

Rapport d'activité

ircam

Centre  
Pompidou

2021

*institut de recherche et de coordination acoustique/musique*

ircam  
Centre  
Pompidou



INSTITUT  
DE RECHERCHE  
ET COORDINATION  
ACOUSTIQUE /  
MUSIQUE

**ircam**  
Centre  
Pompidou



# Sommaire

---

## **4 LIGNES DE FORCE 2021**

- 5 LES CHIFFRES CLÉS
- 6 2021 EN IMAGES
- 8 SYNTHÈSE 2021
- 13 LES MOYENS FINANCIERS

## **15 UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE STMS**

- 16 L'ACTIVITÉ RECHERCHE
- 17 LES TUTELLES SCIENTIFIQUES DE L'UMR STMS
- 18 ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES
- 24 ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS
- 28 ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS
- 35 ÉQUIPE INTERACTION SON MUSIQUE MOUVEMENT
- 38 ÉQUIPE PERCEPTION ET DESIGN SONORES
- 45 ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES
- 56 ÉQUIPE SYSTÈMES ET SIGNAUX SONORES : AUDIO/ ACOUSTIQUE, INSTRUMENTS
- 65 PÔLE INGÉNIERIE ET PROTOTYPES (PIP)

## **69 ANNEXES**

- 70 CONSEIL D'ADMINISTRATION
- 71 CONSEIL SCIENTIFIQUE
- 72 ÉQUIPE IRCAM
- 76 RECHERCHE MUSICALE
- 79 PROJETS « CREATIVE EUROPE » 2021
- 81 ŒUVRES PRÉPARÉES OU CRÉÉES EN 2021
- 89 SAISON MUSICALE PARISIENNE 2021
- 91 TOURNÉES 2021
- 93 MANIFESTE-2021
- 96 FORUM VERTIGO
- 97 FORUM IRCAM
- 101 SÉMINAIRES
- 102 SOUTENANCES
- 103 PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS
- 116 PRINCIPAUX LOGICIELS
- 120 TRANSMISSION
- 132 INFORMATIQUE
- 135 PÔLE WEB
- 138 TRAVAUX DE L'ESPACE DE PROJECTION

# Lignes de force 2021



## Les chiffres clés

### PERSONNES

**177** personnes  
(en équivalent temps plein)

### PUBLICATIONS

**32** articles pour des revues  
à comité de lecture

**72** conférences invitées  
dans des congrès nationaux  
et internationaux

**33** ouvrages scientifiques  
ou chapitres d'ouvrages

**8** thèses de doctorat et HDR

### CRÉATIONS: CONCERTS ET SPECTACLES

**45** concerts et spectacles  
dont

3 en saison  
24 ManiFeste – le festival  
18 en tournée  
25 786 spectateurs

### DIFFUSION WEB

**188 929** visites brahms.fr

**135 010** visites ircam.fr

**52 741** visites forum.ircam.fr

**53 845** visites ressources.ircam.fr  
ulysses-network.eu

**102 300** visites chaîne YouTube  
(7 500 heures vues)

**532 825** soit 1 460 visiteurs par jour en 2021

## 2021 en images



**3 mars et 17-19 mars (en live)**

Forum Vertigo « Les nouvelles modalités de la présence artistique dans la crise Covid » et les Ateliers du Forum Ircam

© Piero Tauro



**5 avril, Centre Pompidou (en ligne)**

Concert *Mécaniques de l'intuition* avec l'ensemble C Barré

© Hervé Véronèse, Centre Pompidou



**29 mai, Casa da Musica de Porto**

Création *Corpo Elettrico* de Luca Francesconi avec Patricia Kopatchinskaja

© DR-png



**31 mai-30 juin, Paris**

Festival et académie ManiFeste-2022  
Concerts en salle et en ligne sur YouTube

© Quentin Chevrier



**3 juin-25 octobre, façade de l'Ircam**

*Infinite Light Columns*, installation de Arotin & Serghei

© Quentin Chevrier



**12 juin, CENTQUATRE-PARIS**

Concert des 30 ans du Cursus

© Philippe Barbosa



**16 juin-18 juillet, Beaux-Arts de Paris**

« Orbital Orchestra », exposition de la chaire Supersonique

© Nicolas Brasseur



**17 juin**

Prix Fedora opéra 2021 pour *Like Flesh* de Sivan Eldar avec Augustin Muller

© Francesco d'Abbraccio



**30 juin, Cité de la musique**

*Répons* de Pierre Boulez avec l'Ensemble intercontemporain

© Quentin Chevrier



**29 septembre, inauguration de la Philharmonie des enfants**

Installation «Maestra, maestro!» avec Ircam Amplify

© Nora-Houguenade



**21 novembre, Centre Pompidou**

«Avec les chants du vivant», soirée autour de Vinciane Despret

© DR



**14 au 28 juillet, Château de Versailles**

*Entretiens silencieux* de Bartabas et son cheval Tsar

© Franck Dufour Fokerman



**21 octobre**

Lancement de la Villa Albertine aux États-Unis

Annnonce des futures résidences de Sivan Eldar et Roque Rivas



**18-28 novembre, Ircam**

Reconfiguring the landscape, workshop de Nadine Schütz, Natacha Barrett et Andrew Knight-Hill

© Philippe Barbosa



**18 septembre, festival d'Automne de Varsovie**

Création d'*Alan T*, spectacle interdisciplinaire de Pierre Jodlowski

© Grzesizk Mart



**17 octobre, festival de Donaueschingen**

Création du *Masque de la mort rouge*, oratorio de Francesco Filidei

© SWR Ralf Brunner



**3 décembre, Cité de la musique**

Concert Grand soir numérique de la Biennale Némo

© Quentin Chevrier

## Synthèse 2021



### LES RÉSEAUX ET LE SITE

2021 projette l'Ircam dans le monde de l'après crise Covid-19, avec un renforcement de ses réseaux et, simultanément, l'anticipation du retour au site physique, retour à la « Fabrique des rêves sonores », prévu en juin 2022 lors de la réouverture de l'Espace de Projection. 2021 c'est aussi la première année de la nouvelle convention triennale établie avec la DGCA. L'esprit programmatique Science-Art propre à l'Ircam a été renforcé par un soutien accru à l'Unité Mixte de Recherche avec l'arrivée de nouveaux chercheurs. Cet esprit programmatique s'articule en 3 grands axes de travail, détaillés dans la convention.

1. La territorialité et les réseaux (softpower de l'Ircam) : Région Île-de-France, territoire national, Europe avec les consortiums dont l'Ircam assure la coordination, USA et Asie (Taïwan).

2. Le renforcement des médiations culturelles (EACd : dispositifs d'Éducation Artistique et Culturelle digitaux) et le renouveau du positionnement artistique de l'Ircam autour de l'orchestre du XXI<sup>e</sup> siècle (l'Orchestre national d'Île-de-France pour la création émergente, le Philharmonique de Radio France, l'Orchestre de Paris, les orchestres étrangers). L'extension de l'action de l'Ircam dans le champ du spectacle vivant se poursuit ainsi qu'en faveur du monde de l'électronique, notamment avec la collection des Musiques-Fictions.

3. Le changement d'échelle et la valorisation de l'Ircam passe par l'articulation renforcée aux industries culturelles via les marchés qu'approche aujourd'hui Ircam Amplify. Elle passe aussi par le renouveau du portail des ressources en ligne et par la valorisation de la data numérique, avec notamment la traduction en anglais de la base hypermédia BRAHMS.

*Infinite Light Columns*, installation de Arotin & Serghei

© Quentin Chevrier

La mise en œuvre de ces trois axes de programmation se synchronise avec le renouveau du mandat du directeur de l'Ircam, reconduit au 1<sup>er</sup> janvier 2021.

### LIENS INSTITUTIONNELS

#### ■ Renforcement et distinctions de l'UMR STMS

L'évolution de la pyramide des âges de l'Ircam laissant prévoir le départ prochain de plusieurs des principaux responsables de la recherche, la DGCA avait été alertée sur la nécessité de procéder à de nouveaux recrutements. Son soutien s'est traduit par un abondement supplémentaire de sa subvention à partir de 2021 permettant notamment la création de deux postes de chercheurs, pourvus dans les équipes Analyse et synthèse des sons et Espaces acoustiques et cognitifs à l'issue d'un processus ayant compté de nombreuses candidatures de grande valeur. Le recrutement concomitant dans l'équipe Analyse d'une maîtresse de conférence à Sorbonne Université contribue également à la constitution d'une masse critique de compétences en traitement de signal audio à base d'apprentissage profond. Le renforcement de l'équipe Perception et design sonores, également identifié comme priorité, a été rendu possible par la sélection d'un chercheur au concours 2021 du CNRS et l'attribution conjointe par l'Ircam et Ircam Amplify d'un CDD d'ingénieur sur les procédures d'évaluation.

L'année 2021 a aussi donné lieu à la prise de fonction, en septembre, de Nicolas Misdariis (directeur de recherche Ircam) comme directeur-adjoint de l'UMR STMS à la suite de Jean-Louis Giavitto. Elle a également été marquée par deux soutenances d'HDR et par plusieurs distinctions : le projet ERC Advanced Cosmos a été l'un des 15 projets sélectionnés pour figurer dans la célébration des 10k Grantees (dix mille bénéficiaires) du programme ERC (équipe Représentations musicales) ; la pièce *Convergence* d'Alexander



Schubert, basée sur les travaux de l'équipe Représentations musicales, a obtenu le prix Golden Nica à ARS Electronica 2021 ; le Prix du Jeune Chercheur Science et Musique 2021 a été décerné à Benjamin Matuszewski (équipe Interaction son musique mouvement).

### ■ Conseil scientifique

Le Conseil scientifique de l'Ircam s'est réuni les 17-18 mai dans une configuration renouvelée sous la présidence de Bertrand Braunschweig. Le Conseil avait à se prononcer sur deux sujets principaux : « Spatialisation 3D et son distribué » et « Son/musique et santé ». Le retour du Conseil était également sollicité sur des aspects plus transversaux comme la recherche musicale et la création de la filiale Ircam Amplify. Les échanges ont alterné présentations et débats en session plénière, keynotes de Véronique Larcher (Sennheiser) et de Stine Lindahl Jacobsen (université d'Aalborg) sur chacun des deux thèmes principaux, ainsi qu'ateliers en petits groupes en lien avec chaque équipe concernée. Cette session a abouti à la production d'un rapport coordonné par Bertrand Braunschweig et transmis à la direction.

## RÉSILIENCE ET ADAPTABILITÉ AUX NOUVELLES CONDITIONS

### ■ Événements

Les contraintes de confinement liées à la pandémie Covid-19 n'ont pas empêché leur organisation, par défaut en ligne selon des formes inédites ou en présentiel dans des configurations plus resserrées. Cette adaptation aux conditions systématisant les diffusions en ligne a contribué à l'élargissement et l'internationalisation des publics.

### Forum Vertigo – Les nouvelles modalités de la présence artistique dans la crise Covid

Ircam, 3 mars, événement en ligne

[Programme](#) et [Replay](#) des vidéos des tables rondes

Cette 5<sup>e</sup> édition du Forum Vertigo était initialement organisée du 3 au 5 mars autour des liens entre réseaux et création artistique en lien avec l'ouverture de l'exposition « Réseaux-Mondes » au Centre Pompidou. Dans le contexte d'une actualité particulièrement brûlante pour le secteur culturel qui voyait tous les spectacles reportés et les productions entravées par le confinement, le Forum Vertigo s'est tenu en ligne depuis l'Ircam autour de tables rondes sur les thèmes « Création collaborative » et « Le spectacle vivant à l'ère de la pandémie » et des créations des performances collectives et participatives en ligne *Hotel Anticædipus* et *Traces of Antigone* d'Ellie Papakonstantinou. Les tables rondes faisaient l'objet d'une traduction simultanée et d'une diffusion en direct sur YouTube dans les deux langues.

### Ateliers du Forum

Ircam, 16-19 mars, événement en ligne

Les Ateliers du Forum, rendez-vous annuel de sa communauté, se sont tenus pour la première fois en ligne, dans une configuration proche de celle du Forum Vertigo. Plusieurs thèmes ont structuré les présentations : design sonore et interaction multimédia, production audio, composition, intelligence artificielle et voix avec notamment des keynotes et des tables rondes hybrides (présentiel et en ligne) faisant intervenir des invités de renom : [Doug Eck](#) (Google Magenta), [Jean-Marc Jot](#) (Izotope), [Miller Puckette](#) (UCSD), [David Zicarelli](#) (Cycling '74).

L'adoption de l'anglais comme langue des échanges et la diffusion en ligne des sessions ont contribué à étendre sa diffusion (de l'ordre de 250 participants simultanés) et à renforcer la dimension internationale de l'événement avec des participants situés dans différentes régions du monde.

### Ateliers Forum Hors les murs à Montréal

4-6 et 11-12 février, événement en ligne

Cet événement co-organisé avec l'Université McGill et la Société des Arts Technologiques (SAT) devait se tenir à l'automne 2020 et a dû être reporté dans une forme intégralement en ligne avec accès gratuit sur inscription. Son [programme](#) a compté 70 intervenants et 750 participants de nombreux pays autour des thématiques de la spatialisation sonore, de l'orchestration et de la perception. Il a aussi comporté une journée conjointe avec la SAT dans le cadre du Symposium iX Son et immersion ainsi que la diffusion en ligne de concerts organisés en collaboration avec Le Vivier de l'Ensemble Paramirabo (en direct), de l'Ensemble contemporain de McGill et d'artistes solistes sur des œuvres notamment de Jean-Luc Hervé, James O'Callaghan, Zosha di Castri et Georgia Spiropoulos.

### ManiFeste-2021

Le festival de l'Ircam, touché partiellement par les restrictions sanitaires, a connu une « seconde vie » avec de nombreuses captations et diffusions en ligne, qui constituent des productions à part entière. À l'affiche de l'édition de 2021 : la musique dans le miroir de l'image et du cinéma (*Vertigo* de Brice Pauset ou *Une page folle* de Mayu Hirano, *Paris qui dort* de René Clair et Yan Maresz) ; la musique dans le miroir de la fiction avec la collection des Musiques-Fictions ; la musique dans le miroir de sa propre histoire qu'elle intègre (les canons de Palestrina chez Bernhard Lang, l'ars nova de Machaut chez Philippe Leroux, les plis baroques et style responsorial de la Renaissance pour *Répons* de Pierre Boulez, qui terminait triomphalement cette édition. L'ouverture de toute la manifestation revenait à la jeune création, passée par le Cursus de l'Ircam, avec notamment Sivan Eldar et Oren Boneh.

### ■ Formations en ligne

La crise sanitaire nous a confrontés à la nécessité d'adapter notre enseignement à distance et à développer le e-learning. L'enseignement à distance s'est développé en 2021 avec des cours de spatialisation à destination des ingénieurs du son du Sound Lab de Taipei, d'un module pour les étudiants de la Fémis, de même que pour la formation professionnelle où de nombreux stages ont été réorganisés à distance (Open Music, Modalys, Max 1<sup>er</sup> degré). Nous avons sciemment amplifié le e-learning pour la saison de formation professionnelle 2021-2022, avec des cours en anglais pour un public étranger, jusqu'à désormais intégrer les possibilités de l'enseignement à distance.

### ■ Collaborations internationales

Les collaborations internationales, en particulier dans le domaine de la recherche, se sont poursuivies à un rythme soutenu d'échanges, restreints, sauf exceptions, à des visioconférences. Pour la première fois, plusieurs projets européens démarrés en 2020 se tiennent sans que les membres de leurs consortiums n'aient encore eu la possibilité de se rencontrer physiquement.

### ■ MediaFutures

Le projet européen MediaFutures, démarré en septembre 2020 autour d'un programme de résidences artistiques coordonnées par l'Ircam et d'accélération de startups vise à renouveler le secteur des médias par l'accès à de grandes bases de données informationnelles. Ce cycle annuel complet s'est déployé en 2021 à travers les étapes successives de sélection de ses candidatures, de processus d'accompagnement et de mentoring d'une première cohorte de 9 artistes et 7 startups pendant 6 mois aboutissant à un événement public en ligne et à l'attribution de prix pour chaque catégorie avant le lancement d'un second appel.

## NOUVEAUX PARTENARIATS ET NOUVELLES OPPORTUNITÉS DE SOUTIEN

### ■ Montage de projets

Le renouvellement d'une masse critique de projets financés dans le cadre de programmes nationaux et internationaux est nécessaire pour assurer des ressources pérennes aux secteurs UMR et IMR de l'Ircam dont les subventions ne contribuent qu'à hauteur d'environ 50 % de leur budget total. Un seul projet nouveau (Exovoices, équipe Analyse/synthèse) ayant été obtenu en 2021 dans le cadre de l'ANR, cette situation particulière a fait l'objet d'une mobilisation, dans le contexte d'opportunités liées à de nouveaux appels :

- Au niveau européen, les premières publications au printemps du programme pluriannuel Horizon Europe et notamment d'appels faisant intervenir, dans la lignée de l'initiative S+T+ARTS (Science, Technology and the Arts), l'articulation de projets d'innovation technologique avec le secteur culturel, l'Ircam a fait le choix de participer à la soumission du projet DAFNE+. DAFNE+ est centré sur l'application de technologies de blockchain et de NFT au secteur des industries culturelles, à partir de recherches et innovations dans le domaine multimédia (image et son), plus particulièrement en ce qui concerne l'Ircam, pour un cas d'usage lié à son Forum en vue de la diffusion et le partage de modules techniques contribuant à la production musicale et sonore. DAFNE+ a été sélectionné parmi les 3 projets retenus sur les 31 soumis à cet appel pour un démarrage au premier semestre 2022.
- Au niveau national, la publication des premiers appels thématiques du PIA4 liés aux industries culturelles et créatives s'est traduite par la soumission de la part de l'Ircam comme chef de file, du projet Continuum dans le cadre de l'appel à projets « Expérience augmentée du spectacle vivant ». Continuum, en collaboration avec les sociétés Amadeus et VRTuoz, vise

la constitution d'une chaîne de production et de diffusion de contenus audio spatialisés de haute qualité à la fois en concert avec des dispositifs multi-haut-parleurs et en écoute individuelle avec des casques de réalité virtuelle.

- Une dizaine de projets ont été soumis par les équipes de l'UMR STMS dans le cadre de l'appel à projet générique de l'ANR 2022.
- La direction de l'IMR a organisé fin 2020, en lien avec le service RH, une formation au montage de projets ANR et européens, portant notamment sur les nouveaux programmes Horizon Europe, les appels ERC et MSCA (Marie Curie) et les projets ANR JCJC. Elle a été largement suivie par les collaborateurs STMS et IMR.

### ■ Conventions CNM et CMBV

Le Centre national de la musique a signé avec l'Ircam une convention autour de trois lignes d'action : le soutien financier à la traduction en anglais de la base de référence hypermedia BRAHMS dès 2021 ; le soutien à l'innovation autour des Ateliers du Forum de l'Ircam, prévu en mars 2022 ; le soutien à la réouverture de l'Ircam à ses publics en juin 2022, avec des journées professionnelles dédiées à l'ensemble de la filière musicale.

Un autre partenariat inédit a été établi avec le Centre de musique baroque de Versailles, pour le programme Janus, s'étendant de 2022 à 2024. Grâce au soutien financier de la DGCA, Janus permet la rencontre de la maîtrise vocale de Versailles pour des compositeurs et compositrices passés par l'Ircam. Un dialogue inédit entre l'écriture vocale du Grand Siècle français, les instruments anciens et l'écriture contemporaine intégrant l'électronique.

## TRAJECTOIRES DE COMPOSITEURS

L'Ircam est un protagoniste essentiel pour l'émergence de nouvelles signatures musicales, grâce à son Cursus qui fêtait ses 30 ans en 2021, et grâce à l'académie pluridisciplinaire de ManiFeste. La priorité de l'Ircam est de soutenir de réelles trajectoires plutôt que des premières isolées. Ainsi Roque Rivas, passé par le Cursus, est-il aujourd'hui résident dans le circuit des Villas Albertine aux USA. De même pour Sivan Eldar qui a dessiné une trajectoire exemplaire depuis la pièce mixte de son Cursus jusqu'à l'opéra *Like Flesh*, remportant le prix Fedora et créé à Lille, et un futur projet scénique à Aix-en-Provence. Francesco Filidei témoigne également de la réussite de son parcours, passé par le Cursus et se retrouvant aujourd'hui sur les scènes européennes, de Donaueschingen en 2021 à la Scala de Milan en 2025.

Le Cursus dépasse le cadre unique du concert en tendant vers le multimédia et l'installation. La même idée a présidé au lancement de la Chaire Supersonique avec les Beaux-Arts de Paris : permettre à des plasticiens d'approfondir leur maîtrise du sonore et à des musiciens de mieux réfléchir à leurs propres installations. Du côté des interprètes, l'action de l'Ircam se concentre sur l'Ensemble européen ULYSSES, dont la géométrie varie chaque année et sur le tout nouveau Prix Élan, conçu avec l'Orchestre national d'Île-de-France.

## ACTION ET MÉDIATION CULTURELLES

La recherche de nouveaux publics concerne aujourd'hui toute la musique contemporaine, donc au premier chef l'Ircam, au moment de la réouverture de sa salle et de l'essor d'une saison inédite. Les médiations culturelles en direction de publics éloignés empruntent deux formes. D'une part une approche des métiers et des usages de l'électronique, avec des expériences tirant parti des innovations technologiques et s'adressant à un large public. D'autre part, des « récits-parcours » élaborés avec de multiples partenaires autour des rendez-vous artistiques et scientifiques de l'Ircam

– Que raconte-t-on et à qui, lorsque on programme une soirée électronique immersive ou un *Polytope* multimédia ?

### ■ Parmi les dispositifs numériques lancés en 2021, *Maestra, Maestro!* et *TACT*

Pour *Maestra, Maestro!* à la Philharmonie des enfants, dans le cadre d'une prestation coordonnée par Ircam Amplify, l'équipe Interactions son musique mouvement a conçu et réalisé ce dispositif permettant à un enfant de diriger un orchestre à partir de technologies de reconnaissance de geste mises au point dans l'équipe. Ce dispositif a été très remarqué à l'occasion de l'inauguration de la Philharmonie des enfants le 29 septembre.

*TACT* est un autre dispositif interactif permettant à un public très large de s'emparer d'une tablette graphique et sonore, de moduler les composantes visuelles d'un panorama autant que ses composantes sonores. Conçu par une équipe mixte, artistique et technique, embarquant de jeunes compositrices, des designers mais aussi un artiste reconnu comme Georges Aperghis, *TACT* est soutenu par le programme européen ULYSSES, par le Centre Pompidou, se présente comme le lointain descendant de l'UPIC de Xenakis.

### ■ Forum Ircam

Le Forum Ircam regroupe la communauté des utilisateurs des technologies de l'Ircam : artistes, enseignants, chercheurs, étudiants, ingénieurs. Il contribue pour une part importante à la diffusion des activités de l'Ircam par l'ampleur et le dynamisme de la communauté internationale qu'il fédère : celle-ci a connu en effet une croissance de 25 % en un an pour s'élever fin 2021 à environ 25 000 membres inscrits. Outre l'organisation d'ateliers annuels à Paris et d'ateliers hors les murs, cette année à Montréal et à Taipei (cf. supra), les principales actions de médiation menées en 2021 ont consisté à fiabiliser sa plateforme web, à simplifier et rationaliser sa présentation autour d'une structuration en technologies

et à contribuer à la production de contenus vidéo sous forme de tutoriels et films promotionnels, complétant une production de nouveautés logicielles menée conjointement par les équipes de l'UMR STMS et de l'IMR et qui a comporté de nombreuses avancées dans l'année.

## RECHERCHE

### ■ Design et écologie sonores

Les recherches en design se sont poursuivies tant sur le plan de leurs fondements conceptuels que pour la production d'outils spécifiques et leur applications industrielles et artistiques. Les travaux théoriques ont notamment été abordés dans le cadre du projet européen Marie Curie Participatory Designing with Sound de Stefano Delle Monache, mené en lien avec la TU Delft, ainsi que la thèse de Tom Souaille, en collaboration avec le LS2N – École Centrale de Nantes, sur la conception interactive en design sonore qui s'attache en particulier à la notion d'intrusivité dans le design sonore automobile. Les prestations dans ce secteur avec Renault sur les interfaces homme/machine sonores relatives à la signalétique extérieure des voitures ont abouti dans l'année au rendu de plusieurs variantes destinées à être intégrées dans les prochains modèles de la gamme de voitures électriques de ce constructeur. Dans le secteur de la santé, les collaborations initiées avec le GHU Paris Psychiatrie et Neurosciences et plusieurs autres laboratoires en design se sont traduites par la signature d'un accord-cadre de collaboration dont les premiers travaux ont porté sur une approche non médicamenteuse de la modulation de l'anxiété pour des patients en psychiatrie auxquels il est proposé des listes d'écoute musicales personnalisées.

L'ensemble de ces travaux repose sur le développement d'outils originaux pour le design sonore qui ont connu plusieurs avancées remarquables diffusées dans le cadre du Forum Ircam avec l'aboutissement de *Speak* dans sa version web et d'extensions sous forme de nouveaux corpus sonores du logiciel d'esquisses *SkataRT*.

