publications*, 13 janvier 2022.

- Assayag G., Émission sur la cocreativité et REACH sur l'émission de radio *Pour Qui Sonne le Jazz*, 1^{er} février à 9h30 sur TSFJAZZ.
- Bedoya D., "How to Use CosmoNote", 15 janvier 2022, https://youtu.be/_G4eTdfyqQk
- Chemillier M., Compte rendu dans *Quadrature*, magazine de mathématiques, (n° 125 de juillet-août 2022) de la journée XENAKIS du 12 mai organisée par le CAMS et l'ERC REAC, <https://www.quadrature-mag.fr/>
- Chew E., "Arrhythmia Suite 3 in CosmoNote: Ventricular Ectopics with short Ventricular Tachycardia Runs", <https://youtu.be/8XIZFftj11g>, 6 décembre 2022
- Chew E., "Stolen Rhythma 1-6 in CosmoNote: Atrial Fibrillation ECG excerpts with matching music", 21 novembre 2022, <https://youtu.be/NzAnYpqY8tM>
- Documentaire *Images d'une œuvre* n° 29 : « Ex Machina » de Steve Lehman et Frédéric Maurin, création dans le cadre du festival Présences le vendredi 11 février à la Maison de la radio.
- Giavitto J.-L., « La composition assistée par intelligence artificielle », entretien avec Jérémie Spierglass, *L'Étincelle* n° 22, juin 2022.
- Giavitto J.-L., « Manipuler la voix, de Farinelli au deepfake (entretien) », *Balise*, magazine en ligne de la BPI, Centre Pompidou, janvier 2023, <https://balises.bpi.fr/manipuler-les-voix/>
- Giavitto J.-L., Interview (30 min) avec Jean-Baptiste Urbain dans le cadre des Matinales de France Musique (séquence « L'invité(e) du jour », mercredi 8 juin 2022.
- Graber E., Picasso C., Chew E., "Viva Contemporary! Mobile Music Laboratory", Kudos Research Showcase, octobre 2022, <https://www.growkudos.com/publications/10.1145%2F5252F3503161.3549980/reader>
- Interview d'A. Markeas et J. Nika, https://www.youtube.com/watch?v=Ec5gJaSKnB4&feature=emb_logo&ab_channel=TimAllman
- Lambiase P., "Annotating Stolen Rhythms II: Siciliane", <https://youtu.be/202KbFC0Wz0>
- Lambiase P., "Annotating Stolen Rhythms III: Tango", 6 décembre 2022, <https://youtu.be/F79Fg9eZevE>
- Lambiase P., "Annotating Stolen Rhythms VI: Adagio", 6 décembre 2022, <https://youtu.be/8NHPGH8m35I>
- Lascabettes P., « Mathémusique », plusieurs vidéos grand public consacrées aux rapports maths/musique : <https://www.youtube.com/channel/UC-j6ewoHVrpFGIXuSgYo03g>
- Lascabettes P., « Quand la gamme donne le la », Émission *Eurêka*, France Culture, 22 juillet 2022, <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/eureka/quand-la-gamme-musicale-donne-le-la-5449318>
- Conférences invitées, séminaires, communications**
- Andreatta M., "Music and Math: the reason of a match", invited conference-concert, Italy Sounds Classic, Bologne, 9-11 juin 2022.
- Andreatta M., "Prima la musica! Some thoughts on Iannis Xenakis' table of correspondences between the development of music and mathematics", VIIth MusMat International Conference, 21 octobre 2022.
- Andreatta M., "Rhythmic Tiling Canons: theoretical aspects and compositional applications", invited talk at the Conservatory of Music of Trento, 30 novembre 2022.
- Andreatta M., "The Music of Maths: a 'mathemusical' journey", IMA Maths in Music Conference, Londres, 13-15 juillet 2022.
- Andreatta M., « Mathématiques, dessinez-moi la musique », PAF, ENS-Lyon, 19-20 mai 2022.
- Andreatta M., Mandeix L., « Maths'n Pop, conférence-concert », Théâtre Kanton, ENS-Lyon, 19 mai 2022, <https://popsciences.universite-lyon.fr/agenda/mathsn-pop-conference-concert/>
- Assayag G., Keynote "Co-Creativity and symbolic interaction: the REACH Project", DIMMI 2022, 25-26 novembre 2022, Trento, Dictionary for Multidisciplinary Music Integration, <https://event.unitn.it/dimmi2022>
- Assayag G., Keynote, Célébration des 75 ans d'informatique en France, LIP6 et IRIF, 9 mai 2022, Sorbonne Université - Faculté des Sciences.
- Assayag G., Keynote, The Role of Art in Advanced Technology, Fondation France-Japon de l'EHESS, 18 février 2022, <https://www.ehess.fr/fr/conference/role-art-advanced-technology>
- Assayag G., Malt M., Workshop à l'université de Strasbourg autour du projet REACH et la cocreativité humains-machines, novembre 2022.
- Chemillier M., "A posthumous improvisation by Toots Thielemans", A recreation of Toots Thielemans improvisation by REACH AI tools (Djazz) and SOTA deep learning methods for Audio Source Separation (Ke Chen, Dubnov *et al.*), Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles, 10 mai 2022, <https://www.kbr.be/en/agenda/toots-colloquium>
- Chemillier M., Chen K., Malt M., Dubnov S., "A posthumous improvisation by Toots Thielemans", Toots Thielemans (1922-2016). A Century of Music across Europe and America, 2022.
- Chew E., "At the Heart of Music: Performance and Perception Analytics", CUDAN (Cultural Data Analytics) Open Lab Distinguished Speaker Series, Tallinn University, Estonie, 12 décembre 2022.
- Chew E., "Music and Cardiology: What's Your Heart Got to Do with Music?", Keynote Speaker, Music & Mathematics Lecture Series, (Inter)Mediation, Music – Mediation – Context Program, University of Salzburg/University Mozarteum Salzburg, Autriche, 17 mars 2022.
- Chew E., "Music and the Heart: A Math-Tech Perspective", Sir John Manduell Research Forum, hosted by Centre for Practice & Research in Science & Music (PRISM), Royal Northern College for Music, Manchester, Angleterre, 19 octobre 2022.

- Chew E., "Music as Mechanism for Cardiology Insights", Music and Medicine in Cross-Cultural Perspective, A symposium sponsored by the Leslie Center for the Humanities and Department of Music, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire, États-Unis, 22-23 avril 2022, aum.dartmouth.edu/musmed
- Chew E., "Music, Heart, and Brain: An Eternal Golden Braid", Invited Speaker Series of the MSc programme in Music, Mind and Brain & Psychology of Aesthetics, Neuroscience and Creativity, Goldsmiths University of London, Angleterre, 15 décembre 2022.
- Chew E., "Music, Heart, Brain: An Eternal Golden Braid", KCL Engineering Society Speaker Series, King's College London, Angleterre, 9 décembre 2022.
- Chew E., "On musical hearts and heart music", Keynote Speaker, 23rd International Conference on Digital Audio Effects (DAFx2020in2022), Vienna University of Music and Performing Arts, Vienne, Autriche, 7-9 septembre 2022.
- Chew E., "Renee Timmers and Elaine Chew in conversation about music, performance and data", UK Arts and Humanities Research Council Datasounds, Datasets and Datasense Research Network virtual seminar series (online), 31 janvier 2022.
- Chew E., "What does music tell us about heart rhythm disorders, what does the heart tell us about music?" (Que nous apprend la musique sur les troubles du rythme cardiaque, que nous apprend le cœur sur la musique ?), Conférence Exceptionnelle, 8^e Journées annuelles de la filière Cardiogen réservées aux professionnels de santé, Université de Bordeaux, Campus Victoire, Bordeaux, France, 1^{er} avril 2022.
- Chew E., "What Music Tells Us About the Heart and What the Heart Tells Us About Music", Cardiovascular Seminar Series, British Heart Foundation Centre of Research Excellence, School of Cardiovascular and Metabolic Medicine & Sciences, Faculty of Life Sciences and Medicine, King's College London, Angleterre, 15 juillet 2022.
- Chew E., « La musique : un outil d'analyse en cardiologie (lecture-démonstration) », Les Rencontres Lyonnaises de cardiologie, Lyon, France, 7-8 avril 2022.
- Esling P., "Creativity at the era of artificial intelligence", ZKM Talk, Munich.
- Giavitto J.-L., « Raccorder le temps de l'homme et le temps de la machine », Conférence invitée dans le cadre de SCRIME : 20 ans de recherche et de création, Bordeaux, 24-25 juin 2022, <https://scrim.u-bordeaux.fr/Agenda/SCRIME-20-ANS-de-Recherche-et-de-Creation>
- Giavitto J.-L., Discussion « IA et Science-Fiction » avec Natacha Van Dereys, dans le cadre d'une soirée organisée par SOPHIA à Sorbonne Université, 13 décembre 2022.
- Malt M., "Benny Sluchin. Game Theory and formal structure in Xenakis's *Duel* (1959)1", Meta – Xenakis Global Symposium 2022, Rouen, France. (hal-04001280)
- Malt M., « Eliane Radigue, la quête du son à l'aube de l'écoute... », École thématique, Cycle « La traduction artistique du bouddhisme ».
- Malt M., « La théorie des jeux chez Xenakis », Journée Xenakis, CAMS/ISC-PIF, 12 mai 2022.
- Malt M., Chemillier M., Costa D., « Co-improvisation homme-machine : incursion du logiciel Djazz dans le flamenco », Séminaire « Modélisation des savoirs musicaux relevant de l'oralité » de l'EHESS avec Dominique Costa (chercheuse) et de Cristóbal Corbel (guitariste flamenco) dans le cadre de REACH, 1^{er} février 2023, https://youtube.com/live/Jlqx_R2s08M
- Malt M., Presentation and performance by Mikhail Malt and Benny Sluchin on Somax2, Ircam Workshop Forum 23-25 mars 2022, <https://forum.ircam.fr/article/detail/reach/>
- Malt M., SMC 2022 – Saint-Étienne Session Poster sur Somax2.
- Nika J., Muller A., Poletti M., « La librairie DICY2 : composer et interagir avec des agents génératifs », Mercredis de STMS, mercredi 30 novembre 2022, sortie de la librairie DICY2, une collection d'agents et d'outils pour la génération interactive de séquence pour l'interaction improvisée, https://www.youtube.com/watch?v=Co_9xZTFPEs
- Nika J., Presentation of Rémi Fox's Residence in research and Creation with Jérôme Nika., 1^{er} juin 2022, « Hi. A. – Hippocampe Artificiel », préparation de l'album du duo « C'est pour ça » (Fox/Nika).
- Nika J., Presentation on DYC12, Ircam Forum Workshop 23-25 mars 2022, Jérôme Nika and Rémi Fox installation « C'est Pour Quoi », <https://forum.ircam.fr/article/detail/jerome-nika-composing-musical-interaction-or-narration-with-generative-agents-dyci2-and-om-dyci2/>, <https://forum.ircam.fr/article/detail/cest-pour-quoi/>