La conception de l'environnement sonore s'inscrit également dans des projets artistiques de composition urbaine et paysagère avec, en 2021, l'aboutissement de la résidence en recherche de Nadine Schütz dans l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs. Son travail s'est organisé autour de différents cas d'étude dans plusieurs sites franciliens, notamment Place de La Défense et aux Grandes-Serres de Pantin, site industriel historique, avec une série d'œuvres évoquant la mémoire sonore industrielle du lieu et plus récemment sur le parvis du Tribunal de Grande Instance, avec la création de « Niches Acoustiques », projet lauréat du Budget Participatif 2019 de la Ville de Paris. Ce dernier projet fait l'objet de la thèse de Valerian Fraisse dans l'équipe Perception et design sonores en collaboration avec l'Université McGill de Montréal sur l'étude de l'influence des installations sonores sur la perception des environnements urbains; une importante campagne de mesures sur site a été effectuée au printemps 2021 pour concevoir un environnement de test et de simulation de l'environnement du parvis en audio immersif et à orienter les processus de composition de l'artiste.

Ces travaux sont liés au projet de recherche artistique « Reconfiguring the Landscape » coordonné par Natasha Barrett (Académie de Musique de Norvège) en collaboration avec Andrew Knight-Hill (Univ. Greenwich), Nadine Schütz et l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs, qui a fait l'objet d'un atelier de création : les trois compositeurs ont conçu une série d'esquisses musicales répondant aux paysages urbains post-industriels de Paris et ses environs et exploré différentes approches de la création collaborative. Les résultats de cet atelier ont été restitués au public à l'occasion du colloque « Reconfiguring the landscape » qui s'est tenu à l'Ircam les 26 et 27 novembre. La rencontre autour du vivant et de la philosophe Vinciane Despret, organisée par l'Ircam (Nicolas Donin) et le Département Culture et

Création du Centre Pompidou, a constitué une autre entrée remarquable dans la Phonocène et l'Anthropocène, suivie par un très large public.

### ■ Intelligence artificielle

Dans la continuité des initiatives menées au cours des dernières années, les techniques d'intelligence artificielle concentrent une part croissante des recherches de l'UMR STMS.

Dans l'équipe Représentations musicales, les recherches sur la générativité et l'improvisation ont été marquées par le démarrage du projet ERC Advanced REACH de Gérard Assayag sur la co-créativité homme/machine, par la publication de nouvelles versions des logiciels SoMax et DYCI2 issus notamment du projet ANR MERCI et par plusieurs projets artistiques, avec la création de *Music of Choices* d'Alexandros Markeas, l'installation Critical Climate Machine de Gaëtan Robillard dans le cadre du projet MediaFutures, la résidence de recherche et création de Rémi Fox et le travail de fond mené avec Steve Lehman et l'Orchestre National de Jazz en préparation de la création du projet Ex Machina en 2022. Dans cette même équipe, les travaux de sa composante ACIDS, outre la soutenance d'HDR de Philippe Esling, ont vu l'achèvement du projet ANR international MAKIMOno sur l'orchestration en collaboration avec l'Université McGill, la production de plusieurs logiciels nouveaux de synthèse et traitement audio à base de deep learning dont la bibliothèque librairie nn~ implémentant les modèles WaVAE et RAVE et plusieurs collaborations artistiques, en particulier avec Alexander Schubert pour sa pièce *Convergence* primée en 2021 à Ars Electronica, qui scénarise les artefacts de manipulation visuelle et sonore par l'intelligence artificielle et pour sa nouvelle pièce *Anima*.

Les recherches de l'équipe Analyse et synthèse des sons initiées depuis plusieurs années autour de méthodes de traitement de signal à base d'apprentissage profond ont fait l'objet en 2021 de

plusieurs avancées importantes, d'une part la finalisation du projet ANR TheVoice consacré à la conversion d'identité vocale, d'autre part la mise au point d'un vocodeur neuronal effectuant des synthèses sonores réalistes. Le système est aussi utilisé pour la synthèse de voix chantées combinant les voix de chanteurs à plusieurs registres et tessitures pour le projet de résidence en recherche de Judith Deschamps autour de la recréation d'un répertoire du castrat Farinelli. Dans le domaine de production automatique de métadonnées à partir d'enregistrements sonores, qui fait l'objet de nombreuses collaborations avec Ircam Amplify, l'année a en particulier été marquée par les premiers aboutissements et l'industrialisation de recherches sur la détection automatique de défauts dans les enregistrements sonores qui représente un enjeu commercial important. L'année a aussi vu le démarrage du projet européen AI4Media, qui constitue un laboratoire d'excellence distribué sur les applications des techniques de deep learning au secteur des médias et dans lequel l'équipe Analyse et synthèse des sons développe une nouvelle génération de synthétiseur sonore.

## Les moyens financiers

### COMPTE FINANCIER DE L'IRCAM 2021 : RENOUVELLEMENT DU SOUTIEN (EN K€)

Fonctionnement			
Dépenses		Recettes	
Personnel	7 285	Subvention de l'État	6 566
Autres charges	2 822	Subvention recherche (ANR Europe)	1 681
Résultat exercice	67	Prestations de service	912
		Partenariat & mécénat	149
		Autres produits	719
		Produits exceptionnels	147
<b>Total</b>	<b>10 174</b>		<b>10 174</b>

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

Équipement			
Dépenses		Recettes	
Insuffisance d'autofinancement	52	Capacité d'autofinancement	0
Matériel audiovisuel / musical	87	Subvention d'investissement	298
Matériel informatique	161	Diminution Immobilisation net	35
Matériel et aménagements	16		
Versement en fonds de roulement	17		
<b>Total</b>	<b>333</b>		<b>333</b>

L'exercice 2021 de l'Ircam s'inscrit dans une année de renouvellement du soutien du ministère de la Culture.

#### ■ La crise sanitaire Covid-19

Cette crise a eu un impact différencié dans les comptes selon les secteurs d'activité.

Les projets scientifiques et culturels financés par l'ANR et l'Europe continuent de bénéficier d'un report d'exécution et ne présentent pas d'impact financier puisque les charges variables correspondantes sont décalées dans le temps.

L'Ircam reste confronté à une perte de revenus consécutive à une diminution d'activité dans les secteurs artistique et pédagogique.

- Les recettes des droits d'entrée aux manifestations et surtout de diffusion des spectacles tant en France qu'en Europe s'inscrivent à un niveau équivalent à celui de 2020, premier exercice impacté par la crise sanitaire. Ceci représente toujours une réduction de plus de 285 K€ par rapport à l'exercice 2019.
- L'Ircam a renouvelé l'accompagnement des compositeurs et versé, à la remise de l'œuvre, tous les droits liés aux contrats de commande.
- Les recettes des formations professionnelles restent impactées par l'annulation des dates de formation.

L'Ircam a répondu aux conditions d'éligibilité du chômage partiel et y a eu encore recours en 2021, mais d'une manière très limitée. L'institut a ainsi obtenu à ce titre un montant de 4 K€.

■ **La filiale de commercialisation Ircam Amplify SAS : augmentation de capital**

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.

Au cours de son troisième exercice social, Ircam Amplify a posé les jalons lui permettant de construire une relation avec les clients et de développer des innovations technologiques dans les différents domaines d'application du son (traitement du signal sonore, transformation du son, interfaces homme/machine, spatialisation du son, indexation, recommandation, etc.).

Afin de consolider son capital social et de lui permettre de développer son activité et son offre, la société a bénéficié d'une augmentation de capital pour un montant global de 1 199 902,92 €, prime d'émission comprise.

Cette augmentation de capital a été intégralement souscrite par un investisseur institutionnel (la Caisse des Dépôts) et un nouveau partenaire stratégique (Numéric Pipeline).

L'Ircam détient ainsi 59,54 % du capital contre 71,43 % antérieurement. Les associés aux côtés de l'Ircam sont à ce jour la Caisse des Dépôts, la société Believe, la société E.T.R.E., la société Post'Advisors et la société Numéric Pipeline.

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 62 K€ avec sa filiale.

■ **La convention triennale 2021-2023 avec la DGCA, après une subvention étale depuis 20 ans, s'inscrit en hausse de 300 K€ (soit de 5,50 %)**

La convention triennale 2021-2023 apporte une évolution au financement de l'Ircam.

L'institut bénéficie du programme 131 du ministère destiné à soutenir la création artistique.

Ce programme de fonctionnement servait également à assurer le financement des investissements en matériel de l'Ircam.

À partir de 2021, les investissements sont cette fois financés à partir d'un programme dédié géré par la DGCA.

Indirectement, le maintien du montant de la subvention de fonctionnement a donc ouvert la possibilité de financer trois postes de salariés permanents.

L'Ircam a bénéficié du dégel budgétaire lui permettant in fine d'équilibrer ses comptes et de maintenir son niveau de mission.

Les travaux de désamiantage de l'Espace de Projection ont toujours un impact sur les activités publiques de l'Ircam qui sont donc hors les murs. Le coût cumulé de la perte d'exploitation de l'Espro et de la logistique liée à la production hors les murs a été intégré au soutien par la subvention depuis 2016 à hauteur de 130 K€/an.

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

Ces financements sont de 31,44 % 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 149 K€, soit une croissance de 46 K€ par rapport à l'exercice précédent. 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

The image shows a handwritten musical score for two hands, labeled 'Main droite' and 'Main gauche'. The score is written on two systems of staves. The first system covers measures 1 through 15, and the second system covers measures 16 through 29. The notation includes notes, rests, and various annotations:

- Fingerings:** Numbers 1-5 are written in red circles below notes to indicate fingerings.
- Accents and Dynamics:** Symbols like '3' and '7' are placed above notes, possibly indicating accents or specific rhythmic values.
- Movement Directions:** Green arrows indicate the direction of the gesture. Some arrows are labeled with text like '(vers le sol)' (towards the ground) and '(vers avant)' (towards the front).
- Impact:** A large green arrow pointing upwards is labeled '= impact final'.
- Other Annotations:** There are curved arrows above notes, possibly indicating slurs or phrasing.

## ACCÉLÉROMÈTRE

\* → : direction du geste / geste rapide et sec  
 \* → | : Impact de la frappe

↑ en haut  
 ↓ en bas etc.  
 ↗ ↘ ) De biais  
 ↖ ↙

## KINECT

3	2	1
6	5	4

© haut

3	2	1
---	---	---

© mi

## L'activité recherche



ircam  
Centre  
Pompidou



### ■ Les tutelles scientifiques de l'UMR STMS

[www.stms-lab.fr](http://www.stms-lab.fr)

L'Ircam, association à but non lucratif reconnue d'utilité publique, est associée au Centre Pompidou et placée 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. La nouvelle convention d'UMR est finalisée.

Directrice : Brigitte d'Andréa-Novel.

Directeur adjoint : Jean-Louis Giavitto jusqu'au 31 août 2021 et Nicolas Misdariis à compter du 1<sup>er</sup> 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 :

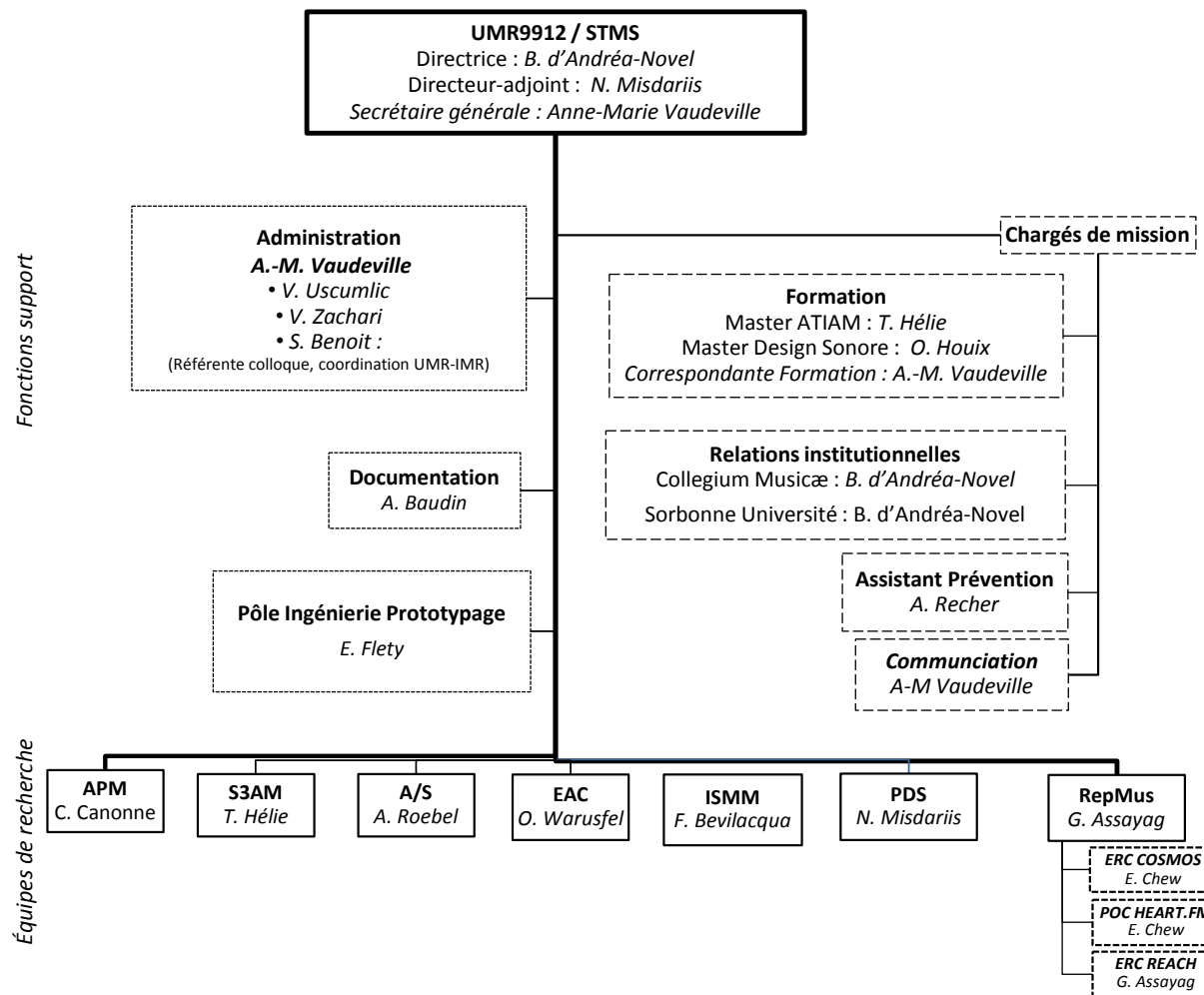
- IA et créativité ;
- design sonore, discipline intégrée dans le champ de la recherche en design ;
- spatialisation audio 3D : en RV/RA, comme outil compositionnel et dans un contexte web audio de performance distribuée ;
- axe son/musique et santé.

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

### ■ Savoirs, pratiques, usages de l'acoustique musicale (xix<sup>e</sup>-xxi<sup>e</sup> siècles)

Histoire des rapports entre musique, son et science en France  
au xix<sup>e</sup> siècle

En 2021, Fanny Gribenski a déposé la version finale de la monographie *Tuning the World*, à paraître chez University of Chicago Press à l'automne 2022. La détermination d'une mesure unifiée pour la musique a été l'objet de nombreux débats, au centre d'intenses négociations entre pays et domaines d'expertise. Reflets de l'importance de ces échanges et de ces pratiques, des archives et collections à travers le monde conservent une riche documentation remontant au début du xix<sup>e</sup> siècle, qui permet de reconstituer les conversations et les pratiques qui ont mené à l'adoption du ton du diapason *la* 440 lors d'une conférence internationale organisée à Londres en 1939. Pour l'essentiel, ces sources sont demeurées inexplorées et aucune étude n'a jusqu'ici éclairé la création de cette mesure. À partir d'une combinaison de perspectives issues de la musicologie, des *sound studies*, de l'histoire transnationale et des études de sciences, cette recherche met en évidence les champs d'expertise et les acteurs impliqués dans la détermination du *la* 440, ainsi que les outils, stratégies et politiques déployés pour mesurer, contrôler et réguler les fréquences sonores.

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	3	Revue à comité de lecture	10	Nationaux et régionaux : ANR JCJC	1	Pablo Arias (PDS) Benjamin Matuszewski, Aliénor Golvet (ISM)	G. Aperghis Quintette El memorioso Rastermusic
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, associés	1	Conférences avec comité de sélection	2	Internationaux	0	Jillian Rogers (Jacob School of Music, Indiana University at Bloomington) Edward Gillin (University of Leeds)	A. Maestracchi F. Durieux
Doctorants	0	Ouvrages et chapitres	12	Contrats industriels	0	David Pantalony (Canada's Museums of Science and Innovation) Pavel Sturm (Charles University, Prague) Vincent Tiffon (Univ. Aix-Marseille) Hugo Rodriguez (KBR)	Collectif Nuthing Quatuor Bozzini
Stagiaires	0	Thèses de doctorat et HDR	2			Viktoria Tkaczyk (Humboldt Universität et Max Planck Institute for the History of Science) Lin-Ni Liao (Iremus) Pierre Saint-Germier (U. Louvain) Louise Goupil (East London University) Philippe Albèra (Contrechamps) Nuria Nono-Schoenberg (Fondazione Archivio Luigi Nono) Jean-Julien Aucouturier (Femto-ST, CNRS) Thomas Wolf (CEU) E. Majeau-Bettez (McGill University)	

Fanny Gribenski et Jillian Rogers (Indiana University Jacobs School of Music) ont également préparé un numéro spécial du *Journal of Musicology*, traitant des rapports entre musique, science et politique en France et dans ses colonies, durant le Long xix<sup>e</sup> siècle, c'est-à-dire de la Révolution à la Première Guerre mondiale (soumission prévue en avril 2022). Destiné à un lectorat généraliste, ce volume vise à montrer l'apport d'un travail sur la France du xix<sup>e</sup> siècle pour renouveler l'étude des croisements entre son et science. Le haut degré de centralisation des systèmes musical, scientifique et politique français en fait en effet un bon point d'entrée pour tracer les implications sociopolitiques des échanges entre ces deux domaines. Le numéro analyse différents moments de coproduction des pratiques musicales et scientifiques et montre

comment leurs interactions furent façonnées par divers contextes militaires, religieux, industriels, sociaux et environnementaux. Au sein de ce numéro, l'article de Fanny Gribenski, intitulé « Restoring Social Order Through Music, Science, and Technology: Church, State, and the Organ », examine l'usage de l'instrument par les pouvoirs civils et religieux comme un outil politique, destiné à restaurer l'autorité de l'État et de l'Église catholique au lendemain de la Révolution française. Il montre ainsi le rôle méconnu de ces deux instances dans l'histoire de la facture d'orgues « moderne ».

### Instruments et phonétique en mouvement

Mené en collaboration avec Pavel Sturm (Charles University, Prague) et David Pantalony (Ingenium-Canada's Museums of

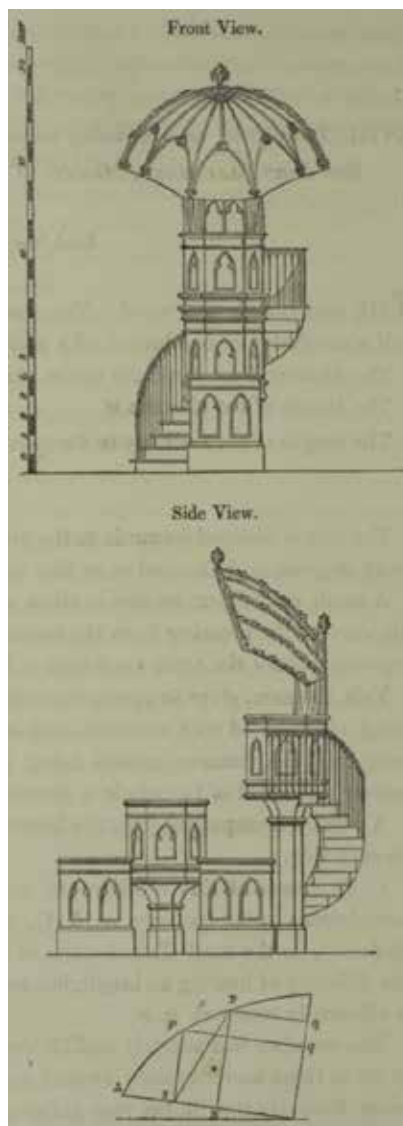


Figure 1. Diagramme illustrant les efforts du révérend John Blackburn pour améliorer l'acoustique de son église située à Attercliffe, près de Sheffield, édifée dans le cadre d'un programme de construction initié par le gouvernement pour faire face au défi de l'industrialisation et de la croissance urbaine (*Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1828).

Science and Innovation, Ottawa), ce projet porte sur le transfert de technologies et de savoir-faire dans le domaine de la phonétique expérimentale entre la France et la République tchèque au début du xx<sup>e</sup> siècle. Fondée sur une enquête autour de la réplique pragoise d'un grand tonomètre du fabricant d'instruments scientifiques Rudolf Koenig, cette collaboration a fait l'objet d'une communication lors du congrès annuel de la Scientific Instrument Society, au mois de juillet 2021.

#### Acoustique et recherche musicales après 1945

Le projet portant initialement sur une histoire orale de l'acoustique musicale s'est davantage structuré en 2021 et inclut aussi de manière plus générale la recherche musicale. Il s'intitule dorénavant RAMHO (Recherche et acoustique musicales en France : une histoire orale) et regroupe un noyau resserré de quelques chercheurs : F.-X. Féron, F. Gribenski, N. Donin, L. Zattra et V. Tiffon. Le projet RAMHO vise à retracer l'histoire intellectuelle et matérielle des interactions entre art et science dans le domaine du son en France depuis 1945. À travers des entretiens semi-dirigés avec des représentants de diverses institutions dédiées à l'acoustique musicale (LAM, Ircam, GRM, Afnor, Radiodiffusion...), il s'agit de mettre en évidence les effets de réseau à une triple échelle locale, nationale et internationale. Par un recours à l'histoire orale comme contrepoint ou alternative au travail d'archive, ce projet vise à regrouper de nombreux témoignages venant compléter, voire déconstruire les grands récits tels que ceux produits par une histoire hagiographique de la création musicale et de l'innovation technologique, et de mettre à disposition pour des recherches futures des entretiens et documents qui seront publiés en ligne sur une future base de données dont le développement devrait s'opérer en 2022.

Dans le cadre du projet RAMHO, F.-X. Féron et F. Gribenski, avec l'aide de J. Ratel (stagiaire recruté avec une allocation du ministère de la Culture), ont poursuivi leurs recherches autour du LAM

en s'entretenant avec J.-S. Liénard et M. Castellengo. Ils ont par ailleurs, avec le concours d'É. de Gélis, réalisé un entretien filmé avec les deux chercheurs au sujet de l'icophone qu'ils ont à cette occasion refait fonctionner. Un essai et des notices biographiques ont été rédigés pour la base de données *Sound & Science: Digital Histories* et un film documentaire sur l'icophone est en cours de montage (publication prévue en 2022). F.-X. Féron et L. Zattra ont par ailleurs réalisé en visioconférence 9 entretiens avec John Chowning qui a participé activement à la création de l'Ircam. Les entretiens ont été intégralement transcrits et font l'objet d'un travail éditorial pour intégrer la future base de données mais aussi pour un ouvrage biographique. Enfin, un nouvel entretien avec Michel Decoust a été conduit par V. Tiffon et F.-X. Féron. Grâce à l'obtention en 2021 d'un financement (projet « Émergence ») de la part de Sorbonne Université, un post-doc et des stagiaires de master intégreront en 2022 l'équipe du projet RAMHO.



Figure 2. M. Castellengo faisant une démonstration de l'icophone (LAM, 19 janvier 2021).

### Composer (avec) l'espace

Au fil des siècles, l'espace est devenu pour beaucoup d'artistes une dimension à part entière occupant une place centrale au sein du processus créatif. Si la notion d'espace en musique peut souvent renvoyer à des concepts abstraits, elle est abordée ici en tant que dimension sonore travaillée par les compositeurs et perçue par les auditeurs. F.-X. Féron mène des recherches d'ordre musicologique et psychoacoustique sur la notion d'espace dont il a exposé certains aspects à travers plusieurs cours (pour les étudiants de l'ENS Paris-Saclay, du CNSMDP de l'Ircam). Les recherches qu'il mène avec C. Guastavino (McGill University) et C. Camier (Saint-Gobain Recherche) sur la spatialisation dynamique du son à haute vitesse ont fait l'objet d'une communication dans le cadre du Forum Hors les Murs qui s'est tenu en visioconférence du 4 au 6 février et les 11 et 12 février 2021. Il a par ailleurs été invité à donner une conférence dans le cadre du colloque « Music and Space: Past Experiences, Future Perspectives » qui s'est tenu à Parme les 2 et 3 décembre 2021.

### Acoustique et création musicale

Par ailleurs, F.-X. Féron poursuit la préparation de son ouvrage monographique sur les *Espaces acoustiques* de Gérard Grisey pour les Éditions Contrechamps. Dans le cadre d'une journée d'étude dédiée au compositeur à la HEM de Genève, il a conduit le 16 décembre 2021 deux *master class* consacrées à l'interprétation de *Prologue* et de *Périodes*. Un chapitre consacré à Grisey a paru dans sa version électronique dans *The Oxford Handbook of Spectral Music* édité par Amy Bauer, Liam Cagney et William Mason.

### ■ Repenser l'instrument de musique

#### Lutherie, hacking, improvisation

C. Canonne a soutenu son Habilitation à diriger des recherches en novembre 2021, avec un manuscrit inédit intitulé *La lutherie des improvisateurs*. Celui-ci se déploie en cinq chapitres. Le premier

chapitre montre comment les opérations et les valeurs caractéristiques de « l'âge de faire » sous-tendent le travail de lutherie des improvisateurs, et analyse le lien qu'il y a entre ces opérations et les exigences particulières auxquelles doit répondre un instrument d'improvisation. Le deuxième chapitre se focalise sur le cas des instruments préparés, en montrant comment l'adjonction d'objets en vient à modifier en profondeur la nature des processus créatifs et cognitifs impliqués par l'instrument. Le troisième chapitre montre le rôle que joue le travail de lutherie dans le modelage des circulations artistiques et institutionnelles d'un monde de l'art à l'autre. Le quatrième chapitre présente une étude de cas autour du spat' sonore, et analyse les stratégies utilisées par les musiciens pour construire quelque chose comme un instrument d'improvisation collectif. Le cinquième chapitre, enfin, contraste la lutherie des improvisateurs avec certaines pratiques de lutherie à l'œuvre chez les musiciens pratiquant l'interprétation historiquement informée. Il s'agit maintenant de reprendre ce manuscrit pour le publier en anglais sous la forme d'un ouvrage monographique intitulé *Instruments of Improvisation*.

### L'orgue à bouche entre Orient et Occident : l'invention d'un répertoire contemporain

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. Intitulé « L'orgue à bouche entre Extrême-Orient et Occident. L'invention d'un répertoire contemporain », ce numéro paraîtra en avril 2022. Outre un article

co-écrit avec Liao Lin-Ni, F.-X. Féron a réalisé dans ce contexte un cahier d'analyse consacré à l'œuvre *Fallings* pour *shō*, violon et violoncelle du compositeur canadien Daryl Jamieson. Ce projet éditorial s'inscrit dans le cadre du projet international ACTOR dont F.-X. Féron est partenaire.

### ■ Scripts et notations pour l'action musicienne

#### Notations alternatives

À partir du travail conduit avec les musiciens du collectif Umlaut, C. Canonne et N. Donin ont achevé l'écriture d'un article, en cours de soumission. Cet article s'appuie en particulier sur un protocole d'auto-notation dans lequel les musiciens ont eu à improviser un solo de 3-4 minutes puis à noter les éléments dont ils auraient besoin pour pouvoir rejouer le « même » solo. Cet article s'attache notamment à montrer la diversité des ontologies implicites des improvisateurs, que le protocole permet justement de révéler. Ce qui constitue l'identité d'une improvisation donnée varie d'un musicien à l'autre, et ses « ingrédients » constitutifs ne se déploient pas nécessairement au même niveau : l'identité d'une improvisation est parfois celle des matériaux qui la constituent ; parfois celle de la situation musicale qu'elle instancie ; et parfois celle du territoire qu'elle exprime. Ce protocole a également été décliné avec des duos ; mais autant les musiciens se sont prêtés au jeu de bonne grâce dans le cas du solo, car l'idée de rejouer le « même » solo avait un sens pour eux, autant le cas de l'improvisation collective a suscité beaucoup de résistances. Et s'il en est ainsi, c'est précisément parce que ces musiciens font une différence essentielle entre improvisation libre en solo et improvisation collective libre : là où l'improvisation en solo semble pouvoir s'accommoder d'une certaine dimension, d'ailleurs souvent assumée, de pré-planification – ce qui la rend plus facilement métabolisable dans une notation – l'improvisation collective libre ne semble prendre son sens que dans le fait que le déroulé temporel de la performance se négocie en temps réel par les interactions des musiciens les uns avec les autres.

Par ailleurs, dans le cadre du colloque « Que note la notation ? » à l'UC Louvain (mars), N. Donin a analysé l'expérience de notation sur le vif par le compositeur Karl Naegelen d'une improvisation réalisée par deux musiciens du collectif Umlaut au cours de la rencontre publique « Musique/Multiples » à l'Ircam, salle Stravinsky, en janvier 2020. En réaction à la consigne donnée par les chercheurs (« Écris la/une partition graphique qui correspondrait à cette performance particulière »), le compositeur avait réalisé une sténographie, largement basée sur un cadre conventionnel (portées lues de gauche à droite, valeurs rythmiques suivant le code du solfège), tout en y mêlant ses propres signes. Les variantes, ambiguïtés, erreurs dont témoigne l'enregistrement vidéo du processus notationnel peuvent être vues à la fois comme traces de l'écoute et de la cognition du notateur, mais aussi comme le lieu d'émergence d'une sémiologie adaptée à l'idiome musical de ces improvisateurs. Il y a à la fois notation au fil de l'élocution et mise à l'épreuve d'une sténographie adaptative et inventive, à rebours des conceptions existantes de la sténographie musicale, historiquement limitées à un répertoire formulaire du XIX<sup>e</sup> siècle.

#### L'action conjointe : intentions, scripts, coordination émergente

Le projet ANR JCJC MICA (Musical Improvisation and Collective Action) coordonné par C. Canonne s'est achevé en 2021, avec une étude s'intéressant au cas des actions conjointes créatives. Il y a une tension implicite entre la littérature sur la créativité de groupe et la littérature sur l'action conjointe : d'un côté, on insiste sur le rôle du dissensus et de la divergence ; de l'autre, on insiste au contraire sur l'alignement des agents et leur coordination. Il est donc probable que des agents s'engageant conjointement dans une action créative aient à négocier entre la dimension créative et la dimension collective de leur entreprise, et donc typiquement laisser une place au dissensus, susceptible d'aiguiller la créativité et l'imprévisibilité de la situation, sans que celui-ci ne mette toutefois en péril le sentiment d'intégration qui sous-tend généralement toute action collective réussie. L'expérience que

nous avons organisée avait donc pour premier objectif d'évaluer la place d'un tel dissensus interactionnel dans l'improvisation libre. Dix duos ont été recrutés pour participer à l'expérience. Les musiciens composant ces duos étaient plus ou moins habitués à jouer ensemble – certains duos n'avaient jamais joué ensemble, d'autres avaient déjà une certaine habitude de jeu en commun. Chaque duo a été invité à effectuer quatre improvisations d'une durée approximative de 5 à 10 minutes. Deux de ces improvisations avaient lieu dans la même cabine, et les deux autres étaient jouées au casque, les musiciens étant placés dans des cabines différentes. Immédiatement après la séance d'enregistrement, nous avons demandé aux participants de réécouter individuellement leurs improvisations et de les annoter à l'aide d'une application web, développée par l'équipe ISMM. L'interface représentait un triangle dont les sommets correspondaient à trois modes relationnels distincts (jouer « avec », jouer « contre », jouer « sans »).

Les résultats de cette étude ont fait l'objet d'un article paru dans la revue *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts* (Golvet, Goupil, Saint-Germier, Matuszewski, Assayag, Nika et Canonne, 2021). Nous avons ainsi constaté que pour environ 60 % de leur temps de jeu, les musiciens ont eu de fait des intentions relationnelles distinctes. En d'autres termes, tout se passe comme si les musiciens combinaient leurs intentions relationnelles de telle sorte à éviter un alignement relationnel strict et à créer un certain degré de dissensus interactionnel.

Par ailleurs, et crucialement, nous avons trouvé que quand les musiciens étaient coprésents, ils avaient moins tendance à jouer l'un « avec » l'autre. Nous avons également trouvé un résultat similaire quand nous avons testé les effets de la familiarité : les musiciens habitués à jouer ensemble passaient moins de temps à jouer l'un « avec » l'autre et avaient par ailleurs davantage tendance à explorer l'espace interactionnel, en variant plus souvent la posture interactionnelle qu'ils adoptaient l'un envers l'autre. Ces effets confortent largement l'idée que les interactions dissensuelles jouent un rôle important dans les actions conjointes créatives,



Figure 3. Interface développée en collaboration avec B. Matuszewski pour l'auto-annotation de performances musicales.

puisqu'elles se trouvent pour ainsi dire « inhibées » lorsque les musiciens sont placés dans des conditions défavorables, et au contraire maximisées lorsque les musiciens sont placés dans des conditions optimales.

Au final, cette étude semble largement conforter l'idée selon laquelle la créativité collective se traduit généralement par une oscillation entre les comportements convergents et les comportements divergents, l'accord et le dissensus, la codépendance et l'autonomie. Une ultime expérience, réalisée fin 2021, vise maintenant à étudier si les extraits musicaux laissant une place au dissensus sont effectivement jugés comme plus créatifs. Les résultats sont encore en cours d'analyse et feront l'objet d'une publication en 2022.

#### ■ Éditions scientifiques

##### Ouvrages de référence : écrits et analyses de compositeurs italiens (1955-1995)

L. Feneyrou a fait paraître une édition des essais et des entretiens de Niccolò Castiglioni, sous le titre *Un musicien en hiver* (Aedam Musicae), avec A. Orcalli (université d'Udine), ainsi que son ouvrage analytique *Luigi Nono – Fragmente-Stille*, an Diotima (Contrechamps). Cet ouvrage constitue l'inédit de son HDR, soutenue à l'université Denis-Diderot. L. Feneyrou a également remis à Aedam Musicae la traduction du livre *Questo* (Ça) de Franco

Donatoni, ouvrage essentiel, commenté et contesté, de la théorie compositionnelle italienne des années 1970. Cette édition s'accompagne d'une longue préface de L. Feneyrou, retraçant les vingt premières années de l'œuvre musicale et théorique de Donatoni, autour notamment des notions de matériau, de processus et d'automatisme, ainsi que du vacillement de l'auctorialité. À la suite des nombreuses publications marquant le vingtième anniversaire de la mort du musicien, L. Feneyrou révisé par ailleurs sa postface à l'édition du *Parsifal à Venise* de Giuseppe Sinopoli.

#### Édition de la correspondance Jean Barraqué/André Hodeir

L. Feneyrou a fait paraître avec P. Fargeton (université de Saint-Étienne) la correspondance Jean Barraqué/André Hodeir (Delatour France), annoncée dans le précédent rapport, et incluant l'ensemble des essais d'Hodeir sur Barraqué, ainsi qu'un large appareil critique issu des autres correspondances de Barraqué.

#### 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 été débuté en 2019 de manière à ce que cette base réponde aux exigences éditoriales d'une revue scientifique en ligne s'est poursuivi. L'analyse de *Stria* de Laura Zattra a été révisée et deux nouvelles analyses ont intégré en 2021 le catalogue : *Sculpting the Air* de Jesper Nordin par B. Bacot et F.-X. Féron, et *Songes* de Jean-Claude Risset par J. Svidzinski et V. Tiffon.

L. Feneyrou et N. Donin collaborent également à la base BRAHMS de l'Ircam, encyclopédie en ligne sur les compositeurs d'après



Figure 4. Extraits de l'analyse de *Sculpting the Air* de Jesper Nordin par B. Bacot et F.-X. Féron.

1945, auxquels sont consacrés des dossiers incluant biographie, données documentaires, parcours de l'œuvre, catalogue des œuvres. Ils contribuent au Comité éditorial, aux commandes de dossiers, à leur édition, ainsi qu'aux relectures des versions anglaises de ces parcours.

#### ■ Travaux exploratoires sur de nouvelles thématiques Musique et image

Deux projets de l'équipe APM ont interrogé le rapport de la musique à l'image. D'une part, N. Donin a rédigé et remis à l'éditeur le manuscrit d'un grand entretien avec Georges Aperghis provisoirement intitulé *Conversation imagée (2019-2021)*, dont l'objectif est d'offrir une perspective renouvelée sur la poétique du compositeur à travers la documentation de son imaginaire visuel et audiovisuel. La méthode utilisée au cours des 14 entretiens menés de février 2019 à avril 2021 est d'alterner entre remémoration spontanée d'expériences « premières » des différents arts et médias, et commentaires à deux voix de documents graphiques et textuels provenant d'une grande diversité de contextes : musées, archives de l'Atelier théâtre et musique (ATEM), carnets personnels, peintures et photographies de jeunesse d'Aperghis. Un

entretien a également mis à contribution le coup de crayon du compositeur, décrivant sa façon de structurer le temps musical au moyen d'un schéma formel imaginé en temps réel pour les besoins du dialogue. Une partie de ces données a été présentée en public lors d'une intervention dialoguée au Beaux-Arts de Paris, dans le cadre de la chaire Supersonique.

D'autre part, F.-X. Féron a posé les premiers jalons d'une histoire orale de la plateforme artistique allemande (Raster/Noton/Raster-Media) en tant que collectif musical impliquant conception graphique et design d'objet. Il y a 25 ans, Franck Bretschneider (alias Komet) et Olaf Bender (alias Byetone) fondaient Rastermusic, un petit label indépendant de musique électronique qui s'acquitte avec Noton.archiv für ton und nichtton, porté par Carsten Nicolai (alias Alva Noto). Les deux entités fusionnèrent pour donner naissance à Raster-Noton avant de retrouver leur totale autonomie en 2007. Rebaptisé à cette occasion Raster-Media, avec Bender seul aux commandes, le label poursuit sa route et cultive son identité sonore et visuelle dans le paysage protéiforme des cultures électroniques. F.-X. Féron a travaillé en étroite collaboration avec la production de l'Ircam et celle du label pour concevoir dans le cadre du festival ManiFeste-2021, une journée commémorant au CENTQUATRE-PARIS son 25<sup>e</sup> anniversaire : *Saturday Raster Fever*. Il a imaginé pour cela une conférence-performance au format inédit conçue à la manière d'un concert électroacoustique accompagné d'un slide show racontant l'histoire du label et son ancrage dans les arts visuels. Quatre-vingts minutes de musique pure ont été diffusées par Julia Hanadi Al Abed sur un orchestre de haut-parleurs. Une table ronde avec les deux cofondateurs de Rastermusic a également été organisée, modérée par le musicologue Liam Cagney. Enfin, cinq performances multimédia et éclectiques ont été données en concert par des incontournables du label. Dans le cadre de cet événement, F.-X. Féron s'est occupé de rédiger les notices de présentation ainsi qu'un article pour *L'Étincelle*.

### Music et fun

C. Canonne a démarré en 2021 un programme de recherche sur les pratiques ludo-musicales – ces pratiques qui visent l’amusement des musiciens ou des auditeurs. Une première expérience sur la perception du comique musical a été réalisée en ce sens, en collaboration avec H. Rodriguez (KBR) et P. Arias (Ircam) – travail qui a fait l’objet d’une présentation au 15<sup>e</sup> symposium international « Cognition, Logic, and Communication » (Riga, novembre 2021). Nous sommes partis d’un corpus d’extraits tirés d’œuvres pour piano de Cécile Chaminade (1857-1944) – qui a écrit plusieurs œuvres dont les titres suggèrent explicitement une intention comique. Ces extraits seront 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) qui ont eu à évaluer à quel point ces extraits leur semblaient exprimer quelque chose de comique; une question analogue a également été posée sur le contenu joyeux des extraits. Nous avons ainsi pu montrer que les contrastes de registres impactaient sélectivement l’inférence de l’intention comique (et qu’ils étaient donc sans effet sur la perception de la joie), et ce indépendamment de l’expertise musicale des participants. Un article est maintenant en cours d’écriture pour soumission à *Music Perception*.

### Dramaturgies contemporaines

L. Feneyrou a rédigé pour *l’Histoire de l’opéra français* (Fayard), sous la direction d’H. Lacombe, trois articles consacrés au répertoire d’après 1945 et portant sur le statut du personnage, sur la représentation de l’histoire, du pouvoir et du politique, ainsi que sur les principales orientations dramaturgiques depuis le milieu des années 1980, marquées par la résurgence du genre, avec Dusapin, Fénelon, Manoury ou Pesson.

### Recherche-action

Plusieurs projets de l’équipe APM relèvent d’une forme de recherche-action, en lien direct avec la création musicale. Le projet « Le Plus beau son du monde » (cf. Rapport d’activité 2020) du collectif Nothing avec N. Donin a connu plusieurs avancées en 2021 : réalisation de la v1 d’un épisode-type sur la base des données recueillies lors de la résidence initiale (Royaumont, réseau SON:S, 2019); collaboration avec l’ingénieur du son S. Garrette (EHESS) pour la réalisation de deux nouveaux entretiens (19 juillet), en situation de studio et sur un lieu de travail; esquisses compositionnelles à partir de ces entretiens en vue de la réalisation d’un épisode complet à l’automne 2022.

C. Canonne a quant à lui travaillé tout au long de l’année 2021 avec le quintette d’improvisation El Memorioso, au sein d’un projet qui interroge les questions de mémoire, de reproduction et de transformation. Ce travail a débouché sur l’enregistrement d’un album à la Dynamo, à paraître à l’été 2022.

Enfin L. Feneyrou collabore également avec le label Bastille Musique (Berlin) à l’édition discographique des *juvenilia* de Barraqué, dont il a supervisé l’édition critique des partitions, avec M. Töpel (Bärenreiter), F. Durieux (CNSMDP) et A. Maestraci.



Figure 5. Les musiciens d’El Memorioso en répétition avec C. Canonne au studio Caracol (juillet 2021).

## Équipe Analyse et synthèse des sons (A/S)

Responsable : Axel Roebel

### ■ Introduction

En 2021, nous avons pu réaliser des avancées considérables concernant nos activités liées à la transformation de la voix parlée et chantée. L'un des principaux objectifs de ces deux dernières années était de développer un vocodeur neuronal permettant de reproduire la voix chantée et parlée à partir de son spectrogramme Mel. Ce vocodeur neuronal devait permettre la manipulation de la voix en deux étapes, la première étant la transformation du spectrogramme Mel et la seconde la re-synthèse à partir de ce spectrogramme Mel modifié. En 2021, nous avons pu développer un tel vocodeur neuronal, qui permet d'inverser efficacement un spectrogramme Mel avec une qualité audio quasi transparente. Le vocodeur neuronal est très flexible, permettant de traiter des spectrogrammes Mel représentant des locuteurs, des expressivités, et même des langues qui ne faisaient pas partie de l'ensemble d'entraînement. Il peut être utilisé sans GPU, ce qui sera utile pour développer des applications pour la production audio.

La validité de l'approche d'utiliser un vocodeur neuronal pour la transformation de la voix a été démontrée dans plusieurs projets : l'approche a été évaluée avec succès pour la conversion d'identité développée dans le projet TheVoice, notamment pour la production [Le périmètre de Denver \(Robin Meier et Vimala Pons\)](#), et en collaboration avec Amplify pour la production d'une série

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	6	Revue à comité de lecture	0	Nationaux et régionaux : ANR TheVoice, ANR WASABI, Région IdF MoVE, ANR ARS	4	Apeira, Dubbing Brothers, CERTH (Greece), Flux (Orléans), FhG IDMT (Allemagne), ISIR/Sorbonne Université, LAM/Sorbonne Université, LIA (université d'Avignon), PSA (Paris), Univ. Huddersfield (Royaume-Uni), Université Lumière Lyon 2, Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis	Florian Hecker Judith Deschamps Jérôme Nika
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	2	Conférences avec comité de sélection	5	Internationaux : AI4Media, IRiMaS	2		
Doctorants	8	Ouvrages et chapitres	0	Contrats industriels/via Amplify	1/7		
Stagiaires	3	Thèses de doctorat et HDR	0				

télévisée française avec Thierry Ardisson. Dans les deux cas, les résultats étaient nettement plus convaincants que notre technologie précédente. Une autre application est un réseau neuronal profond qui transforme la hauteur des voix afin de produire une voix hybride couvrant 3,5 octaves pour la [résidence artistique de Judith Deschamps](#).

Les progrès obtenus ne se limitent pas au traitement de la voix. Le synthétiseur de batterie développé dans la thèse CIFRE avec Apeira permet maintenant la synthèse de sons plus réalistes avec un contrôle du son selon trois descripteurs perceptifs. Dans le cadre du projet AI4Media, un nouveau réseau neuronal profond a été développé pour la synthèse de piano à partir de MIDI. Globalement, l'année 2021 a confirmé que les nouvelles approches utilisant l'apprentissage profond ont maintenant atteint un niveau de maturité qui permet de les utiliser pour des productions artistiques et pour la valorisation.

### Équipe

Deux nouveaux membres permanents ont intégré l'équipe en 2021. Tout d'abord, soutenue par STMS et l'équipe d'analyse et synthèse

des sons, Alice Cohen-Hadria a été sélectionnée par l'Université Sorbonne pour un poste de maître de conférences en intelligence artificielle. Après le début de son contrat, Alice a rejoint l'équipe pour y effectuer ses activités de recherche autour du traitement de la musique avec des réseaux de neurones profonds. Par ailleurs, l'un des deux nouveaux postes de recherche financés par le ministère de la Culture avait été attribué à l'équipe Analyse et synthèse des sons pour renforcer les activités de recherche et de valorisation liées au traitement du signal vocal et musical avec des réseaux de neurones profonds. Après avoir passé des auditions avec de nombreux candidats hautement qualifiés, Guillaume Doras a maintenant intégré l'équipe et a commencé à travailler sur l'estimation de la FO, l'alignement voix chantée/lyrique et le développement du synthétiseur de chant ISiS.

### Collaborations artistiques

Outre le projet avec Judith Deschamps mentionné dans l'introduction, nous avons utilisé notre algorithme d'analyse/synthèse de textures sonores pour une collaboration avec Florian Hecker et son installation [Resynthesizers 0.1-0.3](#), qui a débuté à Los Angeles



le 18 novembre. Nous notons que malheureusement, par manque de temps, nos résultats pour le projet de Vimala Pons n'ont pas pu être intégrés avant la première. Dans le contexte de la résidence de Judith Deschamps, nous avons pu produire une démonstration d'une voix chantée hybride couvrant pour l'instant 2 octaves. D'autres travaux sont en cours pour étendre aux 3,5 octaves qui seront nécessaires pour remplir l'objectif de la résidence : reproduire une voix chantée hybride couvrant l'étendue vocale attribuée à la voix de Farinelli.

#### Financement et valorisation

Avec l'arrivée de Frédéric Amadu chez Amplify, la collaboration avec Amplify s'est considérablement améliorée. Dans le cadre d'un projet avec Amplify et Ubisoft, nous avons développé une nouvelle méthode d'analyse et de re-synthèse pour les sons des coups d'armes à feu. Par la suite, nous allons l'évaluer avec la synthèse des sons de batterie. Le projet avec Thierry Ardisson avait pour but de reproduire la voix de Dalida pour une interview dans la série [Hôtel du Temps](#). Les premiers résultats ont reçu une évaluation très positive et nous sommes en train de produire d'autres exemples avec des enregistrements dédiés.

En 2021, nous avons pu recevoir un financement pour le projet interne ISiS Voices, qui sera dirigé par Carlos Lorenzi et dont l'objectif est de créer de nouvelles voix de haute qualité pour le synthétiseur de chant ISiS.

Finalement, comme l'année dernière, la police judiciaire de Nantes nous a demandé de la soutenir avec une expertise qui avait comme objectif de nettoyer des enregistrements audio.

#### ■ Le traitement de la musique

Analyse des dégradations audio (post-doc Daniel Wolff)

Nous nous sommes concentrés sur la simulation de défauts audio locaux et sur l'évaluation de détecteurs sur des défauts réels. Pour la détection de « clics » et de « dropouts », nous avons développé de nouveaux modèles basés sur des filtres qui fournissent une

variété plus grande et plus réaliste de ce type de dégradations. Nous avons comparé les modèles résultants sur des données réelles ainsi que sur des données synthétiques, par rapport à une méthode de référence open-source de la bibliothèque Essentia. Nous avons en outre commencé à enregistrer un ensemble de données de clics analogiques réels générés par un dispositif électronique. Une publication à ISMIR 2021 décrit un modèle précoce des détecteurs de clics et de glitches mp3.

#### 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 2021 en collaboration avec IrcamAmplify.

#### Analyse et transformation de sons percussifs (Rémi Mignot)

Dans un contexte de modification de sons percussifs, un modèle source-filtre a été mis en place, avec une séparation des parties transitoires et de la partie localement stationnaire. L'estimation des filtres variant dans le temps est basée sur une prédiction linéaire de filtres « warpés », au sens des structures en treillis de Laguerre. Cependant, comparée à la littérature, une amélioration de la technique a été mise en œuvre et permet une analyse multirésolution, avec un facteur de qualité qui s'adapte à la nouvelle échelle fréquentielle. Ainsi, l'analyse conserve une résolution temporelle fine en hautes fréquences afin de capter tous les changements abrupts des impulsions, et une résolution fréquentielle suffisante en basses fréquences. En outre, grâce à la structure de simulation particulière de ces filtres, une transposition fréquentielle de bonne qualité est possible sur ce type de signaux, ainsi qu'une modification de l'échelle du temps très flexible.

#### Synthèse de la batterie par réseaux génératifs profonds (thèse d'Antoine Lavault, CIFRE Apeira)

Pour la synthèse de la batterie, la voie des GANs (réseaux génératifs antagonistes) a été suivie. En particulier, le réseau formant

l'état de l'art pour la génération des images en haute résolution a été adapté pour la génération audio dans le domaine temporel. Pour contrôler la synthèse avec un nombre limité de paramètres, une supervision est utilisée : le type de fût à synthétiser ainsi que des paramètres perceptifs de haut niveau AudioCommons, réimplémentés pour une intégration « white box » dans l'entraînement du GAN. Pour augmenter la variabilité des données, un pipeline d'augmentation a été conçu et surtout une base de données ad hoc est en cours de traitement. Cette base de données compile les informations audio et de vélocité via des capteurs piézoélectriques et accélérométriques. L'accent a été mis sur une variété maximale pour obtenir une base représentative des instruments composant une batterie.