Collaborations artistiques

Création musicale en relation avec la recherche

Andreatta M., sortie du CD *Un racconto* (avec le collectif Le bateau ivre) pour le label Storie di Note (EGEA Music Distribution). Il s'agit d'un album-concept sur des textes du poète vénitien Leonardo Mello, mis en musique par trois compositeurs (Moreno Andreatta, Alberto D'Este et Giovanni Dell'Olivo). Les compositions de Moreno Andreatta utilisent explicitement la structure géométrique du Tonnetz pour la conception de progressions harmoniques atypiques. Le CD est disponible sur Spotify et d'autres plateformes de distribution en ligne.

Eldar S., Création mondiale de *Like Flesh*, un opéra de chambre multimédia créé à l'Opéra de Lille en janvier 2022. Le système Antescofo est utilisé de manière cruciale dans cet opéra pour produire les séquences musicales jouées par 62 haut-parleurs au milieu du public. Ce projet, coproduit par l'Ircam, se voit décerner le Prix FEDORA Opéra 2021 qui récompense les productions lyriques et européennes les plus innovantes. Jean-Louis Giavitto a travaillé avec Augustin Muller et Sivan Eldar pour le développement d'une nouvelle écriture de l'espace fondée sur l'immersion et la synchronisation spatiale plutôt que sur la localisation de sources sonores ponctuelles, et pour la réalisation de l'électronique.

Malt M., Conférence Meta-Xenakis, à Rouen. Première de Keren2.0+Somax2, 29 septembre 2022 (M. Malt, B. Sluchin).

Malt M., Sluchin B., Assayag G., Chemillier M., Co-organisation et participation à la Journée d'études en hommage à Iannis Xenakis, jeudi 12 mai 2022, CAMS/EHESS, ISC-PIF, Ircam, deux performances Somax2 avec Bernard Lubat et Pavlos Antoniadis autour du concept d'extension cocreative de Xenakis. Mikhail Malt et Pavlos Antoniadis: piano + ordinateur, extension IA d'Evryali avec Somax2: Gérard Assayag et Marc Chemillier, improvisation avec Bernard Lubat.

Malt M., SMC 2022 – Saint-Étienne, participation au concert, avec un ensemble d'improvisations autour de Somax2: Simone Conforti (EWI), Mikhail Malt (Somax2) (Dots, Lines), Benny Sluchin (trombone), Mikhail Malt (Somax2) (Extending Cage, Extending Scelsi), https://youtu.be/_XJHsGcg21A?t=2345

Malt M., Soirée Improvisation Musique aux Mines, Benny Sluchin, Mikhail Malt, https://medias.ircam.fr/x5d2789_soiree-improvisation-mikhail-malt-benny

Nika J., *Ex Machina*, Orchestre national de jazz avec Steve Lehman (compositeur, saxophoniste, Festival Présence à la Maison de la radio, février 2022). Pour la première fois, DYCI2 est partenaire d'improvisation pour les solistes de l'ONJ, et une machine d'orchestration participant au son d'un orchestre de plus de 20 musiciens. Les critiques sont très élogieuses sur cette première artistique et technologique où le jazz rejoint la musique contemporaine sous la houlette de Steve Lehman (J. Nika, électronique générative et collaborations artistiques).

Stroppa M., *Come play with me*, création de la nouvelle version (juin 2022 à la Cité de la musique). Le contrôle du Totem est réalisé par une bibliothèque Antescofo permettant de piloter le mouvement des sons électroniques dans les haut-parleurs du Totem.

Résidences recherche création

Résidence de recherche et création de Rémi Fox et Jérôme Nika, équipe Représentations musicales pour le projet « C'est pour ça », 2021-2022.

Résidences de Steve Lehman et l'Orchestre national de jazz avec Jérôme Nika dans l'optique de la création du projet « Ex Machina » en 2022, soutenu par le projet REACH, avec Fred Maurin, directeur de l'ONJ, 2021-2022.

Résidence de Maxime Mantovani, compositeur, Pôle ACIDS, P. Esling.

Résidence REACH Joëlle Léandre, expérimentations en cocreativité et improvisation avec Somax2.

Résidence REACH Hervé Sellin, expérimentations en cocreativité et improvisation avec Somax2.

■ Publications équipe Perception et design sonores

Articles parus dans des revues à comité de lecture

Delle Monache S., Misdariis N., Özcan, E., "Semantic models of sound-driven design: Designing with listening in mind", *Design Studies*, 83, 2022, 101134.

Frid E., Panariello C., Núñez-Pacheco C., "Customizing and Evaluating Accessible Multisensory Music Experiences with Pre-Verbal Children – A Case Study on the Perception of Musical Haptics Using Participatory Design with Proxies", *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(7), 55, 2022, <https://hal.science/hal-04029043>

Guerouaou N., Vaiva G., Aucouturier J.-J., "The shallow of your smile: the ethics of expressive vocal deep-fakes", *Phil. Trans. R. Soc.*, 2022, B377202100832021008.

Luca S., Misdariis N., Calleo A., "Designing Sounds Means Designing Relationships: A New Approach to Sound Design for Addressing Sound-Related Issues in Contemporary Design Projects", *diid—disegno industriale industrial design*, (78), 8-8, 2022.

Misdariis N., Özcan E., Grassi M., Pauletto S., Barrass S., Bresin R., Susini P., "Sound experts' perspectives on astronomy sonification projects", *Nature Astronomy*, 1-7, 2022.

Rosi V., Arias P., Houix O., Misdariis N., Susini P. (in Review), "Shared Mental Representations Underlie Metaphorical Sound Concepts", *Scientific Reports*, <https://doi.org/10.31234/osf.io/29qvt>

Rosi V., Houix O., Misdariis N., Susini P., "Investigating the shared meaning of metaphorical sound attributes: Bright, warm, round, and rough", *Music Perception*, 39(5), 2022, 468-483. [hal-03687247v1]

Rosi V., Ravillion A., Houix O., Susini P., "Best-worst scaling, an alternative method to assess perceptual sound qualities", *JASA Express Letters*, 2(6), 2022, 064404. [hal-03704029v1]

Souaille T., Petiot J.-F., Misdariis N., Lagrange M., "An interactive bi-objective optimisation process to guide the design of electric vehicle warning sounds", *Design Science*, 8, 2022, e26. [hal-03865223]

Wang L., Ong J. H., Ponsot E., Hou Q., Jiang C., Liu F., "Mental representations of speech and musical pitch contours reveal a diversity of profiles in autism spectrum disorder", *Autism*, 2022, 1362361322111207.

Communications dans un colloque national ou international

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

Bouvier B., Susini P., Marquis-Favre C., Misdariis N., « Étude de la saillance auditive: analyse de l'influence de la brillance par la méthode du singleton additionnel », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, <https://hal.science/hal-03848382>

Fraisse V., Schütz N., Wanderley M., Guastavino C., Misdariis N., "Planning and evaluating the impact of a sound installation in a Parisian public space", Union géographique internationale (UGI) Conference Proceedings, juillet 2022.

Fraisse V., Schütz N., Wanderley M., Guastavino C., Misdariis N., "Informing sound art design in public space through soundscape simulation", INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 2022.

Fraisse V., Nicolas E., Schütz N., Ribeiro C., Misdariis N., « Évaluer l'impact d'installations sonores sur la perception du paysage sonore urbain : cas d'étude d'une place publique parisienne », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022. [[hal-03848431v1](https://hal.science/hal-03848431v1)]

Frid E., Panariello C., "Haptic Music Players for Children with Profound and Multiple Learning Disabilities (PMLD) – Exploring Different Modes of Interaction for Felt Sound", International Congress on Acoustics (ICA2022), 26 octobre 2022, Gyeongju, Corée du Sud, <https://hal.science/hal-04029009>

Ljungdahl Eriksson M., Otterbring T., Frid E., Falkenberg K., "Sounds and Satisfaction: A Novel Conceptualization of the Soundscape in Sales and Service Settings", Nordic Retail and Wholesale Conference (NRWC), 9 novembre 2022, Tampere, Finlande, <https://hal.science/hal-04028977v1>

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

Ponsot E., "Impact of cochlear synaptopathy on speech-in-noise perception: Psychophysical and electrophysiological markers based on temporal fine structure coding fidelity", 13th Speech-in-Noise Workshop, janvier 2022.

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

Richards C., Misdariis N., Cahen R. "The Reciprocity of Speculative and Product Design Research in an Industrial Framework", Haptic and Audio Interaction Design: 11th International Workshop, HAID 2022, Londres, Angleterre, 25-26 août 2022, Proceedings (p. 81-91), Springer International Publishing.

Rosi V., Houix O., Misdariis N., Arias P., Susini P., « Étude des similarités et des spécificités dans la perception d'attributs sonores », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, avril 2022. [[hal-03848182](https://hal.science/hal-03848182)]

Salais L., Arias P., Le Moine C., Rosi V., Teytaut Y., Obin N., Roebel A., "Production Strategies of Vocal Attitudes", Interspeech 2022, p. 4985-4989, ISCA, <https://hal.science/hal-03881495>

Souaille T., Misdariis N., Petiot J. F., Lagrange M., « Conception interactive en design sonore – Réduction d'un espace de design appliquée aux sons d'usage du véhicule autonome », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022. [[hal-03847796v1](https://hal.science/hal-03847796v1)]

Susini P., Houix O., Misdariis N., Faramaz P., Pellerin G., "The SpeaK project: A collaborative platform for presenting and sharing sound lexicons", 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, <https://hal.science/hal-03847799>

Susini P., Houix O., Wenzel N., Ponsot E., "Beyond the musician vs. non-musician dichotomy: Evidence for a multi-step reorganization of auditory processing with musical learning", 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Marseille, France, <https://hal.science/hal-03848181>

Chapitre d'ouvrage

Frid E., "Musical Robots – Overview and Methods for Evaluation", *Sound and Robotics*, CRC Press. (Ed. Richard Savery), accepté, en préparation.

Thèse

Rosi V. (2022). "The metaphors of sound: From semantics to acoustics. A study of brightness, warmth, roundness, and "roughness," thèse n° 2022SORUS433, Sorbonne Université, <https://theses.hal.science/tel-03994903>

Autres activités

Contributions au laboratoire, à l'équipe

Accueil stages d'observation de 3^e.

Élection de P. Susini et E. Ponsot au Groupe perception sonore (GPS) de la Société française d'acoustique.

Gestion des articles/news de la page web PDS.

Intégration de l'équipe PDS au réseau « Modulation Group » qui rassemble plusieurs équipes de recherches fondamentales et cliniques en audition à Paris (l'INCC à l'Univ. Paris Cité, le Laboratoire des systèmes perceptifs à l'ENS, l'équipe Audition/ORL de l'hôpital Robert Debré et l'Institut Arthur Vernes). Le groupe se réunit périodiquement (1 à 2 fois par mois) dans l'un des laboratoires partenaires autour d'une présentation scientifique d'un étudiant/chercheur de ce réseau ou d'un invité extérieur.

Liens avec Amplify, suivi des travaux de Romain Barthelemy et Matthieu Fraticelli.

Pédagogie

Coordination, pour l'Ircam, de la mention Design sonore à l'ESAD TALM Le Mans. La formation a été présentée au Forum des métiers du son en ligne (16 janvier 2022) dans le cadre de la Semaine du son ainsi que lors des Journées portes ouvertes de l'Ircam.

Enseignements: conférences pour les cours Sound in Interaction et Human Perception for Information Technology (KTH Royal Inst. of Technology, Suède), et Innovation in Music Production (KMH Royal Coll. of Music, Suède).

Enseignements : M1 et M2 DNSEP Design sonore (ESAD TALM Le Mans); 3^e année Ingé., option « musique et science » (Ec. Centrale Nantes); option « Design acoustique » (UTC).

Enseignements : M2 Musicologie et conception sonore (Univ. Aix-Marseille), cours pour Audible Universe Workshop.

Organisation et encadrement du workshop applicatif avec l'association Tarmac (Sarthe) sur le thème de la valorisation de la parole des personnes en grande précarité, avec des étudiants du DNESP Design sonore et de la formation Design et territoires d'ESAD TALM Le Mans (14 octobre-25 novembre 2023).

Séminaires : ESAD TALM Le Mans (L2).

Événements

Co-organisation Workshops :

The Audible Universe #2 (Lorentz center).

Atelier « Outils et méthodes pour le design sonore d'IHM » pour le GT-SON (AFIHM).

Co-organisation conférences/sessions thématiques :

“Intelligence in restorative environments”, conférence Healthcare Systems Ergonomics and Patient Safety (HEPS2022).

“Sound and Design”, conférence de la Design Research Society (DRS2022).

Séminaires STMS et Forum Ircam : 2 séminaires (18 mai, 2 octobre).

Co-organisation Congrès : “New Interfaces for Musical Expression” (Nouvelle-Zélande, virtuel), paper co-chair (2022, juin-juillet).

Séminaires invités : Institut de l'audition (Paris), LMA (Marseille).

Organisation de sessions spéciales en design sonore pour Forum Acusticum 23.

Montage de projets/Financements obtenus

ANR JCJC (E. Ponsot) projet INSPECTSYN (2023-2026).

Écriture et dépôt au Comité de protection des personnes (CPP) du projet : TraumaVoice : traitement du trouble de stress post-traumatique par la psychothérapie d'exposition en imagination augmentée par le vocal feedback (n° de code attribué par le promoteur 2022_0525).

Montage et obtention d'un projet de recherche-crédation industrielle avec Renault Group.

Montage et obtention d'un projet de recherche-crédation industrielle avec Renault Group/Alpine.

Montage et obtention d'un projet de recherche-crédation industrielle avec Renault Group/UTC/ANRT (thèse CIFRE Matthieu Duroyon).

Montage et obtention du projet de recherche-action ministère de la Culture avec Rodolphe Alexis, intitulé « Mediums, Milieux, Écoutes, Récits des cosmophonies aux communs auditifs », qui aboutira à deux journées d'étude pour la Biennale Le Mans Sonore 2024.

Montage et obtention du projet Porte-Voix auprès du RFI Ouest Industries créatives en partenariat avec l'ESAD TALM Le Mans et l'association Tarmac d'aide à la grande précarité dans le cadre du workshop applicatif DNSEP Design sonore.

Participation à la rédaction d'un projet Collegium Musicae sur l'écoute musicale avec APM.

Participation à la rédaction d'un projet de thèse CIFRE-IFF.

Participation à la rédaction de trois propositions suédoises (financement NAVET Music for all).

Programme CNRS MITI, projet HEARDEVCOMP, collab. E. Ponsot, L. Cabrera (INCC).

Projet Collegium Musicae « Sur la piste de l'écoute musicienne », collab. P. Susini, E. Ponsot, C. Canonne (APM).

Tremplin nouveaux entrants (E. Ponsot), Sorbonne Université.

Expertises scientifiques

Jury Master M2

Membre CSI Q. Consigny.

Membre du jury du concours « 2068, place au son ! » organisé par Cécile Regnault et Gilles Paté, dans le cadre de la Semaine du son à l'Unesco (Paris).

Review pour revues/conferences : JASA, *Applied Acoustics*, SMC, JAES, *IEEE Trans. on Haptics*, *Journ. of New Music Research*, *ACM Trans. on HRI – Sound in HRI*, *Trans. of the Int. Soc. for Music Information Retrieval*, MDPI MTI, SMC, HAID, *Audio Mostly*, ACM CHI, ACM TEI, DRS – *Sound and Design*, BNAIC/ BENELEARN, *Trends in Hearing*.

Rapporteur thèse (PhD) N. Davanzo, Univ. Milan, Italie.

Rapporteur thèse (Master) M. Lesterberg, Univ. of Oslo, Norvège.

Groupe de travail : coréférent du GT-Son de l'AFIHM : « Interfaces sonores ».

<https://sites.cnam.fr/GTson/>

Rédaction d'un Special Issue, *Frontiers in Computer Science/ Frontiers in Psychology* (“New Advances and Novel Applications of Music Technologies for Health, Well-Being, and Inclusion”).

Diffusion des connaissances

“Accessible Music Technology in Research”, Accessible Music Technology Conference, septembre 2022 (en ligne).

« Fake news et éthique des deep fakes émotionnels », conférence *Fake news* et l'infodémie, Université Franche Comté, 20 janvier 2022):

« Infox : des chercheurs comtois enquêtent sur les hypertrucages », *L'Est Républicain*, 30 janvier 2022.

« L'étonnante acceptabilité des deep fakes », tribune dans *Libération*, 7 janvier 2022; *CNRS Le Journal* (web), 7 janvier 2022; *News CNRS* (web), 17 janvier 2022 et *CNRS Le Journal* (papier), trimestriel n° 307, mars 2022.

« Rendre sa voix plus souriante : deep fakes et filtres vocaux émotionnels », AOC, juillet 2022.

Communication orale : « Éthique et acceptabilité morale des filtres vocaux émotionnels », colloque international Ruser avec l'information : fake news et théories du complot de l'Antiquité à nos jours, 2 décembre 2022.

Interview : "What Should a Nine-Thousand-Pound Electric Vehicle Sound Like?", *New-Yorker*, 1^{er} août 2022.

Interview : « Dans la mythique chambre anéchoïque de l'Ircam », *Radio Nova*, 20 avril 2022.

Interview : « L'appel du 18 juin du général de Gaulle reconstitué pour la première fois », *Le Monde*, 18 janvier 2023.

Participation Projet Vidéo *Le Monde* : Reconstitution du discours du 18 juin du général de Gaulle sur les aspects éthiques.