#### Génération de performances musicales réalistes à partir de données symboliques (thèse de Lenny Renault, projet AI4Media)

En première étape de ce travail de recherche, l'axe du réalisme de la synthèse audio a été abordé dans le cas de la synthèse de sons de piano : la méthode choisie se base sur l'approche DDSP (Differentiable Digital Signal Processing). En séparant la synthèse en une partie sinusoïdale et une partie bruitée, des synthétiseurs additifs et soustractifs différentiables sont contrôlés par des réseaux de neurones pour modéliser les enveloppes de partiels et les filtres du bruit. L'approche a été étendue pour être capable de synthétiser à partir d'entrées au format MIDI et dans un contexte polyphonique. De plus, des modèles d'inharmonicité et de modulation des partiels ont été intégrés pour permettre de prendre ces spécificités du son de piano en compte. Le système a été entraîné avec une grande base de données multipiano pour se comparer aux méthodes de l'état de l'art, mais il peut également être entraîné sur un jeu de données plus restreint.

## ■ Le traitement de la voix

### Alignement avec des réseaux profonds

(thèse de Yann Teytaut, projet ANR ARS)

Cette thèse vise à développer, par apprentissage profond, des algorithmes d'alignement automatique entre diverses représentations relatives à la parole et au chant, telle la synchronisation voix-texte. Sur la tâche d'alignement phonétique de la voix dans un contexte isolé, l'approche proposée a atteint des résultats significatifs qui ont pu être publiés et présentés lors de la conférence Interspeech 2021. La suite de nos études, encore en cours à ce jour, tente d'envisager des contraintes supplémentaires afin d'obtenir une meilleure robustesse dans nos alignements, y compris dans des situations de chansons «réelles». Dans cette optique, divers projets sont envisagés tels qu'un outil de pré-segmentation du texte, un couplage d'alignement d'extraction de voix, ou encore de variations des applications visées (structure musicale, analyses musicologiques).

### Manipulation des attributs vocaux par apprentissage de représentations neuronales démêlées

(Léane Salais, stage M2 et première année de thèse EDITE)

Cette nouvelle thèse porte sur l'exploitation des auto-encodeurs conditionnés pour la représentation et la conversion des attributs vocaux. Elle contribue au travail initié par le projet TheVoice sur la conversion d'attributs vocaux par démêlage neuronal avec une application à la conversion du genre et premières expérimentations sur l'accent et l'âge (en français et en anglais). Des premiers essais de démêlage fondé sur la minimisation de l'information mutuelle ont été menés.

### Modélisation multimodale de l'expressivité pour l'interaction humain-machine

(thèse de Mireille Fares)

Réalisation d'une architecture *Transformer* pour la modélisation générative des expressions faciales d'un agent virtuel à partir du texte (BERT) et de la parole (F0), à partir de bases de données mul-

timodales de présentations TedX. Expérimentations de l'animation 3D d'un agent virtuel avec la plateforme GRETA. Premiers essais d'encodage 2D et 3D des poses pour l'animation de l'agent virtuel.

### Localisation neuronale de sources sonores binaurales pour la robotique humanoïde

(thèse de Waradon Phokhinanan)

Implémentation d'algorithmes de l'état de l'art pour la localisation de sources sonores binaurales par réseaux de neurones convolutifs. Première implémentation d'un algorithme de localisation inspiré de l'architecture VisionTransformer appliquée aux indices interauraux de différences de niveau et de phase (ILD/IPD). Expérimentations sur des bases de données binaurales simulées avec un grand nombre de locuteurs et de niveaux de bruits.

### Modélisation générative des attitudes de la voix

(thèse de Clément Le Moine, projet PhD2/IDF MoVE)

Finalisation de l'implémentation d'un algorithme de transformation des émotions avec une architecture *Transformer*, et premières expérimentations de conditionnements linguistiques et expressifs. Validation perceptive de la base de données Att-HACK, en collaboration avec l'équipe PDS, avec une étude perceptive réunissant 100 participants, permettant de créer des scores de confiance associée à l'émotion de l'ensemble des phrases de la base de données. Construction d'une architecture de reconnaissance des émotions informée par l'identité du locuteur, publiée à Interspeech 2021, en vue de mieux conditionner la transformation en fonction de l'émotion reconnue et de la stratégie d'un locuteur.

### Vocodeur neuronal

(thèse de Frederik Bous, Axel Roebel)

Les activités de recherche visant à produire un vocodeur neuronal universel – un réseau neuronal capable de synthétiser un signal vocal de haute qualité à partir de son spectrogramme Mel – se sont poursuivies en 2021. En intégrant des composants de traitement du signal et des réseaux neuronaux profonds dans un modèle unique, nous avons pu créer un réseau neuronal qui non seulement

re-synthétise de manière transparente les locuteurs et chanteurs des bases de données d'entraînement, mais qui permet également la re-synthèse des voix, des langues et des expressivités qui n'ont pas été utilisées pendant l'entraînement. Le vocodeur neuronal qui en résulte est assez efficace, réalisant une re-synthèse en environ la moitié du temps réel, en utilisant des signaux vocaux de 24 kHz et en fonctionnant sur un seul cœur d'un processeur d'ordinateur portable. Ce résultat semble très prometteur pour de nombreuses applications et activités de recherche futures.

### Transformation de la voix par réseau profond

(thèse de Frederick Bous, bourse Sorbonne Université)

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. La motivation fondamentale pour l'utilisation de réseaux de neurones profonds est l'hypothèse selon laquelle, étant donné que le modèle est entraîné exclusivement sur des données du monde réel, pour toute adaptation de la F0, il devrait adapter de manière cohérente tous les paramètres pertinents au nouveau contour de la F0. En particulier, si la F0 cible sort de la gamme vocale de la voix source, le réseau neuronal devrait même adapter l'identité de la voix pour maintenir la cohérence. En conséquence, le modèle permettrait de créer des voix hybrides. Un tel algorithme de transformation de la hauteur de la voix a été développé au cours des neuf derniers mois en utilisant un auto-encodeur à goulot d'étranglement. L'algorithme résultant fonctionne à la fois sur le chant et la parole. Des expériences avec des stratégies contradictoires ont été menées mais doivent encore être appliquées avec succès, auquel cas le naturel du résultat pourrait être amélioré.

### Conversion de l'identité vocale

(post-doc : Laurent Benaroya, contribution Frederik Bous, projet ANR TheVoice)

Finalisation de l'implémentation d'un algorithme de conversion

neuronale de l'identité vocale, avec préservation de la synchronisation temporelle et de la F0 de la voix source transformée. Amélioration de l'algorithme par ajout d'un apprentissage adverse visant à garantir le réalisme et l'identité du spectrogramme Mel généré en sortie de l'algorithme. Application à la recréation de voix de personnalité historique à partir de l'enregistrement d'un comédien pilotant le jeu désiré après conversion de l'identité.

### Compositrice en résidence

(Judith Deschamps, Frederik Bous, Axel Roebel)

La résidence aura pour but de reproduire le chant *Quell'usignolo che innamorato* (« Ce rossignol qui est en amour ») composé par Giacomelli, que le castrat italien Farinelli aurait performé pour le roi d'Espagne Philippe V toutes les nuits, sur une période de 10 ans, afin de calmer sa mélancolie. Dans la continuité du projet de recréation de la voix de Farinelli par l'Ircam en 1994, cette résidence s'appuiera sur les avancées du traitement du signal vocal et de l'apprentissage profond, en expérimentant avec les techniques développées dans le projet ARS et dans la thèse de Frederik Bous, afin de produire un chanteur hybride intégrant quatre chanteurs individuels (ténor, contreténor, soprano et soprano enfant) chantant différents segments de ce chant.

### Séparation du chant

(Robin In, Alice Cohen-Hadria, encadrement Axel Roebel, Daniel Wolff, projet ANR ARS)

Dans le contexte du projet ARS, nous devons séparer le chant de la musique du fond afin de mieux pouvoir analyser le style de chant employé. En continuant les travaux effectués en 2019 et 2020, nous avons essayé plusieurs stratégies d'augmentation de base de données afin d'améliorer les résultats obtenus, donc sans utiliser plus d'exemples dans la base d'apprentissage, et proposé une modification des réseaux afin d'améliorer la performance. Même si nous avons pu améliorer légèrement nos résultats de séparation, nous restons encore loin des résultats connus de la littérature qui,

eux, en revanche, utilisent en général des réseaux plus grands ou des bases de données avec des exemples supplémentaires.

### ■ Traitement de son d'environnement

#### Synthèse de textures sonores, applications à la musique

(Axel Roebel, Florian Hecker)

Le logiciel Xtextures a été finalisé et a été distribué au Forum. Le logiciel a été utilisé dans une collaboration avec Florian Hecker pour l'installation « [Resynthesizers 0.1-0.3](#) » à Los Angeles.

## Équipe Espaces acoustiques et cognitifs (EAC)

Responsable : Olivier Warusfel

### ■ Bibliothèque de DRIRs

Depuis plusieurs années, l'équipe EAC et ses collaborateurs (artistes en résidence, ingénieurs du son, etc.) ont collecté des réponses impulsionnelles directionnelles (DRIR) dans une variété d'espaces (plein air, salles de concert, églises, site archéologique, etc.). À ce jour, une quarantaine d'espaces acoustiques ont été inclus dans la bibliothèque. En 2021, et avec la collaboration de Noé Faure, nous avons établi un catalogue raisonné de ces DRIRs, en vue de les mettre à disposition du département de production. Le travail s'est déroulé en trois phases :

- dans un premier temps, nous avons dressé l'inventaire des différentes campagnes réalisées ; nous les avons annotées (positions des sources et récepteurs, typologie architecturale, etc.) et nous avons uniformisé leur représentation (format de stockage, système de coordonnées, nommage des fichiers, etc.) ;
- nous avons ensuite procédé au traitement des DRIRs : en nous appuyant sur les bibliothèques Matlab® développées par l'équipe (et notamment par Pierre Massé dans le cadre de sa thèse), nous avons réalisé l'analyse des caractéristiques de décroissance, le débruitage et l'encodage des DRIRs en format HOA, puis leur archivage en format WAV en incrustant l'ensemble des métadonnées disponibles dans un tronçon (*chunk*)

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	5	Revue à comité de lecture	3	Nationaux et régionaux : ANR HAIKUS ANR RASPUTIN Fondation VISAUDIO	3	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) Univ. Greenwich (UK)	N. Barrett T. Coduys A. Einbond A. Knight-Hill Y. Maresz F. Nicolas N. Schütz		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires. Chercheurs, compositeurs et artistes invités	6	Conférences avec comité de sélection	9	Internationaux	0				
Doctorants	5	Ouvrages et chapitres	0	Contrats industriels : Amadeus Flux::	2				
Stagiaires	2	Thèses de doctorat/HDR	0						

aXML (un schéma xml ad hoc a été conçu pour nos besoins). Ce format a été préféré à SOFA (convention SingleRoomSRIR) car il s'intègre plus aisément aux flux de production ;

- enfin, un démonstrateur a été développé dans Max/Jitter, permettant de « naviguer » dans la base de données et d'afficher les différents champs d'annotation. Une vue 3D (figure 1) permet de représenter schématiquement la scène sonore (position et orientation des différents points source ou récepteur).

La bibliothèque est désormais prête. Quelques tâches restent toutefois à réaliser pour faciliter encore sa mise en œuvre en production :

- il convient de mettre en place un serveur de stockage qui permette d'interroger à distance le contenu de la base de données (sans avoir à dupliquer localement l'ensemble des fichiers) ;
- il reste à développer un outil permettant, à partir d'une DRIR et de ses métadonnées, de dériver plusieurs variantes de cette réponse selon les besoins de l'utilisateur : par exemple, normalisation en amplitude ou non, choix du format d'encodage HOA, préservation ou non du « pré-délai », etc.

### ■ WFS 3D et parcimonieuse

Nous avons mené un important travail de refonte, généralisation

et optimisation de nos algorithmes de synthèse de fronts d'onde (WFS – *wavefield synthesis*). Ces travaux ont été conduits en étroite collaboration avec nos partenaires (Amadeus et Flux::) qui sont actuellement les principaux exploitants de systèmes WFS ; en raison de l'indisponibilité du dispositif WFS de l'Espro, les productions Ircam utilisant cette technologie sont pour le moment réduites au strict minimum.

Les principaux axes de recherche et développement qui ont été abordés sont :

- la prise en compte de l'orientation des haut-parleurs (par rapport à un point d'écoute de référence) ;
- l'extension des algorithmes à des dispositifs 3D de haut-parleurs ;
- des traitements spécifiques pour des antennes de très grandes dimensions, et visant une large zone de couverture ;
- des traitements spécifiques pour les sources virtuelles au voisinage des haut-parleurs ;
- l'optimisation des performances de rendu temps réel, et l'amélioration de l'ergonomie utilisateur.

Jusqu'ici, nos outils implémentaient exclusivement l'approche WFS 2.5D (où on considère que les sources secondaires présentent les caractéristiques de sources ponctuelles) restreinte à des antennes linéaires et uniformes de haut-parleurs. Ces caractéristiques – qui correspondent au dispositif de l'Espro – sont

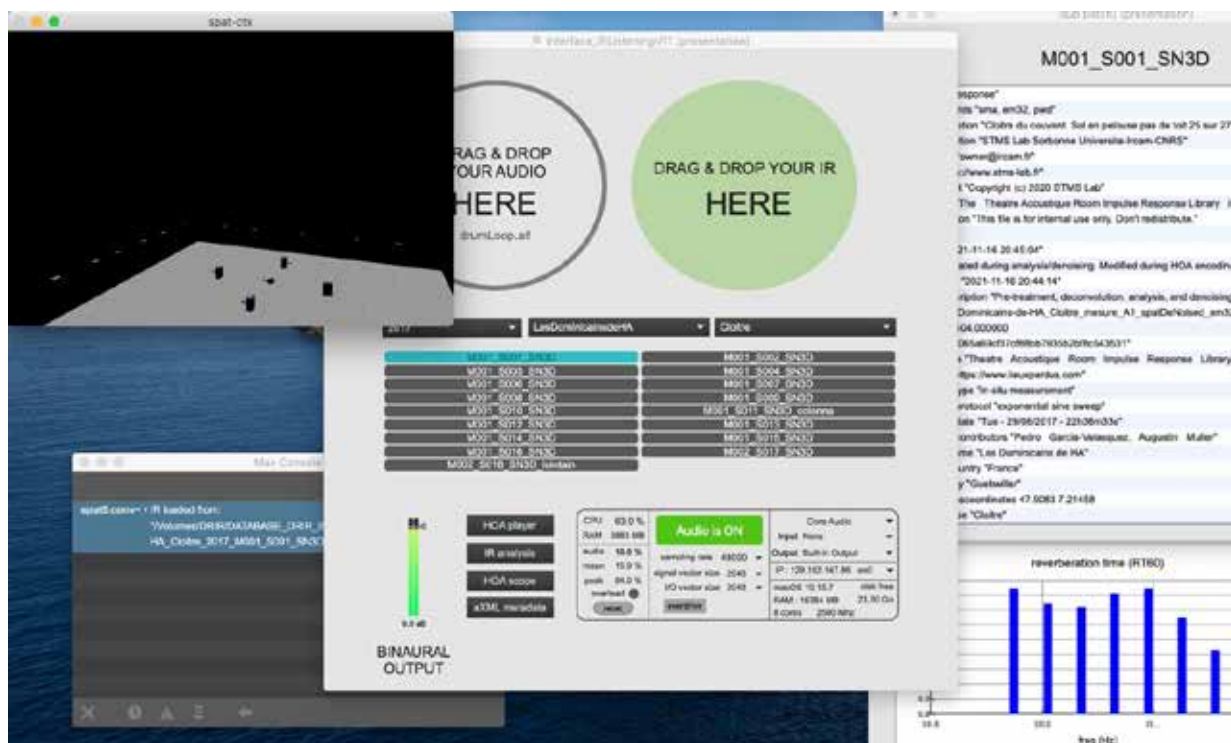


Figure 1. Interface graphique du démonstrateur permettant d’explorer la bibliothèque de DRIR. En haut à gauche : représentation 3D de la scène sonore. Au centre : menu de navigation dans la bibliothèque. À droite : affichage des métadonnées et caractéristiques (RT60) de la DRIR chargée.

trop contraignantes pour la plupart des usages en pratique. Aussi avons-nous entièrement réécrit nos algorithmes pour pallier ces limitations, et conformément à l’état de l’art dans le domaine. Nous avons confronté nos développements à un cas d’usage concret et particulièrement ambitieux : le renforcement *live* de comédiens et d’instrumentistes sur le plateau de la cour d’honneur du Palais des papes d’Avignon (figure 2). Une antenne WFS de 40 haut-parleurs (avec un espacement quasi régulier d’environ 70 cm) est installée en nez de scène, épousant sa courbure ; les haut-parleurs sont en outre inclinés verticalement selon la pente du gradin. L’ouverture totale est de plus de 35 mètres. Les spec-

tateurs des premiers rangs sont tout juste à quelques mètres de l’antenne. Par ailleurs, le système WFS est combiné à une diffusion traditionnelle sur un cluster stéréo. Cette configuration, quelque peu atypique, a fait surgir plusieurs défis concernant la couverture d’une très grande zone d’auditoire, le respect des timbres et de l’intelligibilité des acteurs, la synchronisation temporelle (latence) entre la WFS et le renfort stéréo, la cohérence entre des sources virtuelles excentrées (par exemple à jardin) et des spectateurs à l’opposé (à cour). Nous avons développé des techniques ad hoc qui modifient le calcul des fonctions de filtrage des haut-parleurs (*driving functions*) – gains et retards d’alimentation, et apodisation

de la portion active de l’antenne – afin d’obtenir un compromis entre localisation spatiale et qualité spectrale. Les fonctions modifiées dépendent de la position des sources virtuelles par rapport à l’antenne (figure 2) : plus les sources sont excentrées ou proches de l’antenne, plus leurs fonctions de filtrage sont altérées. Il s’agit ici d’un compromis pragmatique, et qui s’éloigne d’une reproduction strictement holographique. Des écoutes informelles semblent confirmer l’intérêt de ces traitements. Pour l’heure, leur mise en œuvre et leur « dosage » restent à la discrétion de l’ingénieur du son ; un travail supplémentaire reste à accomplir en vue d’automatiser ces traitements pour des configurations génériques (autres que le Palais des papes).

Côté ergonomie, le calcul des fonctions de filtrage est désormais réalisé à la volée (en fonction des caractéristiques du dispositif), et il n’est plus nécessaire de passer par un pré-calcul hors ligne (fichiers SDIF).

### ■ 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. Il n’y a pas un espace, mais plusieurs natures d’espaces, variant selon leur relation de proximité avec le corps percevant. Le déclenchement des réactions comportementales est lié à la distance entre le corps et un stimulus car la distance entre le stimulus et le corps est un indice de menace potentielle ou au contraire de réconfort. En plus de la nature hédonique du stimulus, la relation de distance avec le corps va donc agir sur la réponse comportementale.

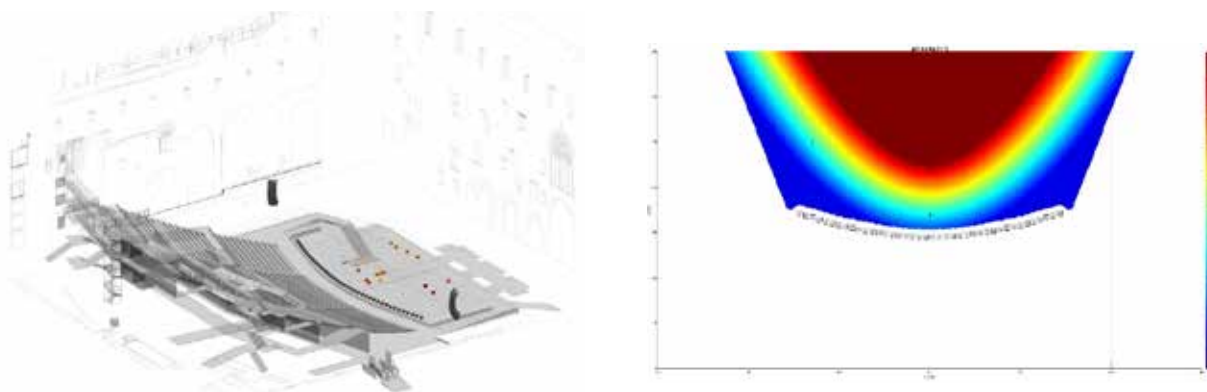


Figure 2. À gauche : dispositif de spatialisation installé dans la cour d'honneur du Palais des papes (Festival d'Avignon 2021). Le dispositif est constitué d'une antenne de 40 haut-parleurs (espacés d'environ 70 cm) qui épouse la courbure du nez de scène, et de deux clusters latéraux. À droite : calcul d'un facteur d'ajustement (gains, retards et apodisation) en fonction de la position de la source virtuelle sur scène.

L'intégration auditive et tactile fournit un paradigme pour étudier l'importance de la distance auditive entre un son et le corps, et permet une approche de la variation dynamique de l'intégration multisensorielle en fonction de l'espace : plus un son se rapproche de l'auditeur, plus rapidement celui-ci va détecter un stimulus tactile sur son corps. Cependant, si l'auditeur a peur des chiens, il détectera encore plus rapidement le stimulus tactile si le son imminent est un grognement de chien, car son système de défense sera activé de façon plus précoce. La nature du stimulus auditif est donc intimement liée au traitement de la distance perceptive. Une étude précédente a suggéré que les réponses de détection d'un stimulus tactile sont accélérées en présence d'un stimulus auditif rugueux dépourvu de toute sémantique (Taffou *et al.*, 2021). La rugosité pourrait donc être un trait inné et universel permettant de déclencher le système de défense. Investiguant plus loin cette caractéristique, nous avons mené une étude en ligne reposant sur la classification émotionnelle de sons rugueux issus du monde naturel, afin d'étudier le lien entre valence émotionnelle, éveil

(*arousal*) et jugement subjectif de rugosité dans trois catégories de sons naturels : émis par des oiseaux, émis par des mammifères, émis par des insectes. Cette expérience, menée dans le cadre du stage de Claralynn Schubert (M1 BIP – SU), montre que les jugements subjectifs de rugosité ont une relation linéaire avec la valence émotionnelle. Plus le son est perçu rugueux, plus il est jugé désagréable, et ce quelle que soit la catégorie du vivant dont il est issu. Il semble cependant qu'il y ait des variations intra-catégories et inter-catégories, dont nous pourrions mettre à jour la nature avec une étude acoustique des stimuli sonores, afin de comprendre la relation entre valence émotionnelle et caractéristiques acoustiques des stimuli.

Cette étude aura une prolongation dans le travail de thèse de Franck Elisabeth (direction Guillaume Andéol – IRBA, Clara Suied – IRBA et Isabelle Viaud-Delmon) qui s'intéresse à l'allègement de la charge cognitive dans les situations d'alerte afin d'améliorer la détection des alarmes et de lutter contre la surdité attentionnelle. L'utilisation du trait auditif de rugosité combiné au mouvement

sonore pourrait être une alternative aux alarmes spatialement statiques.

#### ■ 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. Une première étude nous a donc amenés à proposer un tel réverbérateur, basé sur un réseau de retards rebouclés (FDN Feedback Delay Network), dont les caractéristiques de décroissance peuvent être contrôlées par des paramètres physiques traduisant les effets de couplage entre les volumes. Une deuxième étude s'est ensuite penchée sur la manière dont ces paramètres peuvent être établis à partir d'un modèle numérique du lieu. À cet effet, un modèle de radiosité acoustique a été proposé afin de rendre compte de l'hétérogénéité et de l'anisotropie de l'intensité acoustique réverbérée au sein du volume (figure 3) et de sa dépendance en fonction de l'emplacement des sources et récepteurs. Le modèle permet notamment de contrôler la manière dont la puissance de la source est répartie entre les différentes entrées du réverbérateur selon sa position et son orientation dans le volume. De même, il est possible d'estimer comment les différentes sorties du réverbérateur doivent être pondérées pour obtenir le signal du récepteur (figure 3).

#### ■ 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

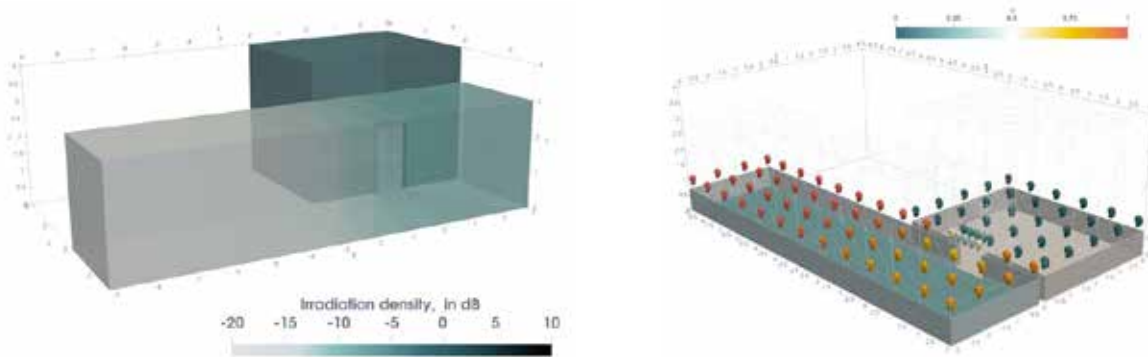


Figure 3. À gauche : distribution de la densité d'irradiation aux parois dans le cas de deux volumes couplés en régime de décroissance libre. De larges variations sont observables, notamment à proximité de l'ouverture. À droite : évolution du paramètre  $h$  régissant la pondération relative des sorties du réverbérateur à décroissance multi-exponentielle en fonction de l'emplacement du récepteur. Des cartographies semblables peuvent être établies pour contrôler la répartition de la puissance d'une source vers les entrées du réverbérateur en fonction de son emplacement.

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 et d'évaluer celles-ci selon un ensemble d'attributs auditifs spatiaux. Une simulation plus plausible des sons virtuels se traduit en effet par une expérience plus convaincante pour l'utilisateur. Cette étude propose une nouvelle méthodologie permettant d'étudier le rendu acoustique dans des conditions semblables à celles d'un scénario réel de réalité augmentée. 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 des haut-parleurs réels disposés dans la salle, soit diffusés par des sources virtuelles simulant ces mêmes haut-parleurs situés aux mêmes emplacements et diffusés sur casque d'écoute. Le traitement de spatialisations 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. Une quarantaine de participants ont effectué l'expérience dans deux conditions d'écoute : une écoute en mouvement durant laquelle le participant était invité à déambuler dans la salle tandis que les stimuli étaient diffusés sur l'un des haut-parleurs, et une écoute en condition statique depuis un point fixe dans la salle. En condition dynamique, un dispositif de suivi permettait d'asservir en temps réel les paramètres de spatialisation des sources virtuelles en fonction des mouvements des participants. Il existe très peu d'études portant sur l'évaluation audio des méthodes de réalité augmentée audio avec un utilisateur en mouvement. On peut faire l'hypothèse en effet que la condition dynamique est plus critique dans la mesure où l'auditrice ou l'auditeur peut juger de la cohérence de l'évolution des indices acoustiques en fonction de ses mouvements (distance apparente, localisation et directivité des sources, effet de salle).

### ■ Perception de la distance sonore dans le contexte de la réalité augmentée

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la troisième année de thèse de Vincent Martin (SU), encadrée par Isabelle Viaud-Delmon et Olivier Warusfel. Ce travail de thèse consiste à mesurer l'impact de différents facteurs, spécifiques au contexte de la réalité augmentée sonore, sur la perception de la distance sonore. Dans un tel contexte, où l'environnement réel est enrichi par un ensemble d'événements sonores virtuels, une problématique importante est de garantir la cohérence de la perception spatiale de ces événements virtuels et des sources sonores réelles ou ancres visuelles présentes dans la salle. En 2020, une étude avait été consacrée à l'impact du contexte environnemental visuel (volume de la salle, distance à la paroi faisant face au sujet) sur la perception de la distance de sources sonores. Cette étude a fait l'objet de la rédaction en 2021 d'un article de journal pour la revue *Applied Sciences* (Vincent *et al.*, 2022). En 2021, une troisième étude a été conduite, s'intéressant cette fois à l'impact de la divergence acoustique entre l'effet de salle appliqué à la source réelle et l'effet de salle réel du lieu dans lequel se déroule l'expérience de réalité augmentée. De manière similaire à la précédente, 120 participants ont été recrutés via la plateforme de recrutement pour expériences en ligne Prolific. Les participants étaient placés dans une situation de réalité augmentée sonore dans laquelle ils devaient juger la distance de sources sonores en présence d'autres sources divergentes par leur effet de salle respectif. L'analyse statistique des résultats a montré que la divergence acoustique avait un effet significatif sur la perception de la distance des sources sonores virtuelles. Cependant, cet effet devient négligeable si la variation de l'intensité sonore des sources divergentes est congruente avec la distance. Cette troisième expérience a fait l'objet d'une présentation à la conférence de l'ASA (Acoustical Society of America) à Seattle (décembre 2021). Enfin, à partir d'août 2021, la majorité du temps a été consacrée à la rédaction du manuscrit de thèse, achevé début janvier 2022.

### ■ Individualisation des HRTFs et apprentissage machine

L'objectif du projet HAIKUS est l'exploitation conjointe de méthodes d'apprentissage machine (AM) et de traitement du signal audio afin de résoudre les problèmes acoustiques rencontrés dans le cadre des applications de réalité augmentée. L'enjeu majeur de ces applications réside dans la capacité à intégrer des événements sonores virtuels sans hiatus perceptif, c'est-à-dire avec un rendu spatial s'adaptant en permanence aux conditions acoustiques de l'environnement réel, par exemple en fonction du mouvement des sources ou lors de la déambulation à travers différents espaces. Les méthodes d'AM sont notamment appliquées pour l'identification automatique du canal acoustique entre les sources et l'auditeur. Il peut s'agir d'estimer, par exemple, les paramètres acoustiques de la salle (temps de réverbération, rapport son direct/son réverbéré) à partir de la simple observation des signaux audio réverbérés émanant des sources réelles présentes dans la salle. Dans le cadre de la thèse d'Anatole Moreau (SU, dirigée par Jean-Louis Giavitto et encadrée par Olivier Warusfel), on se propose d'estimer en aveugle les HRTFs de l'auditeur sur la base de « selfies binauraux », c'est-à-dire d'enregistrements binauraux réalisés en conditions non supervisées à l'aide de microphones insérés dans les conduits auditifs. Ces conditions non supervisées signifient l'absence de toute connaissance sur le signal émis par les sources, sur leur position dans l'espace et sur l'éventuelle présence de réverbération ou de bruits additionnels. L'hypothèse est de compenser cette absence de connaissance et la parcimonie spectrale éventuelle des signaux captés à chaque instant, par l'accumulation de données au cours du temps et de la navigation de l'auditeur dans la scène sonore. Dans un premier temps, le travail a consisté à consolider les approches précédentes (Maazaoui *et al.*, 2016, Lavalette, 2018) basées sur l'extraction d'indices interauraux ou monauraux depuis les signaux binauraux enregistrés à la volée et la comparaison de ces indices avec ceux de base de données de HRTFs de sorte à identifier le jeu de HRTFs le plus vraisemblable. Dans un second temps, le travail a consisté

à exploiter différentes classes d'algorithmes AM (CNN-DNN, LSTM) pour l'analyse des signaux et notamment la détection des directions d'arrivée (Vecchiotti *et al.*, 2019). Dans notre cas, ces algorithmes sont cependant détournés de leur objectif premier pour détecter non seulement l'évolution de la localisation de la source au cours du temps, mais également le jeu de HRTFs le plus vraisemblable au sein d'une base de données. L'objectif à terme est de converger vers des architectures exploitant les méthodes de plongement (*embedding*) de sorte à dégager des classes latentes engendrant l'espace des HRTFs. Ceci permettrait non plus simplement de chercher le meilleur jeu de HRTFs au sein d'une base mais de générer le jeu de HRTFs optimal par interpolation.

### ■ Composition urbaine et paysagère

Le projet de recherche de Nadine Schütz, compositrice invitée dans l'équipe, porte sur l'intégration des qualités acoustiques et des compositions sonores au sein de projets urbains et paysagers. Depuis 2018, son travail s'est organisé autour de différents cas d'étude, notamment la place de La Défense, sur laquelle elle est intervenue en collaboration avec une équipe paysagiste-urbaniste, les Grandes-Serres de Pantin, un site industriel historique sur lequel N. Schütz intervient avec une série d'œuvres évoquant la mémoire sonore industrielle du lieu et, plus récemment, la création de « niches acoustiques » sur le parvis du tribunal de grande instance, projet lauréat du budget participatif 2019 de la Ville de Paris. Amenée à composer à partir de, avec et dans l'existant, condition inhérente à ce type de projets, N. Schütz interroge l'application d'ambiances et de réponses impulsionnelles (RI) enregistrées en format High Order Ambisonics (HOA), ainsi que les outils de spatialisation associés, lors des différentes étapes des projets artistiques. Ces études se prolongent par un travail, mené en collaboration avec l'équipe S3AM, sur la complémentarité des approches de modélisation physique et perceptive, notamment pour la préfiguration des projets de création et pour la production des contenus sonores. Cette recherche implique également

l'équipe PDS pour l'analyse des données sonores des lieux mettant en relation des aspects acoustiques et sémantiques.

En 2021, les recherches artistiques et deux créations sonores résultant du travail sur la place de La Défense (« Plage de La Défense #1 » et « Plage de La Défense #2 ») ont été présentées dans le cadre de différents événements et colloques : lors des Ircam Forum Workshops Hors les Murs à Montréal, lors du X International FKL Symposium on Soundscape: Unheard Landscapes organisé conjointement par le FKL (Forum Klanglandschaft), le CRESSON et l'École de la nature et du paysage à Blois, ainsi que dans l'exposition collective *Talk with Urban Landscape* au Rindermarkt 23 à Zurich. Les enregistrements et mesures réalisés aux Grandes-Serres de Pantin ont été exploités dans deux installations sonores (*Boîte à tubes #1* et *Boîte à tubes #2*) réalisées en 2021 par N. Schütz (figure 4). *Boîte à tubes #1* est une archive sonore de l'activité industrielle historique du lieu, un dispositif électroacoustique logé dans une cabane de contrôle existante, située au centre de la grande halle historique, diffusée à travers des tubes de différentes dimensions répondant à un accord parfait (la - do - mi). *Boîte à tubes #2* est une plateforme mobile et collective de composition sonore, montée sur remorque, qui propose une expérience de DJing interactive, créative et mémorielle, immortalisée par une carte postale sonore envoyée par e-mail. Avec le projet des *Boîtes à tubes*, N. Schütz est lauréate des Trophées du design sonore (catégorie Vie et société), remis à l'occasion de la deuxième biennale du Son du Mans en janvier 2022.

Actuellement, le projet « Niches acoustiques » sur le parvis du tribunal de grande instance, sert de cas d'étude pour un nouveau doctorant de l'équipe PDS (V. Fraisse) qui travaille sur l'évaluation de l'impact perceptif des installations sonores dans l'espace public. En mai 2021, une première phase d'enregistrements et de mesures a eu lieu lors de différents jours de la semaine et heures du jour, pour saisir la qualité ambiante et les événements





Figure 4. En haut: *Boîte à tubes #1*, œuvre sonore et plastique, Nadine Schütz, 2021. © bureau d'Alain Bublex.

En bas: *Boîte à tubes #2*, œuvre interactive sonore et plastique, Nadine Schütz, 2021. © Nadine Schütz (gauche) et Clémence Raoux (droite).

sonores marquants liés aux différentes situations d'usages du site. L'analyse de ces données (niveaux sonores globaux et en fréquences) informera la création qui vise à occuper des domaines spectraux différents de l'existant. En collaboration avec Bruitparif, un réseau de quatre capteurs posés sur site pendant six semaines a permis de compléter ces mesures avec celles effectuées en continu. Les ambiances enregistrées sur le site sont utilisées pour reconstruire, au sein du studio, un environnement d'écoute

qui servira pour simuler l'intégration des sons ajoutés lors des expériences perceptives ainsi que dans le processus de création.

### ■ Colloque Reconfiguring the landscape

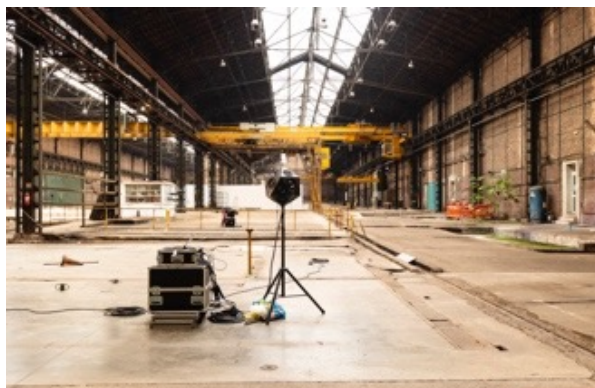
Le projet de recherche artistique Reconfiguring the Landscape coordonné par Natasha Barret (Académie de musique de Norvège) fait l'objet d'une collaboration avec Andrew Knight-Hill (Univ. Greenwich) et Nadine Schütz (Ircam). En 2021, un atelier de création a été organisé à l'Ircam par N. Schütz en collaboration avec l'équipe EAC et avec le soutien des équipes de production et de communication. Lors de cet atelier (18-28 novembre), les trois compositeurs ont conçu, à l'aide de différents outils d'enregistrement et de spatialisation sonore, une série d'esquisses musicales répondant aux paysages urbains post-industriels de Paris et ses environs, et exploré différentes approches de la création collaborative. Les matériaux sonores ont été collectés et produits lors de deux journées de résidence aux Grandes-Serres de Pantin, à travers une démarche combinant projections sonores pour révéler l'acoustique du lieu (figure 5) et enregistrements avec plusieurs microphones sphériques : EM32 de MHAcoustics, Ambéo de Sennheiser et Soundfield 200.

Les créations sonores ont été élaborées suivant une double démarche collaborative et matérialisée par le recours à différents systèmes de diffusion sonore. Le premier type de collaboration a consisté à composer des pièces individuelles à partir de matériaux communs recueillis sur le même site, les Grandes-Serres de Pantin, dans un format Ambisonic. Le second visait à expérimenter la manière dont une technologie ou un dispositif spécifique peut réunir l'écriture de différents compositeurs en une proposition travaillée en commun suivant une démarche inspirée des « cadavres exquis ». Ce type de collaboration a été expérimenté sur deux technologies/dispositifs différents : un haut-parleur à directivité contrôlable (IKO – coll. IEM-Sonible) qui peut à la fois projeter et révéler des environnements acoustiques, et un arrangement

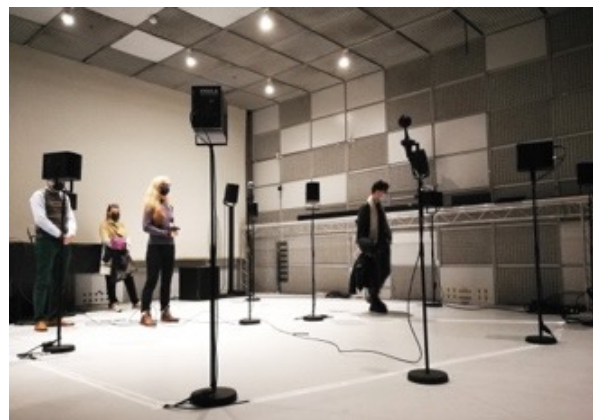
de 18 haut-parleurs distribués en trois cercles s'interpénétrant de sorte à explorer la possibilité de faire écouter simultanément différentes perspectives d'un même environnement acoustique.

Les résultats de cet atelier ont été restitués au public lors de deux journées, sous forme de séances d'écoute (figure 5), d'exposés et de tables rondes. La première journée était orientée technologie avec une mise en avant des outils de spatialisation sonore employés dans le projet, tandis que la seconde s'adressait à un public plus large, avec une discussion portant sur les relations entre le paysage, l'environnement audio et les arts sonores. Dans l'ensemble, cet atelier et sa restitution publique ont permis de mettre en perspective l'utilisation des outils de spatialisation par des artistes avec des approches de composition différentes mais convergentes autour de la notion du paysage. L'intervention sur des lieux aux spécificités acoustiques particulières, la présence d'auditeurs très variés dans l'espace public et l'inscription de l'art sonore dans l'expérience urbaine quotidienne offrent un contexte riche de projections et anticipations autour de l'évolution future des outils de spatialisation.

Figure 5. Atelier Reconfiguring the Landscape



Production des matériaux sonores pour la création



Restitution publique à l'Ircam.

## Équipe Interaction son musique mouvement (ISMM)

Responsable : Frédéric Bevilacqua

### ■ Résumé

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

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

Nous poursuivons ces trois axes sur la base de développement d'outils informatiques selon deux stratégies complémentaires.

Premièrement, la bibliothèque MuBu est principalement dédiée à la large communauté d'artistes et compositeurs travaillant avec les logiciels Max (Cycling'74) et Ableton Live. La bibliothèque MuBu permet de créer des systèmes interactifs complexes, avec divers types de synthèses et de contrôles gestuels. Cette bibliothèque embarque également différents algorithmes d'apprentissage machine interactifs développés par l'équipe. Concernant cet outil, la réalisation de l'installation interactive « Maestro Maestra » de la Philharmonie des enfants, qui est une réussite, a démontré notre expertise dans les applications du contrôle gestuel expressif de la musique. Par ailleurs, nous avons poursuivi notre effort de documentation pour ce logiciel.

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	4	Revue à comité de lecture	6	Nationaux et régionaux : ANR ELEMENT ANR MICA Como-Choeur	3	CRI-Paris LIB-Sorbonne Université Pitié-Salpêtrière Université Paris 8 Université Nanterre Université Paris-Saclay Mines-Paris Tech Université de Genève ENSCI UserStudio	V. Audouze P. Antoniadis L. Bianchi A. Einbond Ch. Trapani M.A. Magalhaes G. Paine J.-L. Hervé L. Leite Barbosa M. Gentilucci
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	5	Conférences avec comité de sélection	10	Internationaux : Magic Outfit	1	Atelier des Feuillantines NoDesign ZHdK, CH	S. Eldar M. Suarez Cifuentes A. Farhang
Doctorants	5	Ouvrages et chapitres	2	Contrats industriels : Ircam Amplify/ Philharmonie	1	CNMAT, USA Grame, F Simon Fraser University GeorgiaTech, USA Legacy Lab, TW	F. Blondy R. Cahen N. Souchal N. Gimenez G. Hall
Stagiaires	0	Thèses de doctorat et HDR	0			NOTAM, Nor McGill, CA York University, CA Cycling'74 CNMAT, USA TU Berlin, DE Radio France Saint-Louis College of Music, Rome	S. Núñez Meneses P. A. Tremblay F. Tartinville F. Marty G. Cosserson A. Penitot B. Duboc Onceim Soundinitiative M. Ostrovski

Deuxièmement, nous développons un environnement basé sur des technologies web (bibliothèques Soundworks et CoMo) qui permet de concevoir des systèmes interactifs collectifs, et en particulier de la synthèse sonore distribuée à une grande échelle. Cet axe de recherche s'est vu renforcé en 2021 par le démarrage de la thèse d'Aliénor Golvet sur ce sujet de l'interaction collective. De plus, en 2021, nous avons initié en collaboration avec le département Création, un projet UPI afin d'améliorer l'interopérabilité entre ces deux environnements. Les premiers résultats sont très prometteurs, et nous anticipons des collaborations avec des compositeurs afin de créer des pièces interactives mettant à profit cette architecture hybride.

Faits marquants en 2021 :

- Benjamin Matuszewski : Prix du Jeune Chercheur Science et Musique 2021 ;
- Marion Voillot : Keynote d'ouverture de la conférence IHM 2021 ;
- Honorary Mention pour Sonic Hoop at CHI'21 (Liu *et al.*) ;
- installation permanente « Maestro Maestra », Philharmonie des enfants pour Ircam Amplify ;
- exposition du dispositif Mini Coloop Exposition Designer(s) du design, Biennale de Design de Gwangju.

### ■ Mouvement et son : modélisation et expérimentation

Nous avons poursuivi nos travaux sur la modélisation du mouvement, ainsi que sur le design des relations entre mouvement et son. Dans le cadre du projet ANR ELEMENT en collaboration

avec l'université Paris-Saclay et le CNRS (laboratoire LISN), nous travaillons sur les questions d'apprentissage de mouvements avec des systèmes interactifs. Ce projet implique plusieurs axes de recherche, des études de terrain liées à des applications spécifiques au développement de modèles d'analyse de mouvements et d'outils interactifs.

Dans le cadre de la thèse de Victor Paredes, nous avons, d'une part, poursuivi des entretiens avec des artistes afin d'analyser diverses problématiques liées à l'utilisation de captation de mouvements pour la musique et la danse, et d'autre part, mené une étude préliminaire sur l'exploration et l'apprentissage d'un espace de contrôle gestuel de synthèse sonore. Dans le cadre du post-doc d'Antoine Lorient, nous avons poursuivi nos travaux sur l'apprentissage de métriques pour quantifier la similarité entre différents mouvements. Sur ce sujet, une étude spécifique a été menée à partir de vidéos de personnes apprenant un mouvement complexe.

Le projet de thèse d'Iseline Peyre, portant sur la rééducation des membres supérieurs (post AVC) avec retour sonore, s'est poursuivi en collaboration avec l'hôpital Pitié-Salpêtrière et Sorbonne Université (Laboratoire LIB). Un système pour l'auto-rééducation à domicile a été développé en utilisant un Raspberry Pi et les capteurs de mouvements RIoT. Une première étude avec des utilisateurs de profils variés a été également effectuée. Notre collaboration avec le designer sonore Victor Audouze s'est poursuivie et une documentation vidéo a été réalisée.

Le travail sur la sonification du mouvement concerne également le projet Magic Outfit, en collaboration avec l'Universidad Carlos III de Madrid (Ana Tajadura-Jimenez et Judith Ley Flores, doctorantes que nous co-encadrons) et l'University College London. Un important article comparant trois études menées lors de divers exercices physiques, réalisées conjointement avec un retour sonore, a été accepté dans *Scientific Reports*.



Figure 1. Dispositif CoMo-Rééducation

### ■ Interactions musicales collectives

Les travaux sur les interactions collectives se sont concentrés sur la consolidation des travaux précédents selon plusieurs axes complémentaires, et se sont notamment vus renforcés avec le démarrage de la thèse d'Aliénor Golvet en octobre 2021.

En termes logiciel, un important effort a été effectué concernant le développement de plusieurs applications liées à l'environnement CoMo, dédié à la reconnaissance et à la sonification du geste. Le système CoMo-Rééducation, développé dans le cadre de la thèse d'Iseline Peyre et destiné à fournir un environnement d'auto-rééducation à la maison pour des patients ayant subi un AVC, a été développé et intégré au sein d'un dispositif embarqué. Dans cette même direction, l'application CoMo-Vox a été développée, 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.

Par ailleurs, plusieurs applications existantes ont subi des refontes importantes. L'application Playground, élaborée avec Garth Paine, a été consolidée et enrichie dans le cadre d'une nouvelle pièce du compositeur pour orchestre et smartphones (créée en novembre



Figure 2. CoMo.education (en collaboration avec CRI-Paris).

2021). Cette application, avec CoMo, a également servi de support pour un workshop à l'Arizona State University. Le dispositif Biotope élaboré avec Jean-Luc Hervé et aujourd'hui utilisé dans sa nouvelle création *Topos*, a également été entièrement revu pour faciliter de futures reprises. Ces différents développements ont permis de consolider plus avant les librairies logicielles sous-jacentes, et en particulier la librairie Soundworks, qui a été présentée lors d'un workshop à la Web Audio Conférence.

Par ailleurs, l'UPI SO(a)P initiée avec Etienne Démoulin et le département Création, a été démarrée. Cette UPI est destinée à développer une solution générique et intuitive permettant d'améliorer l'interopérabilité et la communication entre les développements web et les outils développés dans Max. À terme, ce composant pourrait également permettre de renforcer les synergies au sein de l'équipe en permettant d'intégrer les outils développés dans MuBu. Par ailleurs, nous avons initié en relation avec l'UPI et dans le cadre de la thèse d'Aliénor Golvet, un projet avec le compositeur Luciano Leite Barbosa avec pour objectif de développer une application permettant de composer pour un ensemble de smartphones depuis la librairie Bach de Max.

Parallèlement, nous avons contribué activement à une nouvelle implémentation de la Web Audio API dans le langage Rust. Ce nouveau développement est d'une grande importance pour les futurs développements concernant les dispositifs embarqués et distribués basés sur les Raspberry Pi. Enfin, un projet ANR a été déposé pour l'AAPG 2021 mais n'a pas été retenu lors du second tour. Le projet remanié a été accepté pour le second tour de l'appel 2022.

### ■ 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 recentré nos développements autour de MuBu for Max, qui intègre désormais la synthèse sonore concaténative, granulaire et additive, ainsi que l'analyse multimodale du son et des gestes, couplés à de la reconnaissance de formes (apprentissage automatique interactif). Par exemple, à la suite de l'utilisation de MuBu dans la pièce *Cosmologies* d'Aaron Einbond (résidence STARTS), nous avons commencé à étendre le principe de spatialisation individuelle pour chaque grain de *higher-order ambisonics* (HOA) aux *spherical loudspeaker arrays* (SLA), en collaboration avec l'équipe EAC (résidence dans le cadre du ERC MusAI). Le travail en collaboration avec Lorenzo Bianchi a également permis de tester et d'améliorer certaines fonctionnalités de la synthèse concaténative, et en particulier la possibilité d'utiliser des buffers circulaires. Lors de la collaboration avec Michelle Agnes Magalhaes, lors du workshop Camping au Centre national de la danse, nous avons également expérimenté la synthèse concaténative dans un contexte de mouvements dansés avec une vingtaine de danseurs et danseuses.

Nous avons poursuivi le travail de documentation de MuBu par la planification d'une série de tutoriels vidéo soutenus par le Forum Ircam en collaboration avec Matthew Ostrovski, dont la première est désormais disponible. Par ailleurs, une version 2 de la collec-

tion d'outils *Gestural Sound Toolkit* a également été mise à jour et utilisée lors de l'enseignement dans le post-master AIMove en collaboration avec Mines-ParisTech.