Séminaire invité : "The Ethics of Expressive Vocal Deep-Fakes", Yotsumoto lab, Université Today, Tokyo, Japon, novembre 2022.

Séminaire invité : « Éthique des transformations vocales émotionnelles ou *deep fakes* vocaux », Mercredis de STMS, Ircam, Paris, France, février 2022.

Table ronde « Fictions-Science : manipuler les voix », Ircam et France Culture, Paris, 13 janvier 2023.

Table-ronde « Voix chantée, récit et intime », Festival Présence, Maison de la radio et de la musique & Futurs Composés, 11 février 2023.

■ Publications équipe Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments

Articles parus dans des revues à comité de lecture

Carré P., Bensoam J., "Sound synthesis of a 3D nonlinear string using a covariant Lie group integrator of a geometrically exact beam model", *Journal of Sound and Vibration*, 2023, 544, p. 117354. [\(hal-03842726\)](#)

Caussé R., Picard F., De Lavenère V., « Fracture, fonctionnement et variété des orgues à bouche sheng et khène », *Circuit – Musique contemporaine : L'orgue à bouche entre Extrême-Orient et Occident. L'invention d'un répertoire contemporain*, vol. 32 n°1, p. 17-36, 2022.

Roze D., "Interactions between nonlinear resonators represented in Volterra series", *Journal of Sound and Vibration*, 2022, 520, p. 116590. [\(hal-03447059\)](#)

Thibault A., Chabassier J., Boutin H., Hélie T., "Transmission line coefficients for viscothermal acoustics in conical tubes", *Journal of Sound and Vibration*, 2022, 543, p. 117355. [\(hal-03794474\)](#)

Communications invitées dans un congrès national ou international

Hélie T., "On nonlinear oscillations in audio and musical acoustics: modelling, simulation, visualization", Introductory presentation to the ENOC conference, European Nonlinear Dynamics Conference, juillet 2022, Lyon, France. [\(hal-03779437\)](#)

Hélie T., « Problèmes différentiels causaux fractionnaires et irrationnels : outils pour la simulation de systèmes linéaires ou faiblement non linéaires », Congrès français de mécanique – colloque Paul Germain, avril 2022, Nantes, France. [\(hal-03787041\)](#)

Hélie T., Picasso C., Piéchaud R., Jousserand M., Colinot T., "Variations on the Snail-Analyser and its spectral estimates for the accurate tuning of musical sounds: a strobe tuner like display", 31st International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2022, septembre 2022, Portoroz, Slovenie. [\(hal-03782993\)](#)

Communications avec actes dans un congrès national ou international

Boutin H., Besnainou C., « De la préhistoire des instruments de musique augmentés à quelques résultats récents », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Caussé R., Picard F., De Lavenère V., « Fonctionnement et variété des orgues à bouche à tuyaux d'Asie : sheng, khène et shô », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Ernoul A., Boutin H., Cabaret J., Chabassier J., Colinot T., Dalmont J.-P., Doc J.-B., Fabre B., Félix S., Fréour V., Pachebat M., Silva F., Viala R., « Étude comparative collaborative des modèles pour le calcul d'impédance d'instruments à vent », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Forma L., Jossic M., Boutin H., Wilkie-Chancellor N., Le Conte S., "Experimental design of an active vibration control device used to protect cultural heritage objects", Inter-Noise 2022, août 2022, Glasgow, Angleterre.

Forma L., Wilkie-Chancellor N., Boutin H., Le Conte S., Jossic M., « Contrôle adaptatif de vibrations dans le cadre de la préservation des objets du patrimoine », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Forma L., Wilkie-Chancellor N., Le Conte S., Jossic M., Boutin H., "Vibrations and cultural heritage preservation: a new approach to protect objects", 5th International Conference on Innovation in Art Research and Technology, InArt2022, 28 juin-2 juillet 2022, Paris, France.

Hélie T., Matignon D., "Nonlinear damping laws preserving the eigenstructure of the momentum space for conservative linear PDE problems: a port-Hamiltonian modelling", European Nonlinear Dynamics Conference, juillet 2022, Lyon, France. [\(hal-03779442\)](#)

Le Carrou J.-L., Caussé R., « Acoustique d'un cordophone de l'Égypte ancienne : étude de la copie de la harpe arquée de Dra' Abou El-Naga », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Martos V., Boutin H., Hélié T., d'Andréa-Novel B., « Contrôle actif de résonateur de cuivre : approche linéaire avec transducteurs colocalisés », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Roze D., Hélié T., Rouhaud E., « Vibration d'une corde non linéaire : vers une formulation covariante », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Roze D., Raibaud M., Geoffroy T., « Discrétisation par la méthode des éléments finis dans le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports : application à la synthèse sonore d'une corde non linéaire », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Thibault A., Boutin H., Chabassier J., Hélié T., "Thermoviscous acoustic propagation in thin rough tubes", 15th International Conference on Mathematical and Numerical Aspects of Wave Propagation, WAVES2022, juillet 2022, Palaiseau, France.

Thibault A., Chabassier J., Boutin H., Hélié T., « Modélisation de l'influence d'une paroi poreuse sur la propagation acoustique dans un instrument à vent », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Viala R., Boutin H., Cabaret J., Colinot T., Dalmont J.-P., Doc J.-B., Ernoul A., Fabre B., Fréour V., Pachebat M., Silva F., « Mise en place d'une base de données expérimentales, pour la validation de modèles de résonateurs et la comparaison de géométries et matériaux », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Voisembert C., Wetzel V., Hélié T., Silva F., « Équation des pavillons 1D conservative avec parois mobiles : discrétisation spatio-temporelle à bilan de puissance équilibré et simulation du conduit vocal », 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France.

Wetzel V., Hélié T., Silva F., "A Passive Nonlinear Three-Port Junction Model for Fluid Mechanics and Acoustics", 16^e Congrès français d'acoustique, CFA2022, Société française d'acoustique, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, avril 2022, Marseille, France. ([hal-03789267](#))

Wijnand M., Hélié T., Roze D., "Finite-time tracking control of a nonlinear string to reference dynamics", 10th European Nonlinear Dynamics Conference (ENOC 2020+2), juillet 2022, Lyon, France.

Autres formes de diffusion/production

Thèse

Najnudel J., "Power-Balanced Modeling of Nonlinear Electronic Components and Circuits for Audio Effects", Thèse, Sorbonne Université, Paris, juillet 2022.

Diffusion des connaissances, organisation de visites

Forma L., Le Conte S., Wilkie-Chancellor N., Boutin H., Jossic M., « Systèmes intelligents de contrôle des vibrations appliqués à la conservation des objets du patrimoine (poster) », 12^e Journées des jeunes chercheuses et chercheurs en acoustique vibrations et bruit, JJCAB2022, novembre 2022, Lyon, France.

Hélié T., *Elementary tools on Port-Hamiltonian Systems with applications to audio/acoustics*, Doctoral. 2nd Spring School on Theory and Applications of Port-Hamiltonian Systems, Fauenciemsee, Allemagne, 2022, p. 30. ([hal-03986168](#))

Hélié T., « Passivité et systèmes hamiltoniens à ports – Applications en audio et en acoustique musicale », Séminaire du groupe de travail « Méthodes de Boltzmann sur réseau », 2022, Institut Henri Poincaré, Paris.

Hélié T. et coll. (S3AM, EAC, ISMM, direction STMS), Organisation de la visite de STMS pour des lycéens lauréats des Olympiades de physique France, 2022, Ircam, Paris.

Martos V., Table-ronde, Festival Cité des Sens : l'ouïe, septembre 2022, Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris.

Wijnand M., Boutin H., Jossic M., Maniguet T., « Conservation du patrimoine des instruments de musique : caractérisation des diffuseurs principaux d'ondes Martenot et élaboration de fac-similé (poster) », 3^e Séminaire général du Collegium Musicæ de Sorbonne Université, 2022, Paris.

Organisation de colloques

Hélié T., Lagrange M., LOSTANLEN V., 2 journées du GdR ISIS-Action AUDIO : journée « Méthodes » (mai), journée « Voix » (octobre), 2022, Ircam, Paris.

Hélié T., Roze D., Vergez C., Organisation de 3 sessions « Modèles et méthodes numériques pour les instruments de musique et la voix » pour le Congrès français d'acoustique 2022, Marseille, France.

Informatique

Le service informatique assure la mise en place et la maintenance de l'infrastructure informatique et réseaux de l'Ircam. L'équipe Système gère l'équipement informatique de l'ensemble des services et départements mais également les serveurs d'infrastructure, de stockage et de calcul pour l'ensemble des utilisateurs et pour les projets de recherche ou artistiques. En collaboration avec l'ensemble des services et équipes de l'Ircam, l'équipe procède au choix et à l'achat des machines et de leurs périphériques, leur installation et leur maintenance.

Ses principales missions sont :

- assurer la fiabilité et la sécurité des réseaux et infrastructures informatiques de l'Ircam ;
- assurer le bon fonctionnement des outils informatiques des utilisateurs ainsi que leur évolution en fonction des besoins ;
- répondre aux problématiques informatiques des utilisateurs, équipes de recherche, productions artistiques ;
- assurer la sauvegarde, l'archivage et la pérennité des données de l'Ircam ;
- assister et accompagner les utilisateurs dans la prise en main des outils informatiques proposés.

Voici les principaux projets menés en 2022.

■ Évolution de la sauvegarde des serveurs et stations de travail et archivage

Après avoir remis à plat notre système de sauvegarde des postes utilisateurs l'année passée, nous avons continué la refonte de notre système de sauvegarde en nous intéressant aux sauvegardes des serveurs et des stations de travail Linux des chercheurs.