Grâce au groupe de travail sur la synthèse sonore par échantillons, issu de l'UPI CoCat, l'ensemble des patches cataRT-MuBu, avec les fonctionnalités complètes de cataRT et des extensions pour l'écriture et la composition publiées sur GitHub, ont été améliorés et présentés lors d'un workshop à la Saint Louis School of Music, Rome. 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 intégration des remarques issues de la phase de bêta-test et de quelques utilisateurs experts, le logiciel a vu sa première version publique 1.4 publiée. Le logiciel a également été porté sur Windows. Il a été présenté aux Forums Paris et Taipei et dans une vidéo promotionnelle. Enfin, Jean Lochard a également créé un premier ensemble de trois corpus de sons « prêt à l'emploi » pour des créateurs et musiciens.

Finalement, nous avons appliqué la synthèse par corpus à un morceau de musique pour un démonstrateur de remix interactif contrôlé par le mouvement. Cette application, nommée *CataRT Song Sailor*, a été présentée à plusieurs clients Amplify et à des artistes.

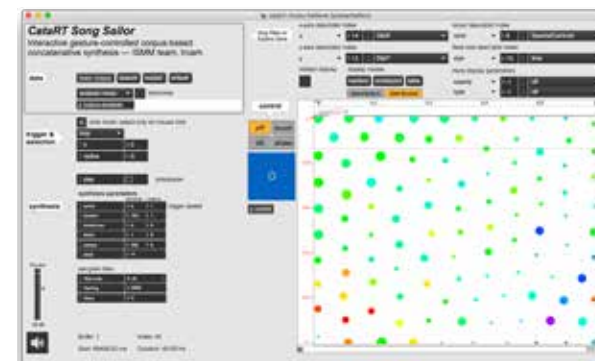


Figure 3. Application CataRT Song Sailor.

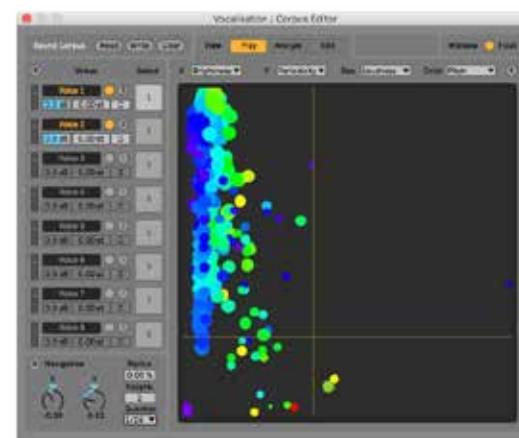


Figure 4. Plugin SkataRT intégré dans Ableton Live.

## Équipe Perception et design sonores (PDS)

Responsable : Nicolas Misdariis

En 2021, l'évolution de l'équipe PDS vers un cadre de recherche en design sonore renouvelé et étendu (les sciences du design sonore) s'est confirmée, tout autant que son ancrage historique et thématique dans le champ des sciences de la perception et de la cognition sonores, intégrant notamment l'étude et l'application du traitement émotionnel vocal et musical.

Ainsi, les principaux travaux relatifs à la perception locale/globale, à la sonie, 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 initiés ou poursuivis, et complétés par des études ouvertes sur des questions relatives à la cognition des interactions sociales (et la manière de les appréhender) ou à l'éthique des technologies (notamment de transformation vocale).

De la même manière, l'autre axe thématique principal de l'équipe (recherche en design sonore) s'est renforcé par les différents projets et collaborations en cours (en l'occurrence, en grande partie sous forme de travaux de thèse) : conception sonore assistée, interfaces homme-machine sonores, design sonore multimodal (vibrotactile), étude des installations sonores en milieu urbain, objets intermédiaires de représentation, ou bien encore contribution à l'axe de recherche affiché du labo s'intéressant à la relation son, musique/santé, sous la forme du travail initié autour de la

Effectif	Diffusion scientifique		Projets et contrats	Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques		
Chercheurs et ingénieurs statutaires	3	Revue à comité de lecture	6	Nationaux et régionaux : Reflets (ANR) Sepia (ANR)	2	S. Meunier (LMA - CNRS) J.-F. Petiot, M. Lagrange (EC Centrale Nantes/LS2N) R. Cahen (ENSCI – CRD ENS Paris Saclay)	A. Cera N. Schütz R. Barthelemy F. Kerforn W. Petitpierre
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, associés	3	Conférences avec comité de sélection	12	Internationaux : ERC ACTIVATE (POC Comm. Europ) ACTOR (Canada-Europe ANR)	2	T. Bouchara (Cnam/CEDRIC), J. Garcia (ENAC) E. Ponsot (ENS, Ulm) N. Obin, L. Salais, C. Le Moine Veillon (STMS/A-S) N. Donin, C. Canonne (STMS/APM) 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) P. Johansson, L. Hall, A. Tagesson, A. Wallin (Lund University Cognitive Science) P. Pärnamets (Karolinska Institutet, Sweden) R.-J. Jonas Noel (School of Psychology & Neuroscience, University of Glasgow, UK) J.-J. Aucouturier, G. Denis (Femto-ST, CNRS) C. Bellmann (Institut national des jeunes aveugles, Paris)	
Doctorants	6	Ouvrages et chapitres	9	Contrats industriels : Renault EV-Sound	1		
Stagiaires	2	Thèses de doctorat et HDR	0				

modulation de l'anxiété par le son et la musique. Enfin, en parallèle de ces nombreux chantiers, l'équipe a également poursuivi son effort de développement d'outils technologiques et méthodologiques tels que l'outil *SpeaK*, étendu en version web, le module *Max4Live* de l'environnement *SkataRT* stabilisé et documenté, mais aussi l'ouverture d'une réflexion sur les outils de développement d'une expérimentation en ligne dans le cadre d'études en perception et cognition – voire de design – sonores.

### ■ Recherche en perception/cognition sonore

#### Traitement temporel local-global en audition et analyse de scènes auditives

Au-delà de la dichotomie musicien vs. non-musicien, nous cherchons à mettre en évidence une réorganisation en plusieurs étapes du traitement auditif en fonction de l'apprentissage musical. Nos récents résultats expérimentaux montrent que les musiciens amateurs auraient développé une audition orientée davantage au niveau local par rapport à des non-musiciens, et les musiciens

experts, en raison d'une pratique musicale quotidienne dans des ensembles, auraient élaboré une capacité à extraire des informations intégrées dans des séquences temporelles complexes. Ces travaux sont menés en collaboration avec E. Ponsot et devraient faire l'objet d'une nouvelle publication dans *Scientific Report*. Ils s'inscrivent dans un cadre plus général de compréhension des processus de haut niveau (expertise) et de bas niveau (saillance, cf. thèse de Baptise Bouvet).

#### Relation entre asymétrie en sonie et force tonale

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. 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'auto-corrélation, les asymétries en sonie sont d'autant plus faibles que la hauteur tonale est moins bien perçue. Ces travaux

sont actuellement menés dans le cadre du post-doc d'Ossen El Sawaf, et s'inscrivent dans le cadre du développement de modèles de prédiction de la sonie.

#### Étude de la saillance auditive – application à la gêne sonore

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

L'étude de la saillance, liée au mécanisme de capture attentionnelle, s'effectue, dans un premier temps, sur des stimuli de laboratoire contrôlés en fonction des paramètres du timbre – donc autres que sonie et hauteur – dont on cherche à évaluer l'influence (approche psychoacoustique). Pour cela, elle met en œuvre un paradigme expérimental issu de la vision, transposé à l'audition par Dalton et Lavie (2004) et adapté/amélioré pour les besoins de l'étude: le paradigme du singleton additionnel qui met en évidence la capture attentionnelle par un allongement du temps de discrimination en présence d'un distracteur non pertinent. Une série d'expériences a montré l'effet significatif des paramètres de brillance et de rugosité sur la capture attentionnelle, ainsi qu'une évolution significative de cet effet en fonction de la force de ces paramètres (mesurée sur la base du JND – *Just Noticeable Difference*). Cependant, ces résultats sont comparables quel que soit le paramètre (brillance, rugosité), ce qui amène à réfléchir à la cause de la capture attentionnelle: dimension du timbre ou bien simple changement de la nature du stimulus? La suite du travail s'articulera autour de plusieurs axes. D'une part, elle tentera de lever le voile sur les questionnements en suspens par une nouvelle série d'expériences étudiant le caractère dispersif et directif (transposition et symétrie), ainsi qu'additif (interaction) de ce phénomène et mettant potentiellement en lumière d'autres relations de cause à effet (nouveaux paramètres du timbre). D'autre part, elle reproduira le paradigme sur des sons plus écologiques (alarmes) et dans des scènes plus complexes. Enfin, elle ouvrira la question de la relation entre saillance et gêne, sur la base d'une

approche de modélisation, et dans un contexte de scènes réelles et de simulation ou d'augmentation de sources – ce volet pourra croiser les problématiques et les ressources mises en œuvre dans la thèse de V. Fraisse sur la perception de l'espace urbain.

#### Sémantique du timbre

Dans la continuité des travaux sur le timbre, nous cherchons à rendre compte de la représentation mentale du timbre 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. Les résultats ont permis d'élaborer un profil acoustique pour chaque terme en distinguant les représentations spécifiques à chacun des groupes d'auditeurs. Par ailleurs, ce travail nous a amenés à utiliser une nouvelle méthode d'estimation sémantique (Best-Worst Scaling, BWS) qui offre plusieurs avantages, en particulier la possibilité d'annoter un grand nombre de stimuli. Ce travail s'inscrit dans le cadre de la thèse de Victor Rosi (Fonds K), du stage d'ingénieur d'Aliette Ravillion, et plus largement du projet Actor.

#### ■ Recherche en perception/cognition vocale et musicale

##### Perception des sourires dans la voix parlée par des aveugles congénitaux

Les expressions faciales sont essentielles pour communiquer des émotions. Mais est-ce que la perception de ces signaux est réservée aux personnes voyantes? Pour étudier cette question, nous avons étudié la capacité des personnes aveugles à entendre le sourire dans la voix parlée. En collaboration avec l'Institut national des jeunes aveugles (INJA) à Paris, nous avons créé une expérience de sciences cognitives, où nous avons demandé à des participants aveugles d'écouter des voix manipulées algorithmiquement pour avoir plus ou moins de sourire, tout en mesurant l'activité des muscles de leur visage. Nos résultats démontrent que, non seulement les personnes aveugles sont capables de reconnaître de façon très précise les sourires auditifs, mais qu'en

plus celles-ci réagissent aux sourires en souriant elles-mêmes. En d'autres termes, cette étude montre que les réflexes d'imitation faciale peuvent se développer indépendamment de l'expérience visuelle. Cette recherche a été menée par Pablo Arias (Ircam/CNRS/Sorbonne Université), Jean-Julien Aucouturier (Femto-ST/CNRS) et Caren Bellmann (INJA) et est publiée dans l'article «Facial mimicry in the congenitally blind» de la revue *Current Biology* en décembre 2021.

#### Étude des mécanismes cognitifs des interactions sociales – plateforme DuckSoup

Il est remarquablement difficile d'étudier les mécanismes cognitifs des interactions sociales de façon précise et contrôlée. C'est pour cette raison que depuis un peu plus d'un an, nous développons la plateforme expérimentale DuckSoup. Il s'agit d'une plateforme de vidéoconférences en ligne (similaire à Zoom ou Skype), qui donne aux chercheurs la possibilité d'enregistrer des interactions sociales de manière efficace, interculturelle et à distance. De plus, avec cette plateforme, les chercheurs peuvent transformer la voix et le visage des participants en temps réel en utilisant des algorithmes de traitement du signal. Par exemple, les chercheurs peuvent décider d'augmenter le sourire d'un participant ou de diminuer son expressivité vocale en temps réel (figure 1). Nous espérons que cette plateforme nous permettra d'explorer de façon rigoureuse un grand nombre de comportements sociaux, comme les biais sociaux, la coopération interpersonnelle ou l'émergence de dynamiques sociales. Cette plateforme est encore en cours de développement et sera partagée en format open-source avec la communauté scientifique en 2022.

#### Acceptabilité éthique des transformations vocales émotionnelles

Étude en ligne sur 303 participants de l'acceptabilité morale de différents scénarios impliquant des transformations émotionnelles de voix, montrant notamment que l'amplification d'émotions positives (par exemple le sourire) est moins bien acceptée que

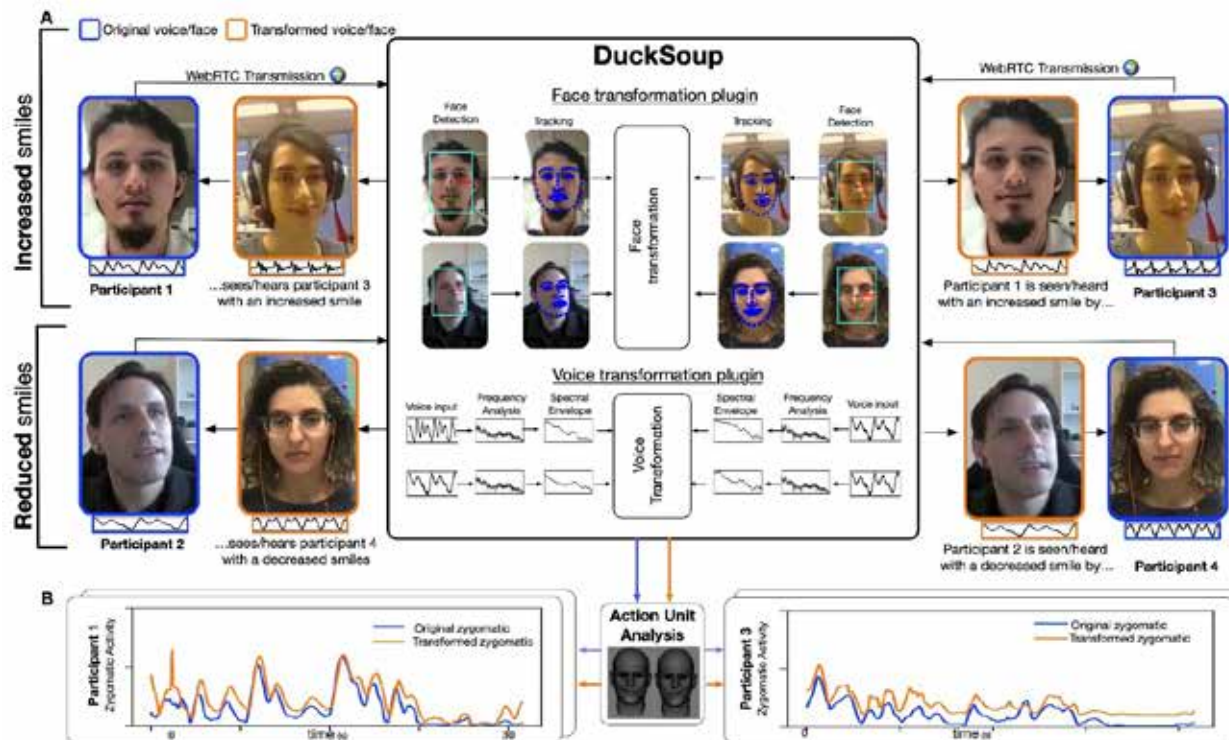


Figure 1. Vue schématique d'une expérience avec la plateforme expérimentale DuckSoup. A) Quatre participants (cadre bleu) interagissent ensemble, en ligne et à distance en visioconférence. Les flux audiovisuels des participants sont envoyés à un serveur exécutant DuckSoup, qui récupère les flux et les transforme pour augmenter/diminuer leur sourire. Ces flux transformés sont ensuite envoyés aux participants avec lesquels ils sont en train d'interagir (cadre orange). B) Les enregistrements audio/vidéo de ces interactions sont par la suite analysés pour décoder les expressions du visage (muscle zygomatic) des participants.

la diminution d'émotions négatives (par exemple l'anxiété), que l'utilisation pour le soin est mieux acceptée que pour l'augmentation de performances, et que le fait de cacher le but de la manipulation à celui qui la subit est fortement rejeté. Publication d'un article: Guerouaou N., Vaiva G., Aucouturier J.-J. (2022), «The Shallow of your Smile: the Ethics of Expressive Vocal Deep-fakes», *Phil. Trans. R. Soc.*, B3772021008320210083. Éthique des technologies émergentes. Impact et acceptabilité des technologies de transformations de voix développées par l'Ircam au sein de la société. Thèse de Nadia Guerouaou, doctorante invitée en PDS (encadrement J.-J. Aucouturier). Plusieurs de nos projets prennent

comme objet l'application clinique de technologies vocales, sans jamais en avoir testé l'acceptabilité. Plus généralement, l'éthique des manipulations expressives de la voix (deep-fakes, filtres zoom, etc.) n'a jamais été testée empiriquement.

### Étude TraumacoustiK: analyse acoustique de la voix de patients souffrant de trouble de stress post-traumatique

Étude sur 20 patients TSPT (9 hommes et 11 femmes) sur 3 à 8 séances consécutives de thérapie (4 en moyenne). Enregistrements des productions orales du patient pendant la séance d'exposition en imagination qui est la thérapie «gold standard» à destination de ces patients (durée moyenne = 302,3). 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). Fin des inclusions en septembre 2021. Article en cours d'écriture. Communication orale: première journée du laboratoire LiInCog 2021: «TraumacoustiK, une analyse acoustique de la voix des patients souffrants de TSPT pendant la thérapie d'exposition en imagination.» Interactions voix-santé. Thèse en neurosciences affectives de Nadia Guerouaou, doctorante invitée en PDS (encadrement J.-J. Aucouturier). Application des outils du traitement du signal sonore développés à l'Ircam pour mieux comprendre les processus en jeu dans le phénomène de résilience dans le cadre du TSPT en vue d'une meilleure 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.*, PNAS 2016) et le logiciel DAVID (Rachman *et al.*, 2017) avaient permis de mettre en évidence le phénomène d'«emotional vocal feedback».

### Ethnopsychologie cognitive des conduites de production et de réception musicales

Cette recherche vise une meilleure compréhension de l'esprit de l'oralité, en particulier des stratégies performatives et cognitives de



l'acte musical oral dans les milieux traditionnels en Méditerranée. Le but est de décrire une certaine finesse d'écoute – spécifique à des pratiques sociales particulières – déterminée par les exigences auditives (stylistiques et esthétiques) d'une oreille culturelle : c'est-à-dire définir un modèle cognitif global déterminé par des processus et des niveaux de traitement auditifs et perceptifs partagés par les auditeurs et les musiciens sensibles aux musiques modales improvisées. Un chapitre d'ouvrage et un ouvrage collectif publiés en 2021 (DelaTour-France); une communication orale et une direction d'une séance (deux demi-journées) au congrès international EuroMac10 en 2021; un article en préparation à publier dans le 12<sup>e</sup> volume d'EuroMac en 2022; un ouvrage individuel en préparation (à paraître en 2022). La question centrale – pour laquelle l'ethnomusicologie et la psychologie du développement musical n'ont pas encore de réponse catégorique – est de savoir, d'un côté, comment fonctionne l'intelligence musicale dans sa plasticité par la pratique et l'apprentissage et, de l'autre, comment une communauté ou un groupe social se donne des règles d'organisation et des cadres pour penser la musique particularisée. La musicologie, ce n'est pas uniquement une affaire d'analyse de sources et de traces sur la partition ou sur le spectre sonore, mais aussi tout ce que représente la musique pour le groupe social : l'univers du sens. Cette étude a pour ambition de jeter les bases d'une nouvelle approche (ethno-psychologie cognitive) en Méditerranée en mettant en rapport systématique les éléments de la forme avec le réseau des significations sémantiques et culturelles, définie comme un vecteur de sens qui influe de façon décisive sur la manière de jouer ou d'entendre la musique. Et nos travaux actuels rendent compte de ce renvoi, souvent négligé dans les recherches en musicologie « traditionnelle », c'est-à-dire comment le contexte (musical et social), le psychologique ou l'émotion influent sur la perception de la forme musicale. Cette approche du fait musical – envisagé dans ses dimensions anthropologiques, formelles et cognitives – tente de contribuer au développement de nos connaissances sur l'*esprit musical* et de réfléchir à ces enjeux

à travers les pratiques d'une discipline au positionnement épistémologique parfois incertain.

### ■ Recherche en design sonore

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

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 ». Les différents travaux de recherche (thèses, collaborations académiques ou industrielles) s'inscrivent dans ce cadre et instruisent les différentes problématiques qui lui sont associées (acteurs, processus, produits et régime de réception du design sonore). Citons notamment la collaboration avec TU Delft (E. Ozcan) dans le cadre du projet Marie Curie de S. Delle Monache (PaDS – *Participatory Designing with Sound*) qui ouvre des discussions et des actions autour de la notion de « sound-driven design » permettant, entre autres, la distinction entre le design du, avec, contre ou pour le son (article pour la revue *Design Studies* en cours de review) ainsi que la poursuite de ces réflexions conceptuelles lors d'une session spéciale co-organisée (en 2022) pour la conférence annuelle de la Design Research Society (DRS). Le positionnement consiste à 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 assistée et interactive en design sonore

« Conception interactive en design sonore. Application aux scènes sonores, à l'habillage sonore et à la sonification », thèse de Tom

Souaille, collaboration Jean-François Petiot et Mathieu Lagrange/LS2N – Éc. Centrale de Nantes.

La première phase de la thèse qui concernait une optimisation bi-objectif sur des grandeurs plutôt bas-niveau et/ou relativement bien documentées par la littérature (défectabilité, agrément) s'est achevée sur une méthodologie prototypique de recommandation de design, appliquée au cas du design sonore du véhicule électrique (article soumis à *Design Science* en cours de review). La seconde étape, qui s'est ouverte en 2021, s'intéresse à des notions haut-niveau et peu documentées par la littérature. Elle propose une méthode de réduction d'un espace de design, appliquée cette fois au design de sons d'usage du véhicule autonome. La notion étudiée est ici l'intrusivité, dimension importante à prendre en compte et minimiser, en particulier lorsque la fonction d'usage des sons est purement informative. L'étude présentée est composée de deux expériences. La première vise à construire un modèle simplifié « d'intrusivité » en fonction des variables de design – ce modèle permettant ensuite d'éliminer les modalités les moins pertinentes pour répondre efficacement au problème de design. La seconde expérience a pour but de mettre en œuvre un paradigme de design sonore basé sur un algorithme d'optimisation interactive et adressant cette question de l'intrusivité; elle vise également à comparer la convergence de la méthode, lorsque l'espace de recherche a été, ou non, préalablement réduit à l'aide du modèle simplifié. Ce travail participe à la formalisation d'outils et de protocoles innovants pour le design sonore. Concrètement, les méthodes d'optimisation interactives, comme les algorithmes génétiques interactifs, permettent l'exploration d'espaces de design importants, mais restent limitées par la fatigue des participants et nécessitent une paramétrisation judicieuse de l'espace de design. Les modalités des variables doivent donc être pertinentes pour apporter des solutions innovantes, mais en nombre réduit pour limiter les évaluations du participant.

### Étude des installations sonores en milieu urbain

« Étude de l'influence des installations sonores sur la perception des environnements urbains », thèse de Valerian Fraisse, codirection avec Catherine Guastavino et Marcelo 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 Schütz (« Niches acoustiques »), installation sonore destinée à être installée de manière pérenne sur le parvis du tribunal de grande instance (TGI) de Paris. Une importante campagne de mesures sur site a été effectuée au printemps 2021, selon une méthodologie rigoureuse et systématique ; elle a permis de recueillir des données standardisées (Leq) et des enregistrements audio en format HOA, en différents points du lieu et à différents moments de la journée et de la semaine. Ces données ont ensuite servi à concevoir un environnement de test et de simulation de l'environnement du parvis en audio immersif, et à orienter les processus de composition de l'artiste. Des dimensions de composition génériques (abstraction, densité, etc.) ont été définies et vont être testées perceptivement de manière expérimentale. Un travail important de lien avec la Mairie de Paris (commanditaire) a également été réalisé pour opérer les conditions de recrutement des participants. 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.), et 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).

### Interfaces homme-machine sonores

Projet Renault « EV-Sound ». Evolution 2.0 de la recherche et développement du design sonore pour le véhicule électrique :

conception de la signalétique extérieure (VSP - *Vehicule Sound for Pedestrians*). Le projet s'est conclu au cours de l'année 2021, après plusieurs comités de décision et d'homologation effectués, entre autres, avec les départements Design et Ingénierie de Renault, qui ont été associés à un travail complémentaire d'explicitation des choix de conception pris au cours du projet et d'argumentation sur de nouvelles idées apparues en cours de route (notamment la question de l'intégration d'une composante « smile » dans la signature sonore). Le résultat final est une livraison de cinq déclinaisons différentes – dont une version dite « neutre », majoritairement à base de bruit blanc – qui respectent au mieux les deux grands principes qui ont prévalu à ce travail précurseur de design sonore : l'écologie sonore vis-à-vis d'un paysage sonore existant, essentiellement urbain, et une morphologie homogène et fluide assurant la fonction primordiale de discrétion par contraste avec le caractère fortement instable et instationnaire du contexte sonore existant, essentiellement urbain. Ces différentes options sont vouées à être implémentées sur les prochains modèles de la gamme EV Renault – le premier d'entre eux devant être commercialisé en 2022/2023. Dans la lignée de notre collaboration industrielle avec Renault, cette nouvelle étude prolonge l'implication de l'équipe dans une thématique qui s'avère relativement emblématique du design sonore 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 ainsi que les nouvelles formes d'œuvres sonores qui peuvent découler d'un processus de création en design sonore.

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

« 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.



Figure 2. Version prototype du harnais multimodal. Il comporte neuf actionneurs (technologie Actronika) intégrés dans la structure : deux sur les clavicules, deux sur les côtes et cinq le long de la colonne vertébrale. Les attaches sont ajustables par velcro, parmi lesquelles deux passent autour des jambes pour assurer le maintien serré du dispositif sur le corps. La carte multicanale audio-haptique est connectée au harnais et se situe (pour l'instant) à la base de l'axe de la colonne vertébrale.

Étude des effets tactiles associés à la conduction osseuse, et à la spatialisation des sensations sonores et vibrotactiles. Après une première étape de caractérisation expérimentale des seuils de perception associés à des stimulations multisensorielles réparties sur le haut du corps (colonne vertébrale, clavicule, etc.), le travail s'est penché sur le développement d'un prototype de *wearable* (figure 2) intégrant la technologie Actronika et ouvrant sur des questions

d'écoute et de composition multimodale du son et de la musique. Cette étape s'est effectuée en collaboration avec un atelier de design costumier (Les Vertugadins) et a donné lieu à un premier prototype fonctionnel qui a permis d'initier un travail de recherche en design dans deux directions principales. D'une part, un travail spéculatif sur les différents usages et scénarios d'usage rendus possibles par le dispositif. Et, d'autre part, un travail exploratoire sur les interfaces de composition et de contrôle potentiellement adossables à un tel dispositif. Ce deuxième axe a notamment fait l'objet d'un workshop (été 2021) qui a permis d'initier une phase de développement d'outils-auteur de composition et de design des signaux sonores et haptiques ainsi que de leur traitements et transformations. Ce projet se place précisément à la croisée des chemins entre sciences de la perception et sciences du design, et ouvre une voie prometteuse, et pour l'instant encore relativement inexploitée, que constitue le design audio-haptique.

### Objets intermédiaires de représentation

Recueil de pratiques d'enseignement du design sonore et des usages des prototypes. Une série d'entretiens avec des enseignants et enseignantes 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. Les premiers résultats de cette recherche ont été publiés sous la forme d'un chapitre court, « Aspects pédagogiques », du livre *Design sonore: applications, méthodologie et études de cas* (Éditions Dunod). Cette recherche se prolonge dans une analyse systématique des transcriptions qui a pour objectif la publication d'une recherche plus conséquente.

### Interactions son-musique/santé

Recherche-action sur la modulation de l'anxiété (collaboration GHU Paris psychiatrie et neurosciences/Lab-ah, ESAD TALM Le Mans, ENSCI CRD).

Un travail de recherche en cours a pour objectif de proposer



Figure 3. Interface de l'outil SpeaK, version web, associé au lexique « words4sounds » proposant un ensemble de mots habituellement utilisés par les professionnels du son. L'interface se décompose en trois parties principales: les mots du lexique (colonne de gauche), un champ de définitions (ligne du haut) et des exemples sonores illustrant chaque mot, et appartenant à différentes catégories telles que voix, instruments de musique, sons environnementaux, sons de synthèse... (zone centrale).

un dispositif d'écoute de la musique et du son permettant une approche non médicamenteuse de la modulation de l'anxiété pour des patients en psychiatrie. Afin de proposer des listes d'écoute personnalisées, le concept d'entretien musico-soignant est posé; il constitue un cadre dans lequel l'équipe soignante élabore avec le patient son anamnèse musicale afin de coconstruire une liste de morceaux (musique ou séquences sonores de nature). Au-delà de ce dispositif de médiation, un développement conceptuel et technologique sur la base du paradigme de transformation sémantique, et du lexique SpeaK associé, est mis en œuvre et transposé au terrain d'action (milieu médical et psychiatrique). Une maquette fonctionnelle est ainsi développée en intégrant la taxonomie de descripteurs de la plateforme Spotify ainsi que son ouverture de développement (API) qui permettent d'exploiter ses protocoles de recommandations et faciliter ainsi le choix des morceaux et

l'individualisation des propositions. Cette recherche s'inscrit dans le projet Psy-Son déposé (pour la deuxième fois) dans le cadre d'un appel PHRIP (Programme hospitalier de recherche infirmière et paramédicale). Plus largement, il concrétise le rapprochement institutionnel (GHU Ste-Anne/Lab-ah) et le déploiement de la thématique son-musique/santé qui a été mise en avant au dernier conseil scientifique (2021). Une convention-cadre entre toutes les parties prenantes a d'ailleurs été conclue en cours d'année et fait l'objet d'une animation régulière et tournante au sein des membres du consortium.

### ■ Outils, méthodologies, productions

#### SpeaK: lexique sonore

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. Une première version de la plateforme *SpeaK* pour Max a été finalisée pour le Forum 2021, puis une version web a été développée, testée et documentée. Un premier lexique « *words4sounds* » proposant un ensemble de mots habituellement utilisés par les professionnels du son est disponible sur les deux plateformes (figure 3). Par ailleurs, une base de données de sons a été créée pour des sessions de *Ear Training* sur les mots du lexique. L'outil *SpeaK* est aussi progressivement utilisé en production, dans le cadre de projets de design sonore pris en charge par Ircam Amplify et les designers sonores associés (Lundja Medjoub, Romain Barthelemy, Thomas Roth, Pierrick Pedron, entre autres...). Le développement a été réalisé avec le soutien d'une UPI en lien avec l'équipe POW et le Forum. La création des sons de *Ear Training* a été réalisée dans le cadre du stage de Paul Guionie (DNSEP Design sonore). 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 Barthelemy, 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

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 Goefer (Music Unit), dans le cadre d'une collaboration avec les équipes ISMM et PDS de l'Ircam. Un travail de documentation a été effectué avec sa mise en ligne pour la sortie du device lors du Forum Ircam de mars 2021. L'environnement *SkataRT* est construit à l'intersection d'un travail de recherche et développement sur la synthèse sonore concaténative par corpus (*CataRT*) et 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 Ircam Amplify/Romain Barthelemy, 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

Une réflexion s'est (ré)ouverte sur la question des outils et méthodes pour les approches expérimentales dans le domaine de la psychoacoustique et de la perception/cognition sonore. En outre, à la faveur des situations « distancielles » rencontrées depuis quelques années (accrues par la crise du Covid), la question relative au déploiement de protocoles expérimentaux en ligne pour l'évaluation perceptive dans le domaine du son se pose de manière cruciale. Une mission de recherche et développement, initiée en 2021 et prolongée en 2022, a permis de commencer à instruire cette question. Elle a pour l'instant consisté en un recensement des langages, outils et environnements existants et au choix informé d'une solution logicielle de développement (*jsPsych*). Elle se poursuit, à court terme, par l'implémentation des problématiques en cours dans l'équipe (paradigme BWS, méthode START, etc.), et à moyen terme par la constitution d'une série de briques d'expériences en ligne. 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 confrontée 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

En lien avec la thèse de V. Rosi, création par le compositeur Bertrand Plé d'une pièce musicale à visée didactique pour introduire les quatre concepts de timbre : brillant, chaud, rond et rugueux. La pièce sera enregistrée à l'Ircam en avril 2022 et jouée lors de la soutenance de thèse de V. Rosi. La pièce pourra également servir de support expérimental et pédagogique pour étudier la perception du timbre dans le cadre du projet *Actor*.

## Équipe Représentations musicales (REPMUS)

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.

Les outils et les méthodes mobilisés relèvent notamment des domaines suivants : formalisation musicale, outils pour la compo-

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	9	Revue à comité de lecture	7	Nationaux et régionaux :  SU ACIMO, Emergence(s) ACIDITEAM ANR MERCI IRMA SMIR	4	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, EHESS, U. Minnesota, UJV Picardie, NII Tokyo, LIENS ENS, Cristal - Algomus (Lille), CNAM, ENAC 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., EHESS, 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, J. MacCallum, B. Lubat, 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 N. Gimenez Comas, S. Lehman, M. Chemillier, G. Bloch, A. Vinjar, A. Einbond, S. Blondeau, R. Foulon, B. Gatinet, A. Schubert, G. Lorusso, V. Andres Hera, M. Mantovani, S. Luc, R. Imbert, A. Markeas, E.I.C., G. Lewis, E. Parker, M. Mantovani, C. Kely Zana-Rotsy, N. Aviv
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités, associés	6	Conférences avec comité de sélection	20	Internationaux : SSHRC TENOR NSERC ACTOR ERC REACH ERC COSMOS ERC PoC HeartFM MSCA Ear Stretch SRC ADMIS Sounding Good	8		
Doctorants	14	Ouvrages et chapitres	13	Contrat industriel : CIFRE Sony CSL	1		
Stagiaires	2	Thèses de doctorat et HDR	3				

sition, 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'ordonnancement du temps), systèmes hybrides.

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

- (F)O(R)M : espaces formels, composition assistée (coord. C. Agon, K. Haddad, M. Malt, M. Andreatta);
- COSMOS : Computational Shaping and Modeling of Musical Structures (coord. E. Chew);
- REACH : cocreativité humaine et artificielle (coord. G. Assayag, J. Nika, M. Malt, G. Bloch);
- ECTIS : Écriture et contrôle du temps interactif et synchrone (coord. J.-L. Giavitto);

- ACIDS : IA créative et science des données (coord. P. Esling).

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

CAO

L'environnement OpenMusic a été distribué en versions 6.19 (mai 2021) et 6.20 (novembre 2021), compatibles avec les dernières évolutions du système d'exploitation macOS (Catalina puis BigSur) et 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).

L'environnement « om# », une ramification d'OM issue des travaux de Jean Bresson (ancien collaborateur de l'Ircam) est, lui, accessible en open-source sur la plateforme collaborative GitHub. La résidence en recherche musicale du compositeur Andres Vinjar continue sur la thématique des modalités d'intégration de processus d'apprentissage automatique dans le cadre de la CAO et de l'environnement OpenMusic avec la nouvelle bibliothèque OM-AI. Le projet du compositeur associé Claudy Malherbe se poursuit avec le projet de 12 études pour piano investissant le domaine des morphologies, des automates cellulaires et des systèmes génératifs réactifs (SoMax) pour créer une progression vers la complexité, chaque niveau intégrant des matériaux constitués déjà signifiants des niveaux précédents comme éléments atomiques. En 2021, une série d'expérimentations a eu lieu pour créer des variantes de *Qcarbo* de Ravel sous « guidage » de son Daphnis avec génération de partitions symboliques, et une autre série avec M. Malt autour des générateurs à base d'automates cellulaires.

### 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 2022).
- La thèse de José Miguel Fernandez a été soutenue en septembre 2021. Intitulée « Vers un système unifié d'interaction et de synchronisation en composition électroacoustique et mixte : partitions électroniques centralisées », elle développe une notion de partition permettant la définition et le contrôle général de tous les processus électroniques, d'interaction et de synchronisation au sein d'un même environnement, en intégrant les événements musicaux, gestuels et visuels. L'enjeu artistique est l'écriture et la réalisation d'interaction permettant d'articuler la liberté interprétative de l'artiste sur

scène et les processus sonores en temps réel à partir de dispositifs de captation efficaces et de mécanismes de synchronisation. La centralisation de ces interactions au sein d'une même partition permet une intégration fine de processus électroniques dynamiques et génératifs avec différents médias temporels. Le développement des outils informatiques s'appuie sur le système Antescofo pour contrôler les relations temporelles complexes exprimées dans la partition, le serveur de calcul audio SuperCollider, des RiOT et des caméras 3D pour la captation du geste en temps réel.

- La thèse de Frédéric Lebel, dont la soutenance était prévue à l'automne 2020, a été interrompue pour cause de pandémie et de maladie.
- La thèse de Daniel Cabanzo, « Correspondance entre systèmes de représentation musicale et transformations électroniques dans les œuvres mixtes en temps réel », reprend. La soutenance est prévue pour mi-2023.
- Dans le cadre de la thèse de Gonzalo Romero Garcia, co-encadrée par Isabelle Bloch, nous avons développé un prototype pour l'estimation de paramètres de resynthèse de sons d'instruments musicaux basés 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). Nous exploitons la structure des spectrogrammes (vus comme des images du son en échelle de gris) où les parties harmoniques apparaissent comme des lignes horizontales pour récupérer les amplitudes des composantes harmoniques. Des filtres morphologiques nous permettent d'éliminer ces lignes horizontales pour ne garder que la partie non harmonique, qui correspond à des formes plus étendues et moins saillantes. Quant à la resynthèse, plusieurs approches ont été explorées pour synthétiser des sons d'instruments de musique ; l'une des plus répandues consiste à modéliser le son comme l'addition d'une partie harmonique générée par synthèse additive à laquelle s'ajoute une

partie non harmonique obtenue par le filtrage d'un bruit blanc. Le processus pour estimer les paramètres de resynthèse d'un son d'instrument de musique s'est avéré satisfaisant, notamment pour estimer les paramètres de la partie harmonique du signal. Des problèmes liés à l'estimation de l'attaque restent une piste d'amélioration à explorer. Une première approche pour aborder cette problématique serait l'ajout d'un nouveau terme de resynthèse correspondant à l'attaque. Étant donné que l'attaque est représentée comme une ligne verticale dans un spectrogramme, nous pourrions utiliser des techniques similaires à celles de la partie harmonique, mais adaptées à la détection des saillances verticales au lieu des saillances horizontales.

Cette méthode nous permet d'estimer des paramètres de resynthèse d'un signal de manière décomposée ; en effet, lors de la resynthèse, nous pouvons choisir de synthétiser les parties séparément de sorte à retrouver les différentes composantes d'un signal.

- Dans le cadre du master de Damien Sprockeels de l'UC Louvain (Belgique), sous la direction de P. Van Roy, Sprockeels a réalisé une librairie Melodizer pour OpenMusic avec la collaboration de K. Haddad. Cette librairie utilise la programmation par contraintes avec le moteur GECODE et la librairie GIL, l'interface ainsi créée se voulant être la plus intuitive possible.
- Dans le cadre de la recherche sur la forme en rapport avec la structuration du geste musical, la réalisation du second mouvement du *Streichquartet Nr.1* (K. Haddad) a été réalisée dans l'environnement OpenMusic donnant lieu à des nouvelles perspectives, autant sur le plan esthétique que dans le domaine du développement d'outils computationnels.
- Publication par K. Haddad d'un chapitre, « Temporal Poetics as a Critical Technical Practice », portant sur la formalisation du temps musical dans le cadre de la composition assistée par ordinateur, utilisant notamment l'environnement OpenMusic, dans l'ouvrage *Sound Work: Composition as Critical Technical*

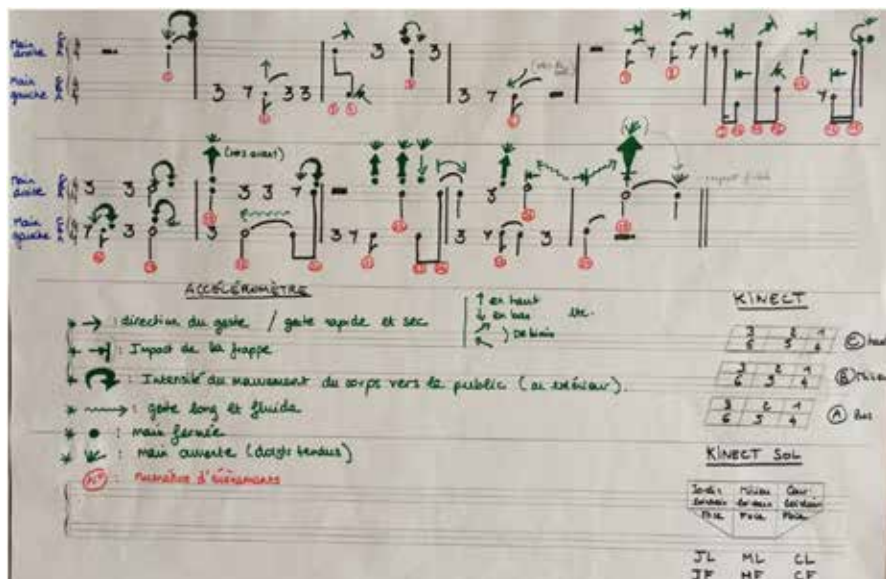


Figure 1. Notation du geste (extrait de la partition *Le Silence* d'Alexander Vert). La partition centralisée est une partition de réalisation, qui n'est pas adaptée à la transmission de la pièce à l'interprète. La partition centralisée s'accompagne ici d'une partition de transmission qui développe un système de notation du geste en 3D et de leur durée à l'usage du performeur. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet GeKiPe et de la thèse de José Miguel Fernandez, avec Alexander Vert et Philippe Spiesser.

*Practice*, Leuven University Press, 2021.

### SMIR (Structural Music Information Research)

L'année 2021 a vu plusieurs évolutions majeures du projet SMIR (Structural Music Information Research), mené initialement par Moreno Andreatta dans le cadre de sa fellowship USIAS et inscrit comme un véritable axe de recherche transversal depuis novembre 2019 dans l'organigramme de l'IRMA de Strasbourg. Le projet est mené désormais 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



Figure 2. Extrait du second mouvement du *Streichquartet Nr.1* (K. Haddad).

principaux du projet, un cinquième axe a été particulièrement exploré pendant l'année 2021 dans le cadre d'un sous-projet appelé ProAppMaMu (Processus et techniques d'apprentissage des savoirs mathématicaux). Ce sous-projet, qui a bénéficié d'un soutien de deux ans de la MITI du CNRS, visait à renforcer la réflexion sur la composante cognitive et perceptive des rapports mathématiques/musique. Pendant la deuxième année du projet, qui s'est clôturé fin 2021, 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 2021 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 – intitulé *Musique et mathématiques: histoire d'une rencontre* – qui est désormais disponible avec sous-titrage et traduction du contenu en anglais. Toutes les actions menées en 2021 dans le cadre du projet ProAppMaMu sont listées sur la [page web du projet](#). Les divers ateliers qui se sont déroulés en 2021 ont été accompagnés par des actions visant la transmission des savoirs auprès du grand public dans une perspective dépassant les barrières entre musique savante et *popular music* (rock, jazz, pop, chanson). Après une année de pause due à la crise sanitaire, l'année 2021 a vu le redémarrage du spectacle *Math'n Pop* (véritable levier grand public du projet SMIR, spectacle labellisé initialement dans le cadre des 80 ans du CNRS et de l'année des mathématiques, et qui a 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).

Parmi les autres faits marquants de l'année 2021 dans le cadre des projets SMIR, ProAppMaMu et Math'nPop, on citera :

- la participation des membres du projet ProAppMaMu à la conférence internationale « Computer Supported Music Education » (24 avril 2021, online) et la présentation de l'article « The Tonnnetz Environment: A Web Platform for Computer-Aided "Mathemusal" Learning and Research » (cosigné par C. Guichaoua, J.-L. Besada, E. Bisesi et M. Andreatta) ;
- la participation des membres du projet ProAppMaMu à l'[International Conference on Spatial Cognition](#) (Rome, Italie, 13-17 septembre 2021). Communication intitulée « Conceptualizing chord relationships via spatial visualization within the Tonnnetz », dans le cadre de la séance spéciale consacrée aux espaces conceptuels en musique organisée par José-Luis Besada ;
- la participation de M. Andreatta au [DiMMI 2021](#) (Trento,

26-27 novembre 2021) avec une conférence-concert intitulée « Rules and Constraints in Song Writing: a Focus on some Oumupian Experiences » ;

- la participation de M. Andreatta au [Curieux Festival](#) (Les sciences se mettent en scène), Strasbourg, 26-30 avril 2021, avec la performance croisée artiste-scientifique « [La formule pour faire un tube](#) » (en collaboration avec l'n-ième chanteur Lionel Grob) ;
- la poursuite à l'Ircam de la thèse (à mi-temps) à l'interface entre musique savante et musiques actuelles 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 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). Date de soutenance prévue : été 2022 ;
- la deuxième 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 elle codirigée par Moreno Andreatta et Daniel D'Adamo ;
- la 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 ;
- l'adaptation par Corentin Guichaoua (projet COSMOS) de l'environnement web Tonnnetz pour une série d'expériences perceptives qui ont été menées dans le cadre du projet ProAppMaMu par José-Luis Besada (Universidad Complutense de Madrid) et Erica Bisesi (professeure associée à l'Université de Montréal).

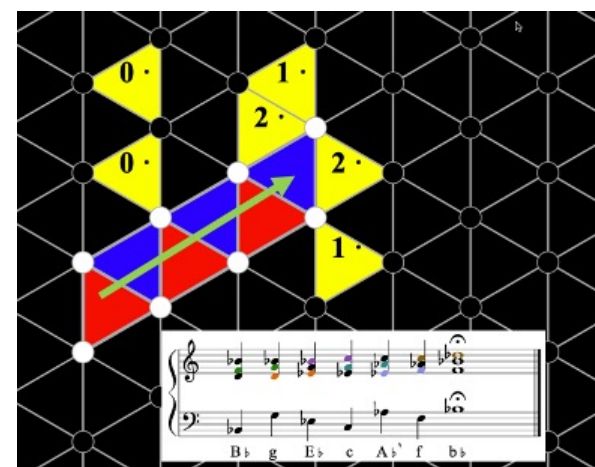


Figure 3. Les deux composantes principales du projet ProAppMaMu: les ateliers pédagogiques en direction des collégiens et lycéens (en haut) et le protocole expérimental à la base du test perceptif visant à étudier l'apprentissage de la structure géométrique du tonnetz à partir de progressions harmoniques représentées en tant que trajectoires spatiales (en bas).



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

(Coord. E. Chew)

Le projet ERC COSMOS (Computational Shaping and Modeling of Musical Structures, [cosmos.cnrs.fr](http://cosmos.cnrs.fr)) a débuté le 1<sup>er</sup> 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 telles qu'elles émergent dans la performance musicale et dans des sources inhabituelles comme les arythmies cardiaques. Les principales orientations de recherche en 2021 étaient les suivantes :

- Des accords ont été conclus avec Bösendorfer pour utiliser leurs fichiers historiques de pianos de concert spécialement édités pour le système Bösendorfer Enspire Pro. En outre, un accord a également été conclu avec Steinway pour l'accès à la récréation par Zenph Studios de l'enregistrement des *Variations Goldberg* de Glenn Gould en 1955. Les fichiers MIDI ont été minutieusement reconstitués à partir de l'enregistrement audio historique afin de produire des « réinterprétations » aussi proches que possible de l'original (membre de l'équipe responsable, autre que le PI : Daniel Bedoya).
- Des efforts considérables ont été déployés pour automatiser le traitement des performances musicales enregistrées à des fins d'analyse et de visualisation. Il s'agit notamment de prendre des décisions sur les formats de données, de sélectionner des représentations musicales, de décider des caractéristiques de la musique et des algorithmes pour les extraire des données, et d'adapter les données et les logiciels existants. 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).

- Un temps considérable a également été consacré à la conception et au développement de [CosmoNote](#), [YouTube](#) [WebAudio2021], un portail web de science citoyenne qui permet l'affichage synchronisé de couches d'informations discrètes et continues, qui comprennent des données sur les notes et les pédales, des caractéristiques audio telles que la sonie et le tempo, des caractéristiques de la partition telles que la tension harmonique, et des données physiologiques dans un environnement visuel et sonore. En utilisant CosmoNote, les scientifiques citoyens peuvent basculer entre les couches d'information et visualiser des modules de formation pour apprendre à reconnaître et à marquer les structures exécutées telles que la segmentation et la prééminence en utilisant des frontières de différentes forces, des régions et des groupements de notes, et insérer des commentaires. Les interprètes peuvent également utiliser CosmoNote pour rendre explicites les structures véhiculées dans leurs interprétations. Le portail web CosmoNote a été lancé publiquement en décembre 2021 avec l'enregistrement des *Variations Goldberg* par Glenn Gould en 1955. Des tutoriels préparatoires ont été créés pour soutenir la participation du public aux campagnes de science citoyenne, et l'interface a été testée lors de conférences (CitSci2021, ISPS2021), (Lawrence Fyfe, Daniel Bedoya).
- Un fil de recherche qui a connu un succès inattendu est l'application des techniques d'analyse de la musique exécutée aux informations cardiaques. Des transcriptions de rythmes cardiaques aberrants ont servi de base à des musiques d'arythmie (*HandbookAI4Music*) qui ont été enregistrées et largement partagées sur les médias sociaux, lors de conférences (ArsElectronica, HRC2021) et dans des publications (*EJH – CardioPulse*, *Scientific American*). La recherche sur la musique et la neurocardiologie a donné lieu à un projet de validation de concept, Heart.FM, qui vise à créer une application capable de synchroniser la musique avec les signaux physio-

logiques des auditeurs afin de déployer à grande échelle les techniques de collecte et d'analyse des données. Les résultats préliminaires de l'application Heart.FM ont fait l'objet de discussions lors de manifestations consacrées à la cardiologie, comme HRC2021. En outre, un article d'opinion sur la musique et la santé cardiaque a été publié dans *Scientific American*.