Notre système de sauvegarde est basé sur un logiciel open source (BackupPC) qui automatise des sauvegardes régulières de nos serveurs et données sensibles.

Par ailleurs, nous utilisons un système de snapshots ZFS locaux sur un certain nombre de serveurs nous permettant de bénéficier d'un historique d'instantanés locaux à la machine.

Nous avons également mis en place une station d'archivage sur bandes LTO qui nous permet de faire des archives à plus long terme de nos données. Ces bandes sont réalisées en plusieurs exemplaires et stockées à des endroits géographiquement distants. Il nous reste à travailler à l'éventuelle automatisation de ces travaux d'archivage.

Enfin, nous avons travaillé à la documentation de ces systèmes de sauvegarde et d'archivage, réalisé de nombreux tests de restauration, et ajusté un calendrier des périodes de rétention.

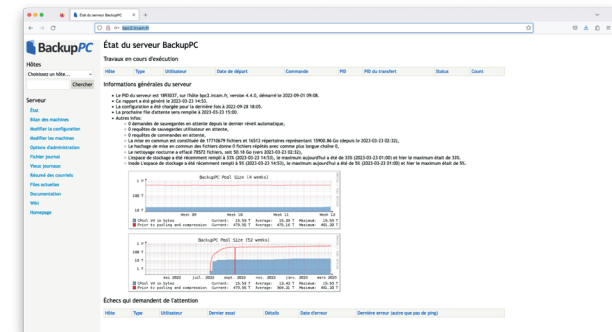
■ Stratégie de stockage des grappes de virtualisation

Nous administrons plusieurs grappes de serveurs de virtualisation dans différentes zones de notre réseau.

Nous avons principalement une grappe pour nos services virtualisés internes et deux grappes pour les services externes en DMZ. Nous utilisons l'orchestrateur open source OpenNebula et les grappes sont constituées de 4 à 8 serveurs physiques chacune, hébergeant au total une centaine de serveurs virtuels.



Serveurs de sauvegarde



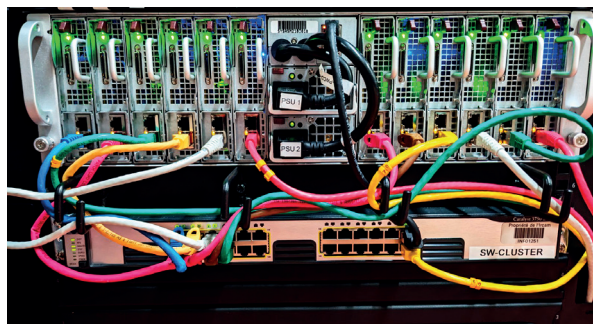
Interface web BackupPC

Nous utilisons jusqu'à maintenant un système open source de stockage objet distribué (Ceph) afin de permettre l'instanciation de ces machines virtuelles sur les différents nœuds de nos grappes de virtualisation.

Bien qu'ayant efficacement fonctionné pendant 7 ans, nous quittons ce système pour revenir à des serveurs de stockage NFS plus classiques avec un attachement réseau dédié vers chacun des nœuds de virtualisation.

En effet, bien que fiable, ce stockage distribué nécessite des ressources conséquentes pour fonctionner efficacement, et donc des investissements matériels peu justifiables au vu de nos besoins.

Nous en profitons pour passer chaque attachement réseau entre les nœuds de virtualisation et les serveurs de stockage en 10 Gb/s.



Grappe de virtualisation

■ Hébergement de serveurs GPUs

Les besoins en serveurs de calculs GPUs ont très fortement augmenté ces dernières années.

Nous avons cette année modifié nos salles d'hébergement pour dédier 2 baies à ces serveurs GPUs.

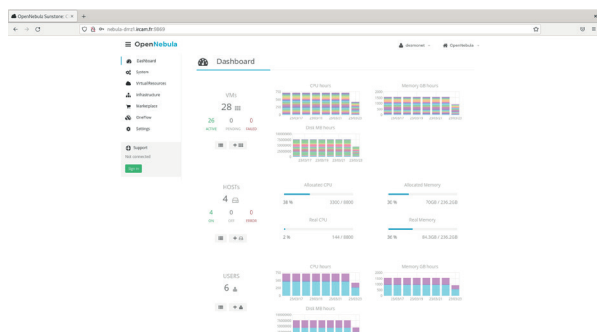
En règle générale, notre politique est de fournir aux équipes de recherche des stations de travail équipées d'une carte GPU afin de leur permettre de préparer leurs modèles et programmes en local sur leur station, et de mettre à disposition des serveurs pouvant héberger entre 4 et 10 cartes GPUs pour effectuer les calculs une fois prêts.

Nous utilisons principalement des serveurs Supermicro et Dell pour ces usages.

Par ailleurs, notre réseau électrique et notre système de climatisation ont été revus et adaptés à l'utilisation de ces serveurs.



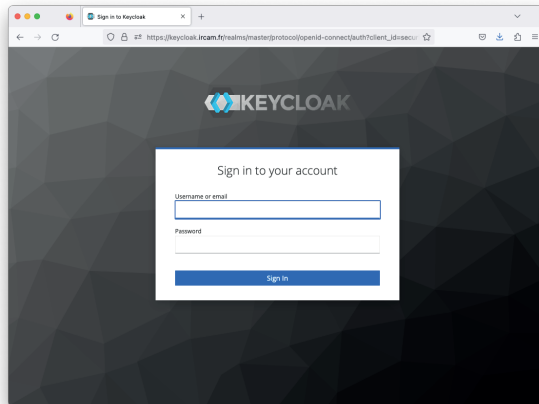
Baie GPUs



Interface web OpenNebula

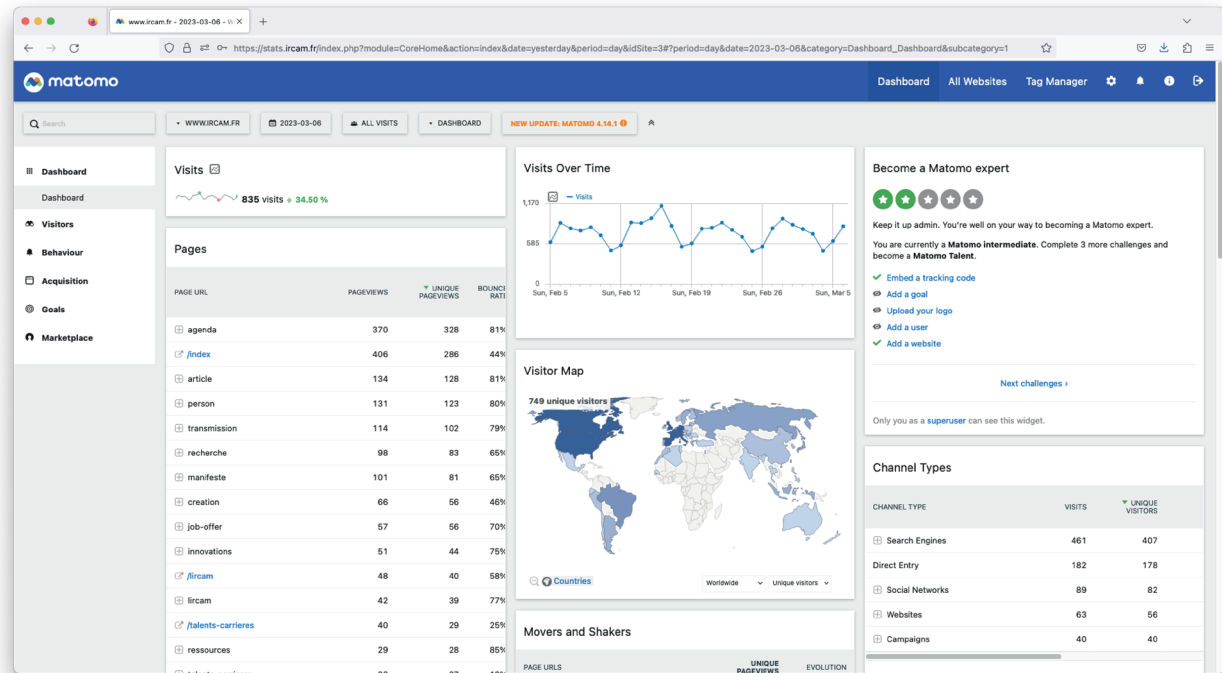
■ Évolution de notre infrastructure web

L'organisation des équipes web Ircam ayant changé récemment, nous avons fait évoluer notre infrastructure d'hébergement en conséquence. Ainsi, nous sommes passés d'une gestion par usage à une gestion par site. Nos sites principaux sont donc maintenant pour la plupart hébergés sur des machines dédiées. Par ailleurs, nous avons modifié notre politique de sécurité afin de permettre la mise à disposition des infrastructures de développement et de production à des prestataires extérieurs. Conjointement avec les équipes web, nous avons testé et mis en place un nouveau système open source de gestion des identités et accès (Keycloak) afin de permettre la gestion des comptes internes et externes de façon centralisée (fédération d'identité et authentification unique), et la délégation de l'authentification à différentes sources.



Interface web Keycloak

Enfin, toujours en lien avec nos équipes web, nous avons mis en place une plateforme d'analyse web open source et compatible RGPD (Matomo). En effet, nous utilisons jusqu'à maintenant GoogleAnalytics pour l'analyse des statistiques de consultation de nos différents sites web. Nous quittons ce service pour une instance Matomo autohébergée qui nous permet une meilleure gestion du stockage et de la rétention de nos statistiques de consultation.



Interface web Matomo

■ Évolution réseau

Nous avons continué à faire évoluer notre infrastructure réseau en général. Notre but est de migrer notre cœur de réseau, ainsi que les équipements adjacents en 10 Gb/s. Une grosse partie de ce travail est effectuée, le dernier point à traiter restant le cœur de réseau. Ainsi, nos switches de périphérie (switch de bâtiment ou de baie d'hébergement) ont été migrés et fonctionnent en 10 Gb/s. Le changement de fournisseur de matériel nous a contraints à refaire une grande partie de nos configurations et à revoir la répartition de nos réseaux virtuels (VLANs).

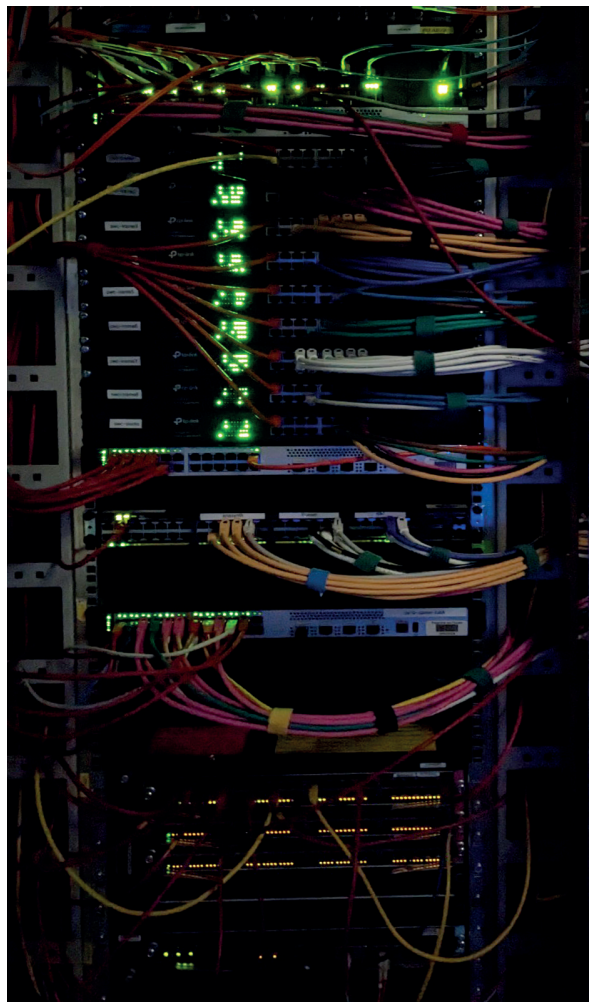
Par ailleurs, nous avons participé à la définition des réseaux d'exploitation de notre salle de concert (Espace de projection) et à son interconnexion avec nos infrastructures existantes.

En effet, de nombreux réseaux Ethernet sont nécessaires à l'exploitation de cette salle : pour l'audio numérique, la vidéo, la lumière, ou encore les réseaux d'ordres, en plus des accès plus classiques, et accès internet public. Une importante infrastructure réseau a donc été déployée.

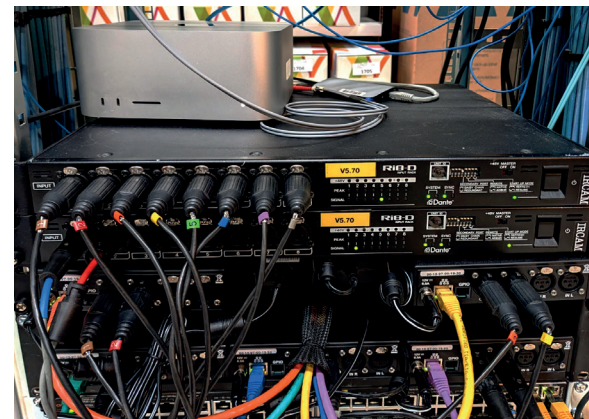
Il est maintenant possible de récupérer les canaux audio ou la vidéo captée dans notre salle de concert depuis n'importe quel studio de l'Ircam.

Nous avons également participé à de nombreux événements artistiques lors de notre festival ManiFeste, en mettant à disposition des liaisons fibres entre nos studios et bureaux, et différents espaces du Centre Pompidou. Ainsi, nous avons pu effectuer des mixages ambisonics de concerts en Grande Salle du Centre Pompidou en temps réel depuis les studios Ircam, ou encore diffuser les sons traités des cloches de Notre-Dame depuis l'Ircam, sur la terrasse du 5^e étage du Centre Pompidou pour le projet « Silent Echoes » de Bill Fontana.

Enfin, nous avons redéfini nos réseaux sans fil, afin d'être capables de fournir un accès internet fiable et sécurisé à notre public, sans mettre en péril notre infrastructure existante ou les réseaux utilisés par le reste des utilisateurs de l'Ircam.



Hébergement réseau

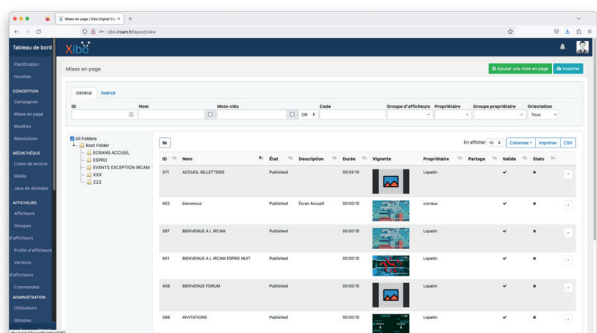


Système audio et réseau Silent Echoes

■ Services

Nous avons travaillé à la mise en place et à l'aide à la prise en main de nombreux services pour les différentes équipes de l'Ircam, notamment :

- Un système de signalétique numérique : nous avons déployé une solution open source et autohébergée (Xibo) pour gérer et diffuser des contenus de communication et signalétique sur des écrans dans nos locaux. Le but étant de pouvoir planifier et diffuser des informations à destination du public, des visiteurs ou employés de l'Ircam.



Interface web Xibo

- Un poste de consultation de notre site [Medias](#) à la BPI, afin de rendre visibles et valoriser nos contenus audiovisuels.
- Nous avons installé une ferme à wiki basée sur le moteur wiki open source Dokuwiki, qui nous permet de proposer à nos différentes équipes de recherche des wikis privés ou publics, pour leurs projets, conférences ou équipes. Le principe de ferme nous permet d'exploiter un grand nombre d'instances tout en administrant un seul moteur, et nous simplifie donc grandement la maintenance et la tenue à jour du service.
- Un nouveau serveur d'agendas pour les équipes de production, permettant de diffuser publiquement ou non des agendas pour les différents projets, concerts, salles ou personnels, et de les synchroniser avec les logiciels de gestion d'agendas.
- Nous avons assisté notre équipe Comptabilité dans la mise en place de la nouvelle solution comptable et de sa prise en main par ses utilisateurs.

■ Matériel

Nous avons commencé à mettre en place une politique de seconde vie pour nos équipements informatiques.

Dans un premier temps, nous avons réalisé un inventaire de notre parc afin de pouvoir évaluer les quantités de matériel à recycler, donner ou revaloriser.

Nous nous sommes rapprochés du projet Valodon du Centre Pompidou afin de revaloriser au maximum nos équipements inutilisés.

Pôle web

ÉQUIPE DÉVELOPPEMENT WEB

Une réorganisation des activités de développement web, précédemment assurée par le Pôle Web, est intervenue en début d'année et s'est traduite par une structuration en deux équipes dans le cadre du département IMR :

- Service web (SW), équipe placée sous la responsabilité de Clément Gérard, rejoint au premier semestre par Laura Frémy, ayant pour mission de concevoir, développer, maintenir, les applications web institutionnelles et événementielles : www.ircam.fr, stms-lab.fr, manifeste.ircam.fr, Ressources (BRAHMS, Medias, Sidney, Flora, Articles...);
- Web audio musique (WAM), nouvelle équipe placée sous la responsabilité de Guillaume Pellerin, ayant une mission de support des activités de recherche, développement et innovation en lien avec les technologies web et cloud.

Cette section se concentre sur les travaux menés dans l'année par le SW, ceux de l'équipe WAM faisant l'objet d'une autre section.

■ ManiFeste

Une nouvelle instance 2022 du site ManiFeste a été produite au premier trimestre en préparation de l'annonce du festival, dans l'architecture existante en Django. Les bases de la version 2023 ont été conçues selon une architecture *headless* basée sur le *framework* Directus avec l'utilisation de Sveltekit, émanation de Vue.js, pour les interfaces utilisateurs.

■ Sécurisation de sites existants

Un grand nombre de sites développés au cours des dernières années pour des projets particuliers reposaient sur d'anciennes versions de *frameworks* présentant potentiellement des failles de sécurité. Une analyse extensive de ces sites a été effectuée en lien avec le service Informatique, et leurs contenus ont été rendus statiques sous forme de pages html, sécurisant ainsi leur accès.

■ Ressources

L'ensemble d'applications Ressources lié au pôle Documentaire regroupe : la base de données des compositeurs de musique contemporaine (BRAHMS), le CMS dédié au stockage et à la publication des œuvres électroniques (Sidney), une collection d'analyses musicales d'œuvres créées à l'Ircam (Analyses), une base de données d'archives sonores et audiovisuelles des événements organisés par l'Institut depuis 1977 (Medias) et un système de gestion des documents physiques de la médiathèque (Flora). En coordination avec les départements PAC, UMR et Production, la phase 4 du projet a été poursuivie.

L'essentiel de l'effort de développement de l'année a été consacré à la refonte du code des applications associées à Ressources, en collaboration étroite avec l'équipe de documentalistes du département Pédagogie et documentation et également, pour Medias et Sidney, avec le département Production.

Il a notamment porté sur la conception et le développement en langage Go dans le *framework* GraphQL d'un service de données intégrant les structures de données des différentes applications et destiné à alimenter un moteur de recherche global à l'ensemble des applications reposant sur la technologie open source Typesense.

Un travail conséquent a été mené sur l'implémentation d'un nouvel encodage des médias compatible avec les différentes instances de navigateurs et toute la base médias a été réencodée à ce format.

En ce qui concerne les interfaces utilisateurs qui avaient fait l'objet d'un processus de conception en 2021, leur intégration a été effectuée par un prestataire externe en Nuxt, en préparation de leur développement final.

Les *frameworks* identifiés pour l'architecture *headless* en javascript sont Strapi et Directus selon le niveau de complexité des applications, Strapi pour Ressources et Directus pour des applications plus simples comme ManiFeste.

Un effort conséquent a également été porté, en collaboration avec le service Informatique, sur le déploiement dockerisé, la mise en place de tests unitaires pour le développement et l'intégration continus, et le monitoring des services publiés.

L'achèvement de la phase 4 du développement de Ressources est prévu d'ici la fin du premier semestre de 2023.

■ Développements transversaux

Le développement de l'architecture de Ressources comporte celui de microservices spécialisés pouvant être utilisés dans d'autres applications.

Ainsi, à l'occasion du développement web d'un système de gestion de clés physiques à la demande de la Régie Bâtiment Sécurité, le SW a développé, en lien avec le service Informatique, un service d'identification des utilisateurs basé sur le *framework* keycloak, connecté à l'annuaire des utilisateurs de l'Ircam (LDAP). Ce service doit également être intégré dans l'architecture de Ressources.

Dans la perspective d'une conformation au RGPD consécutive à la mise à jour en juillet 2023 de Google Analytics, une étude a été menée et a conclu à l'adoption de la solution alternative open source Matomo, avec un déploiement effectué par le service Informatique. Parmi les autres microservices développés, on peut mentionner un service de génération de PDF initialement conçu pour les besoins de Sidney.

■ www.ircam.fr et stms-lab.fr

Les travaux sur ces sites se sont concentrés sur des maintenances, corrections de bugs et améliorations à la demande des directions de la Communication et IMR.

■ Signalétique

Le service Web a participé, en lien avec la direction de la Communication et le service Informatique, à la constitution d'un système d'affichage vidéo distribué dans les espaces de l'Ircam et fournissant des informations sur les événements et activités en cours et à venir.

ÉQUIPE WEB, AUDIO, MUSIQUE (WAM)

Créée en février 2022 dans le cadre du département IMR sous la responsabilité de Guillaume Pellerin, rejoint en avril par Guillaume Piccarreta, l'équipe Innovation Web, audio, musique (WAM) concentre ses activités sur des missions de recherche et d'innovation en lien avec le laboratoire STMS, le Forum et des projets collaboratifs :

- développement et gestion de la plateforme Forum ;
- ingénierie pour des projets R&D (web + data) ;
- valorisation, transfert de technologies (web/cloud, Ircam Amplify, Forum) ;
- participation à des projets collaboratifs (ANR, Europe, etc.) ;
- expertise et veille technologique web/cloud.

Les principaux projets réalisés en 2022 sont présentés ci-après.

■ Plateforme Forum

Un nouvel **éditeur de profil** a été intégré pour que tous les membres puissent ajouter leur biographie et leurs liens sociaux à leur page personnelle.

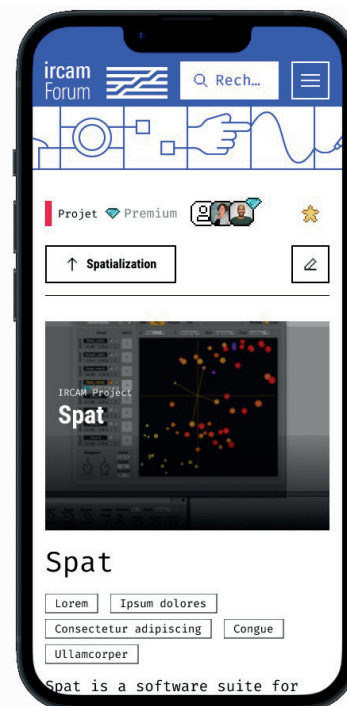
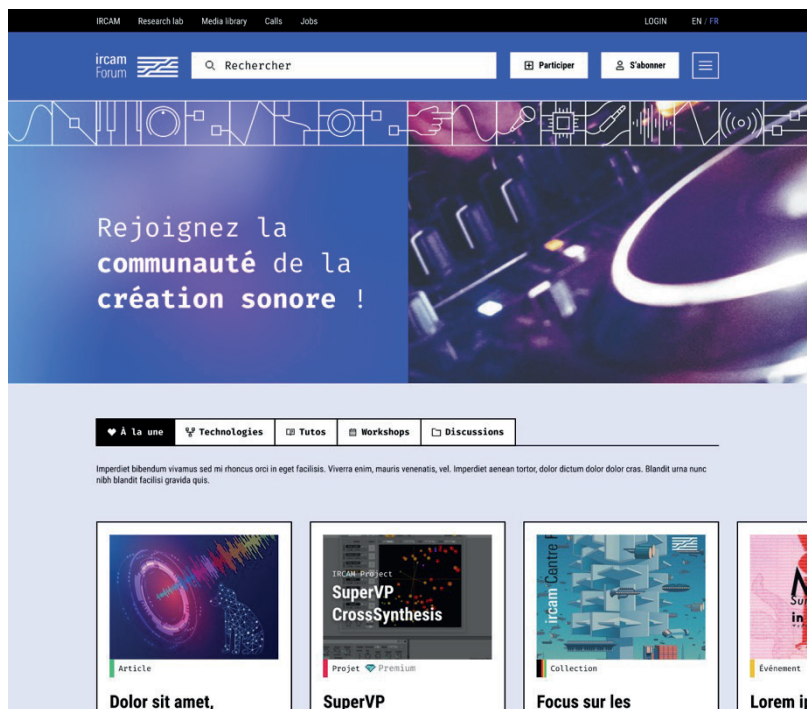
Le **gestionnaire de versions** (anciennement gestionnaire de releases) a été complètement repensé selon les retours utilisateurs pour faciliter l'ordonnancement, l'indexation (numéro de version, date de publication, type de plateforme, éditeur de README intégré) et l'upload multiple (drag'n drop) des versions logicielles. Il est désormais intégré à la page Projet en tant que composant autonome. Sa particularité réside dans la gestion croisée open source/close source qui permet de traiter de nombreux cas de figure hybrides de projets technologiques et artistiques. L'API du Forum a été agrémentée pour l'occasion de nouvelles méthodes de connexion dynamique des applications tierces comme ASAP, Partiels et RAVE afin d'alerter les utilisateurs lors de la disponibilité de nouvelles versions de logiciels ou de données.

Le **re-design de la plateforme** est entré en phase 2 pour livrer un prototype dynamique complet. L'équipe a assuré la coordination du projet, de la rédaction du cahier des charges et de la réalisation du prototype en synergie avec les équipes internes et les designers prestataires. Les objectifs se résument ainsi :

- simplifier la navigation et optimiser l'ergonomie générale ;
- étendre le moteur de recherche dynamique par facettes à tous les contenus ;
- favoriser les expériences participatives de la communauté, y compris dans le cadre de projets créatifs ;
- amplifier la dynamique d'inscription, d'abonnement et de téléchargement.

La dernière phase d'implémentation du nouveau design est prévue pour le 2^e trimestre 2023.

La plateforme a fait l'objet de nombreuses opérations de maintenance et d'ajustement de fonctions administratives qui ont permis d'accélérer le développement de la communauté et la quantité de produits proposés au téléchargement (voir les statistiques dans la partie dédiée au Forum).



Prototypes de la page d'accueil du Forum v4 et d'une page projet en version mobile. © Guillaume Pellerin

■ DAFNE+

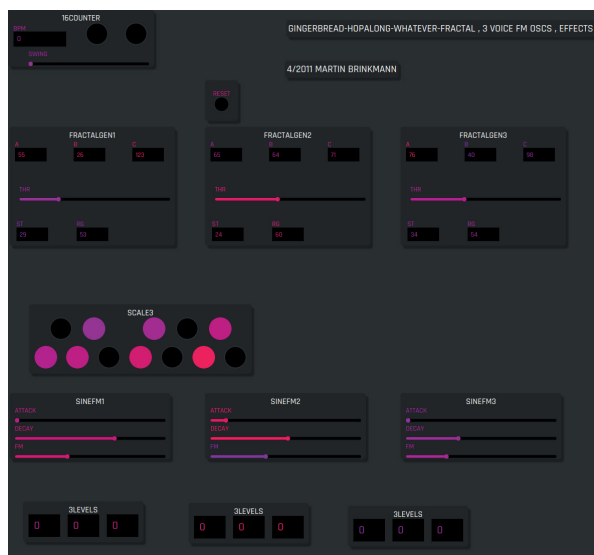
L'équipe participe dans son volet Architecture au projet de recherche européen depuis juillet 2022 visant à étudier les critères d'usage des blockchains et des NFTs pour la diffusion d'œuvres d'art numériques, plus particulièrement musicales, dans un cadre éthique et cocréatif. On retrouve quatre piliers déjà identifiés dans l'étude précédente du groupe Antony : accessibilité, contributivité, interopérabilité et maintenabilité. Il a été proposé des cas d'usages spécifiques répondant à ces contraintes, notamment ceux consistant à rétribuer les contributeurs aux versions d'une œuvre relativement à la valeur globale de l'œuvre et aux règles de droits d'auteur définies par le groupe régissant l'œuvre.

Pour la création de la plateforme de diffusion dédiée à terme, une liaison au Forum a été proposée afin de retrouver les outils Ircam comme des briques musicales créatives. Il est également prévu de faciliter la lecture d'œuvres génératives musicales et interactives grâce à des briques orientées web se basant notamment sur Pure Data (WebPd) et Max (RNBO).

■ WebPd

WebPd est un compilateur pour le langage de programmation audio Pure Data permettant d'exécuter des patches.pd dans des pages web. WebPd est très modulaire et adopte une approche « boîte blanche » de la programmation audio. Il convertit le graph audio et les objets de traitement d'un patch en JavaScript ou AssemblyScript.

Dans le cadre du projet DAFNE+, Sébastien Piquemal a rejoint l'équipe en novembre pour étendre les capacités du logiciel, notamment le moteur de compilation, des objets et des fonctions d'interfaçage : 120 nouveaux objets, un lecteur de patches et un compilateur en ligne, de nouvelles sorties de compilation (JavaScript, WebAssembly, WAV) et une nouvelle CLI. D'un point de vue utilisateur, l'accent a été mis sur les possibilités de partage de l'état du patch compilé, notamment en traitant tous les paramètres audio comme des paramètres d'URL, y compris l'adresse du patch source.



Player WebPd chargé dans le navigateur sur la base d'un patch complexe (UI : Sébastien Piquemal, patch : Martin Brinkmann)

■ TACT

TACT est un dispositif multimédia interactif destiné à l'interaction geste-musique-image, dans un contexte d'accès public en autonomie (sans médiation). Le dispositif est pensé pour une interaction tout public. Le public interagit avec un écran tactile et performe une œuvre audiovisuelle élaborée par un binôme artiste sonore/artiste visuel. Il est développé dans le cadre d'un projet commun Ircam/Les Causeuses avec Zoé Aegerter et Romain Barthelemy.

Suite au développement de la version 1.0 réalisée par une équipe externe, l'équipe WAM a été mobilisée pour finaliser et optimiser l'application web embarquée et la gestion touch de l'OS Windows. L'expérience tactile fait en effet appel à une application web chargée dans un navigateur et interfacée avec un patch Max grâce à une websocket.

Après une première production au Centre Pompidou en mai 2022, le projet d'une 2^e version est engagé en septembre. En coordination avec la Production Ircam et les designers externes, WAM a proposé une nouvelle architecture plus robuste, défini le cahier des charges, assuré la coordination technique et produit un backend qui permet d'éditer des pièces pour le TACT en ligne depuis un simple navigateur. La machine centrale a été remplacée par un NUC sous Debian GNU/Linux et fait office de serveur et de client web, le patch audio étant exécuté sur un Mac sous OSX. Le frontend web a été adapté pour lire les données depuis l'API REST du backend. Cette v2 sera finalisée, présentée et déployée au 1^{er} trimestre 2023.

■ TimeSide

TimeSide est un *framework* et un serveur scalable de traitement audio écrit en Python. Il est développé depuis 12 ans dans le cadre de projets de R&D centrés sur les grands corpus de données audio. Il a récemment été étendu pour convenir à ces appels de calculs externes avec une API REST. La version 1.1 a été travaillée en 2022 pour permettre des agrégations plus rapides et souples depuis des fournisseurs externes comme YouTube ainsi qu'une couche de plugins VAMP. Le player dédié a été également optimisé pour faciliter l'ajout de tracks d'analyses spectro-temporelles à la demande (voir les détails en annexe technique). Les travaux ont fait l'objet d'une



Exemples d'interactions avec le TACT v1 au Centre Pompidou (mai 2022). © Zoé Aegerter

présentation à la Web Audio Conference 2022 en collaboration avec l'équipe Wimmics de l'INRIA Sophia-Antipolis dans le cadre d'une étude musicologique et sémantique de l'œuvre complète du groupe musical Queen.

(Menin A., Buffa M., Tikat M., Molinet B., Pellerin G., Pottier L., Michel F., Winckler M., "Incremental and multimodal visualization of discographies: exploring the WASABI music knowledge base", Web Audio Conference 2022, WAC 2022, Cannes, France, <https://doi.org/10.5281/zenodo.6767530>)



Vue d'ensemble de l'interface du Timeside-Player mixant des analyses timbrales et rythmiques pour le titre "Under Pressure" de Queen

■ ParticipArc

<https://www.participarc.net>

<https://www.participarc.net/evenements/reova-2022-11-journee-jeunes-chercheur-es>

Guillaume Pellerin a continué sa participation au réseau des acteurs engagés pour les sciences participatives dans les domaines de la culture coordonné par le Muséum d'histoire naturelle et le ministère de la Culture. Le réseau s'est étoffé de nombreux acteurs et une journée doctorale a été organisée en novembre 2022.

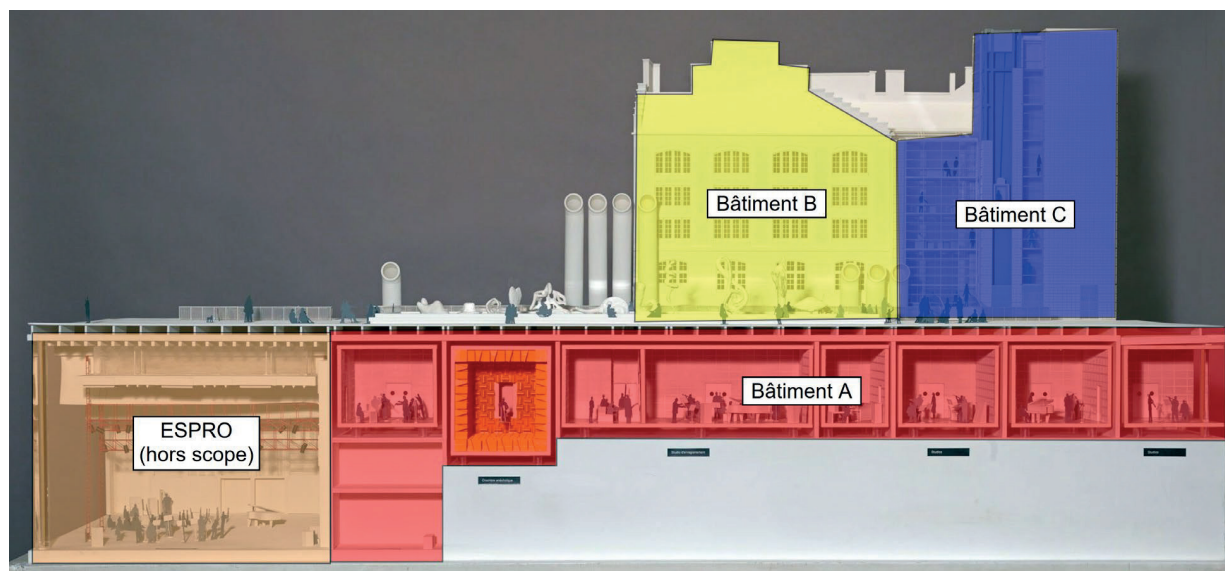
Le schéma directeur

Le schéma directeur du Centre Pompidou a fait d'importantes avancées au cours de l'année 2022.

Pour rappel, l'Ircam est composé de **3 bâtiments autonomes** les uns des autres (A, B, C) et d'un espace public, l'Espace de projection. L'Ircam a une dépendance forte aux installations techniques et au SSI du Centre.

■ Les études faites ont montré que réaliser des travaux en site occupé, bâtiment par bâtiment comme souhaité initialement par l'Ircam, n'est pas faisable compte tenu des nuisances d'un tel chantier. Les travaux sont de **caractère intrusif** et obligeraient(ont) à fermer l'Ircam et à le **relocaliser** pendant leur durée.

■ La partie consacrée aux travaux à l'Ircam dans le schéma directeur du Centre Pompidou est plus importante qu'initialement prévu suite à des études plus poussées. Cela conduit à opter pour que les travaux de **l'Ircam fassent l'objet d'un schéma directeur spécifique dans un calendrier postérieur à celui du Centre.**



■ Ce **déphasage** entre deux schémas directeurs spécifiques permettra la poursuite de l'activité de l'Ircam pendant toute la durée des travaux du Centre Pompidou, sous **trois conditions** :

- **L'autonomisation temporaire** en fluides et services de sécurité qui s'avère faisable et est **inscrite au budget** du schéma directeur du Centre.
- La réalisation de **travaux urgents, en 2023 et 2024**, et nécessaires au fonctionnement quotidien de l'Ircam qui doivent **trouver un financement dédié** :
 - Monte-charge bâtiment A : remise aux normes fonctionnelles et d'usage sans interruptions multiples. Mise aux normes PMR pour l'accessibilité de l'Espace de projection à tout public
 - Entrée Ircam : reprise de l'accueil, accessibilité PMR côté place Stravinsky (ou rue Saint-Merri)
 - Travaux de désamiantage du calorifuge de la colonne d'eau glacée du bâtiment C

- Le schéma directeur spécifique de l'Ircam devra trouver un **financement à l'horizon 2030.**

■ L'Ircam, acteur important du plateau Beaubourg, participe pleinement au renouveau du projet culturel du Centre Pompidou avant la fermeture liée aux travaux. La continuité de service de l'Ircam pendant les travaux du Centre Pompidou valorisera publiquement **l'Espace de projection**, récemment restauré, comme **lieu culturel marquant la présence du Centre sur le plateau Beaubourg pendant la durée des travaux** de son bâtiment principal.

ircam
Centre
Pompidou