- Un financement ERC Proof of Concept, Heart.FM, associé à COSMOS a été obtenu à la fin de l'année précédente, avec un travail de développement important mené au cours de l'année 2021. L'objectif est de créer une application capable de fournir un retour physiologique à l'écoute de la musique dans le but d'abaisser la pression artérielle et d'améliorer la santé cardiovasculaire. L'application mobile a été créée et les études sur les patients commenceront à l'UCL/St Bartholomew's Hospital de Londres en 2022. En outre, une application de visualisation de bureau a été créée à des fins de démonstration (Charles Picasso).
- Le projet a été rejoint par Emma Frid (boursière postdoctorale du Conseil suédois de la recherche) qui a travaillé sur la sonification de la cohérence des battements de cœur entre une équipe médicale et un patient en transplantation cardiaque Covid (ICAD2021) et Emily Graber (boursière Marie Skłodowska-Curie) qui a commencé des recherches sur l'amélioration de l'engagement de l'auditeur, mesuré par les réponses du cœur et du cerveau, avec la musique classique contemporaine par le contrôle actif du tempo. En outre, Emma s'est employée à promouvoir le rôle des femmes dans la technologie musicale par le biais d'interviews (WoNoMute, KTH) et de présentations invitées (WiMIR & Féminisme, musique, technologie).

Parmi les faits marquants de 2021, on peut citer :

- [CosmoNote](#), 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.

- **Documentaire Arte :** « [Entendons-nous tous pareil ?](#) » E. Chew a été interviewée dans ce documentaire d'Arte.TV sur l'audition, qui fait partie de la nouvelle série, *42, la réponse à presque tout*. Les sujets abordés vont de la science de l'audition à l'expressivité de la musique en passant par les sons environnementaux et la réponse méridienne auto-sensorielle. La vidéo a été visionnée plus de 128 000 fois depuis sa mise en ligne sur YouTube.
- **Scientific American Opinion Essay :** en novembre 2019, E. Chew et son collaborateur P. Lambiasi ont coanimé un séminaire exploratoire au Radcliffe Institute for Advanced Study de Harvard sur la musique et le cœur. Le séminaire a réuni un groupe interdisciplinaire d'interprètes, de compositeurs, de psychologues, de neuroscientifiques, d'informaticiens, d'artistes, de musicothérapeutes et de cliniciens pour deux jours de conversations et de présentations. Les discussions ont débouché sur un essai intitulé [How Music Can Literally Heal the Heart](#), qui soutient que les attributs structurels et les effets physiologiques de la musique en font un outil idéal pour l'apprentissage de la cardiologie, l'étude des interactions cœur-cerveau et l'administration d'une thérapie neurocardiaque. L'article est paru dans la section Medicine|Opinion du site Scientific American, qui comptabilise plus de 8 millions de pages vues par mois.
- **Célébration des 10 000 bénéficiaires de l'ERC :** COSMOS a été l'un des 15 projets sélectionnés pour figurer dans la célébration des [10 000 Grantees du ERC](#).



Figure 4. À gauche : CosmoNote, une plateforme scientifique citoyenne pour représenter et annoter les structures prosodiques créées par les musiciens lors de leurs performances. À droite : tournage du documentaire d'Arte.TV, « Entendons-nous tous pareils ? »

### ■ Thématique REACH : cocréativité humaine et artificielle

(coord. G. Assayag)

Membres de Reach : G. Assayag, J. Nika, M. Malt, J. Borg, G. Bloch, M. Chemillier, S. Dubnov, K. Chen (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.

Les recherches sur la modélisation, l'apprentissage et la génération interactive d'improvisations ont abouti à un « paradigme » d'interactions illustré par les logiciels Omax, ImproteK, Somax et DYC12. Ces logiciels sont caractérisés par une architecture combinant écoute artificielle du signal, découverte d'un vocabulaire symbolique, apprentissage d'un modèle de séquence et génération de nouvelles séquences dans les situations réactives et/ou compositionnelles (scénarios). Le pôle REACH s'appuie sur

les contrats ANR [MERC1](#) et ERC [REACH](#) (coord. G. Assayag). Dans ces deux projets, la thématique de la cocréation est étendue au champ de la réalité mixte avec des instruments physiques comme ceux de HyVibe (MERC1), et à l'étude des réseaux cyber-humains dans lesquels la double rétroaction entre agents humains et artificiels crée un système complexe de co-apprentissage dans lequel la créativité apparaît comme un type d'émergence de formes et de régimes temporels (REACH). La mise en place d'environnements homme-machine puissants et réalistes pour l'improvisation nécessite d'aller au-delà de l'ingénierie logicielle des agents créatifs avec des capacités d'écoute et de génération de signaux audio. Ces projets proposent de renouveler radicalement le paradigme de l'interaction improvisée homme-machine en établissant un continuum allant de la logique musicale cocréative à une forme d'« interréalité physique » (un schéma de réalité mixte où le monde physique est activement modifié).

Les travaux sur le paradigme réactif ont conduit à la publication par l'équipe en juin 2021 de Somax 2, une version totalement repensée du mythique paradigme de co-improvisation réactive Somax conçu dans l'équipe Représentations musicales de l'Ircam mais jamais

encore publié. Cette application pour l'improvisation et la composition musicales est basée sur un modèle génératif comportant des multi-agents réactifs. Ce dernier génère des improvisations stylistiquement cohérentes, tout en écoutant et en s'adaptant de manière stricte ou flottante à un musicien (ou tout autre type de source audio ou MIDI) en temps réel (G. Assayag, J. Borg).

L'environnement DYCI2 mêle interaction, mémoire musicale et processus génératifs pour « composer à l'échelle de la narration ou du comportement ». Ces travaux visant à établir un trait d'union entre les processus génératifs dédiés à l'interaction temps réel (implémentés dans la librairie DYCI2) et la génération de matériaux « méta-composés » pour l'écriture et l'orchestration (implémentés dans la librairie OM-DYCI2) ont bénéficié en 2021 des contextes riches fournis par de nombreuses productions artistiques : la création de *Music of Choices* d'Alexandros Markeas au Centre Pompidou, l'installation *Critical Climate Machine* de Gaëtan Robillard dans le cadre du projet MediaFutures, la résidence de recherche et création de Rémi Fox pour le projet *C'est pour ça*, et le travail de fond mené avec Steve Lehman et l'Orchestre national de jazz dans l'optique de la création du projet *Ex Machina* en 2022 (J. Nika).

Enfin, dans la lignée de l'objectif initié lors du projet ANR DYCI2 (2015-2019) ayant donné naissance à DYCI2lib, combinant les approches libres, planifiées et réactives de la génération à partir d'un corpus, ainsi que des nouveaux modèles de scénarios dynamiques à court terme (« méta-Djing »), l'équipe a mené un travail de fond pour formaliser une architecture logicielle générique d'agent génératif interactif, poursuivi par un travail de développement qui aboutira prochainement à un écosystème unifié (principalement basé sur le langage Python) de briques élémentaires issues des différents paradigmes d'interactions (modules d'écoutes, modèles de mémoires, stratégies de navigation, stratégies d'interaction, modules de rendus, etc.) (G. Assayag, J. Nika, J. Borg).

Par ailleurs, la tâche d'extraction automatique d'accords à partir d'un signal audio a été abordée en se basant sur le principe des

auto-encodeurs variationnels : des réseaux de neurones génératifs ont été combinés à des modèles de classification afin de permettre un entraînement semi-supervisé. L'impact de l'utilisation de méta-données telles que l'information de tonalité et la position du temps fort a été étudié pour la prédiction de séquences d'accords. Le post-doctorat de Tristan Carsault regroupant ces contributions a associé ces thématiques afin de concevoir un module d'écoute intelligent fournissant des prédictions à court terme pouvant guider en temps réel les agents génératifs de co-improvisation développés dans l'équipe. Ce travail à l'intersection des champs du MIR, du deep learning et de la créativité artificielle a donné lieu à la production de nouveaux modèles d'extraction et d'inférence d'accords en temps réel à partir d'un flux audio publiés dans le journal MDPI *Electronics*. (J. Nika, T. Carsault)

Faits marquants en 2021 :

- Créations utilisant les logiciels de l'équipe : création de *Music of Choices* d'Alexandros Markeas au Centre Pompidou, l'installation *Critical Climate Machine* de Gaëtan Robillard dans le cadre du projet MediaFutures, résidence de recherche et création de Rémi Fox pour le projet *C'est pour ça*, résidences de Steve Lehman et l'Orchestre national de jazz dans l'optique de la création du projet *Ex Machina* en 2022 (J. Nika, électronique générative et collaborations artistiques). Spectacle *Improvise cum machina* au cours du Grand Soir Numérique à la Philharmonie dans le cadre de Nêmo – Biennale internationale des arts numériques, les solistes de l'Ensemble intercontemporain se sont pour la première fois prêtés à l'expérience d'improviser avec une machine (logiciel OMax) (B. Lévy).
- Parution de *Artisticel, Cyber Improvisations*, livre-disque chez Phonofaune, « Les Dialogiques d'Uzeste » : le musicien de jazz Bernard Lubat dialogue avec les IA musicales du projet REACH. Ces cyber-improvisations musicales sont l'aboutissement de plus d'une décennie de complicité artistique, de recherche scientifique, d'expérimentations et de déve-

loppement d'une ligne complète de logiciels d'IA créative (G. Assayag, M. Chemillier, avec G. Lewis, B. Lubat).

- Grande visibilité des créations associées à l'équipe dans la presse, notamment avec des articles à propos de *Music of Choices* dans *Le Monde*, *Le Figaro*, *Télérama* et sur la BBC, des articles sur *Ex Machina* dans *Le Monde*, *Libération*, *Jazz Magazine*, des reviews élogieuses d'*Artisticel* (France Musique, *Jazz Magazine*, *Citizen Jazz*). Article pleine page du *Monde* sur le travail de J. Nika le 27 mai 2021. Article dans *Forbes* sur G. Assayag et le projet REACH.
- Deux documentaires tournés sur les recherches de REACH autour de la cocreativité et les créations artistiques associées : « Un improvisateur virtuel au service de la création musicale », *Le blob de la Cité des sciences* (réal. C. Behr) et *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 2022 à la Maison de la radio (J. Nika, G. Assayag, A. Markeas, S. Lehman).
- Workshop au conservatoire national de Lyon animé par G. Assayag et J. Nika autour du projet REACH et des mystères de la cocreativité humains-machines.
- Release d'une nouvelle version de DYCI2 avec de nouveaux modes d'interaction et interfaçant Max avec une application standalone ne nécessitant plus d'installer Python ; refonte complète de la librairie OM-DYCI2.
- Travaux autour de Somax 2. En collaboration avec HyVibe, une première étape vers l'intégration du système Somax dans la guitare HyVibe a été franchie. Un certain nombre d'optimisations du système Somax ont été faites pour faciliter l'intégration future du système dans le microcontrôleur utilisé dans la guitare HyVibe (qui n'a pas la même puissance de traitement qu'un ordinateur portable moderne). Un prototype intermédiaire a été construit, où le serveur backend du système Somax fonctionne sur un microcontrôleur séparé (Raspberry) et communique directement avec la guitare HyVibe ainsi qu'avec le

frontal Max tournant sur un ordinateur séparé. Dans ce but, des versions distribuées du serveur et du frontal ont été mises en place, ce qui permet à plusieurs machines de communiquer avec un seul serveur via un réseau. Plusieurs agents peuvent désormais coexister sur plusieurs machines et communiquer entre eux, rendant Somax entièrement distribué. Une version off-line et ligne de commande est aussi distribuée sur PyPi au service d'autres équipes et utilisateurs (G. Assayag, J. Borg, A. Mamou-Mani, S. Dubnov).

- Somax 2 est choisi comme outil pédagogique standard de la classe d'informatique musicale de l'UCSD, prof. S. Dubnov, avec des expérimentations permettant d'utiliser la « tokenisation » de Somax dans une architecture deep learning de type « Transformer ».
- Le chercheur Shlomo Dubnov a été accueilli comme professeur invité en novembre-décembre 2021. Ce séjour dans le cadre de REACH a permis de définir un programme de recherche en IA créative pour les années à venir. Ce travail sera publié sous la forme d'un « white paper » sur les directions à venir de l'IA créative, notamment sur les questions de motivation intrinsèque, d'énergie libre et de modèles hybrides en ML intégrant l'approche statistique, la dynamique informationnelle et les techniques les plus avancées en deep learning. Par ailleurs, nous avons commencé à mettre en place les circuits de collaboration entre UCSD et Ircam autour de l'ERC REACH aux fins de cosuperviser des doctorants et post-docs (G. Assayag, S. Dubnov, J. Nika).
- Mise à jour, portage et refonte de l'interface 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).
- Lancement d'une 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).

- Lancement avec P. Codognet (JLFI) et le CNRS d'un IRN (International Research Network) France-Japon sur l'IA et les principaux enjeux scientifiques et sociétaux (G. Assayag).



Figure 5. Alexandros Markeas jouant avec la librairie DYCI2 dans *Music of Choices*.

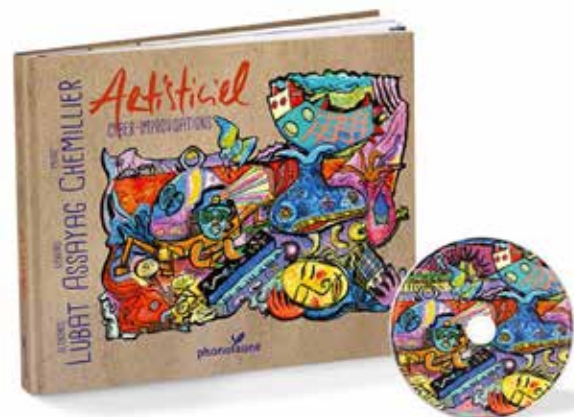


Figure 6. *Artisticiel*, livre disque de 192 pages faisant le point sur dix années de recherches et de création avec les logiciels d'improvisation du pôle REACH, et une série de captations live de concerts dans des salles prestigieuses. « Absolument passionnant » (Alex Duthil, *France Musique*)

## ■ Thématique ACIDS : IA créative et science des données

(Coord. 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-elle 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 ainsi 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). Celles-ci sont concrétisées 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 en 2021 :

- finalisation de l'ANR PRCI MAKIMOno à 800 k€ (cofinancé par le NSERC au Canada), et soumission du rapport final à l'ANR et au NSERC;
- développement d'un nouveau projet de recherche ACIMO à 100 k€ par Sorbonne Université :

– post-doc de Gabriel Meseguer-Brocal sur 1 an,

– investissement en cluster GPUs réalisé avec SCAI (SU);

- 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 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 (SonyCSL, Arturia) et internationales (Japon).

Les thèses en cours en 2021 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).

Parmi les faits marquants en 2021 :

- obtention du prix Golden Nica à ARS Electronica 2021 pour la pièce *Convergence* d'Alexander Schubert, basée sur les travaux d'Antoine Caillon et Philippe Esling;
- multiples participations à ARS Electronica dont deux interventions:
  - ensemble de vidéos de démonstrations et concerts,
  - workshop AI in 64 Kb;
- supervision de deux nouveaux financements autour de l'IA créative avec démarrage en 2020 : SU ACIMO (90 k€) et Emergence(s) ville de Paris (250 k€);
- keynote conférence de Philippe Esling à l'EPFL dans le cadre des PhD days;
- renforcement du partenariat avec le Japon (MIL – Tatsuya Harada et KU – K. Yoshii):
  - P. Esling obtient une délégation d'un an comme chercheur invité au Japanese-French Laboratory for Informatics (JFLI) à Tokyo,
  - N. Devis reçoit une bourse JSPS d'un an avec l'université de Tokyo au Machine Intelligence Laboratory (T. Harada);
- obtention d'une bourse de doctorat CNRS France-Japon;
- réalisation du Neurorack, premier synthétiseur embarqué utilisant des modèles de synthèse profonds et au format Eurorack;
- 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;
- travail de recherche/création musicale simultanée avec:
  - A. Schubert (2<sup>e</sup> commande Ircam - Anima),
  - M. Mantovani (résidence recherche Ircam);

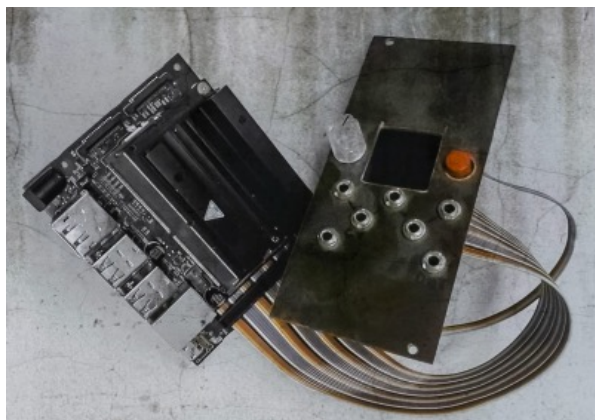


Figure 7. ACIDS: Neurorack (Jetson Nano). Le Neurorack est le premier synthétiseur embarqué utilisant des modèles de synthèse profonds et au format Eurorack.

- extension et développement du FlowSynthesizer, logiciel présenté sous forme de device Max4Live permettant l'inférence de paramètres de synthèse depuis un fichier audio ;
- développement d'un ensemble d'objets MaxMSP et PureData pour l'utilisation des modèles profonds pour la synthèse audio, à travers la librairie nn<sup>-</sup>
  - modèle WaVAE (PureData),
  - modèle RAVE (MaxMSP).

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

(coord. 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 qui visent à renforcer sa bibliothèque – en particulier par des fonc-

tions 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.

### 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*, 64 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. Les mécanismes étudiés sont aussi utiles aux approches de synthèses par acteur développées par José Miguel Fernandez dans le cadre de son travail de thèse et se retrouvent aussi dans la « *Polyrhythmic Machine* », un processus génératif conçu par Yan Maresz.



Figure 8. Performance de la pièce *Mad Max* de Pierre Jodlowski. La performance est réalisée par le percussionniste Philippe Spiesser de la HEM à Genève dans le cadre du projet GeKiPe. La captation gestuelle et la synthèse utilisent de manière essentielle le système de partition électronique centralisée développé par José Miguel Fernandez au cours de sa thèse.

### BLITZ: bibliothèques et langages pour l'interaction temporelle distribuée

L'objectif du projet BLITZ est de concevoir des APIs 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) 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.

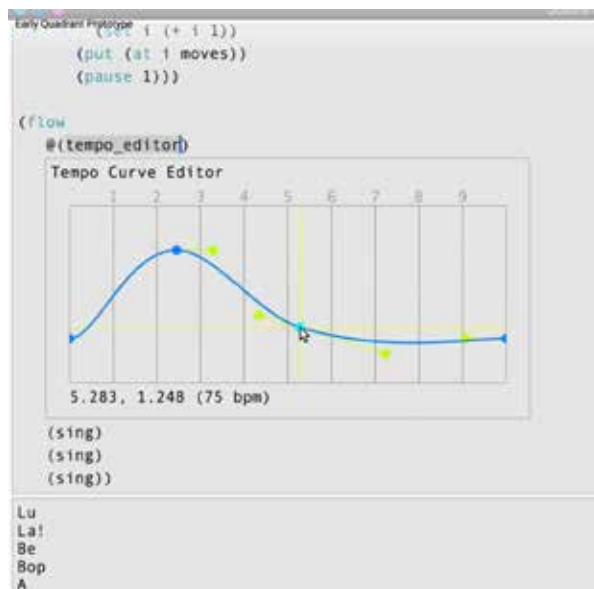


Figure 9. Copie d'écran du prototype de l'éditeur *Quadrant*. L'éditeur permet une édition textuelle et graphique. On voit sur l'écran l'édition graphique « en place » d'une courbe de tempo continue. Une vidéo de démonstration du prototype est disponible.

Le travail de doctorat de Martin Fouilleul s'est consacré cette année au développement de *Quadrant*, un prototype d'environnement de programmation pour la conception et la réalisation de scénarios temporels. Ces scénarios peuvent être utilisés pour déclencher des signaux et contrôler divers paramètres de spectacles en direct et d'installations interactives, tels que la lecture audio et vidéo, les lumières ou la mécatronique.

*Quadrant* est doté d'un éditeur de scénario fonctionnant sur un arbre syntaxique qui mêle des tokens textuels et des éléments d'interface utilisateur graphique. Cela permet de spécifier des scénarios de manière algorithmique en utilisant un langage spécifique

au domaine, tout en permettant des transformations en temps continu via des courbes graphiques.

*Quadrant* utilise un langage impératif synchrone pour exprimer des scénarios polytemporels concurrents. Les scénarios sont compilés à la volée dans un bytecode qui est exécuté par une machine virtuelle. Un ordonnanceur temporel organise l'exécution des parties concurrentes de ce bytecode le long de plusieurs scopes temporels abstraits, en faisant correspondre les dates et les délais abstraits du programme au temps réel à l'aide d'un solveur d'équations différentielles.

La machine virtuelle renvoie des informations sur l'exécution à l'éditeur de structure, 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).

#### Parmi les faits marquants en 2021 :

- webinaire organisé dans le cadre de la semaine France-Atlanta avec l'ambassade de France et le consulat de France à Atlanta et des partenaires américains et français : Jean-Louis Giavitto, [Casual Creators: How New Tools are Changing Artistic Practices](#) (organisation et animation);
- conseil scientifique auprès de Philippe Manoury pour une commande de Daniel Barenboïm (hors Ircam) au Berliner Philharmonie : *Wohlpräpariertes Klavier* (première le 5 septembre 2021);
- organisation de la formation interne à l'Ircam en 12 sessions sur le thème de l'intelligence artificielle;
- organisation des journées Méridien et animation de la demi-journée sur la thématique « IA et création artistique »;
- organisation d'une table-ronde dans le cadre du [colloque Antony](#): « Comment préserver la musique mixte temps réel », 16 décembre 2020;

- organisation et pilotage scientifique (program chair) du workshop international [ACM SIGPLAN International Workshop on Functional Art, Music, Modelling and Design 2021](#) (FARM, août 2021).

## 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 +1	Revue à comité de lecture	4	Nationaux et régionaux : ANR Infidhem ANR Finite4SoS	2	C2RMF-Louvre (Paris) CRC-Musée de la Musique-Philharmonie (Paris) GIPSA-lab (Grenoble) IJLRA-SU (Paris) ISAE-Sup'Aéro (Toulouse)	J.-E. Sotty H. P. Stubbe		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	3	Conférences avec comité de sélection	4	Internationaux	0	INP (Paris) LAGEP-Univ. Lyon 1 LaSiE-Univ. La Rochelle			
Doctorants	9	Ouvrages et chapitres	0	Contrats industriels : Plugiver UVI	2	LMA-CNRS (Marseille) LPL-CNRS (Aix-en-Provence) Mines-ParisTech (Paris) SATIE-CYU (Cergy) Université du Littoral Côte d'Opale (France)			
Stagiaires	3	Thèses de doctorat et HDR	4	Déclarations d'invention	0	UNSW (Sydney, Australie) Makutu-INRIA (Bordeaux)			

### 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 2021 sont développés selon trois axes principaux :

- 1) Problèmes directs : modéliser et simuler avec des garanties.
- 2) Problèmes inverses : analyser, contrôler et optimiser.
- 3) Développements technologiques et expérimentaux : explorer, mesurer et reprogrammer la (bio-) physique.

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

#### Réduction de modèle non linéaire par décomposition modale et séries de Volterra convergentes

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

Ce travail porte la simulation à faible coût d'une classe de problèmes aux limites (espace-temps) non linéaires, en combinant décomposition modale (problèmes aux limites) et décomposition en séries de Volterra (problèmes non linéaires). On montre qu'il est possible de : caractériser un domaine de convergence de Volterra ; borner l'erreur de double troncature (modale/Volterra) ; construire sur cette troncature une réduction de modèle efficace pour la simulation en temps réel ; et récemment, exploiter la structure des non-linéarités (quand celles-ci agissent sur des sous-espaces d'état) pour améliorer significativement le domaine de convergence. Ces résultats ont été publiés dans un article de revue et illustrés sur le cas d'une poutre vibrante. Des perspectives du dernier résultat (théorème) dépassent l'amélioration du domaine de convergence : certains problèmes de propagation dans les fluides (à opérateurs non linéaires non bornés) pourraient devenir traitables par cette technique.



### Modélisation et simulation de la corde frottée dans le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports : application à la synthèse sonore

A. Falaize (LASIE, université de la Rochelle) et D. Roze.

Ces travaux ont permis d'écrire un modèle d'interaction générique dans le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports. Ce modèle d'interaction qui peut permettre différents types de connexion (frotter, frapper, etc.) a été appliqué à un modèle de corde, discrétisé par décomposition modale et par la méthode des éléments finis. Une méthode de projection générique basée sur la base duale a été développée permettant d'automatiser la discrétisation. Des simulations ont permis de mettre en évidence des auto-oscillations et le mouvement de Helmholtz pour le cas d'une corde frottée, ainsi que le contact entre le feutre et la corde, dans le cas de l'excitation par un marteau. Les contributions sont :

- création d'un modèle d'interaction générique dans le formalisme des SHP ;
- calcul du SHP discret en fonction de la base de projection choisie ;
- pré-résolution de l'interaction entre la corde et l'archet permettant une réalisation à faible coût ;
- simulation numérique à bilan de puissance garantie d'une corde frottée et d'une corde frappée par un marteau couvert de feutre, avec une grande paramétrisation des lois de comportement.

### Modélisation et simulation à bilan de puissance garanti dans le formalisme espace-temps (4D)

T. Hélie, E. Rouhaud (UTT, Troyes, en délégation CNRS auprès de STMS) et D. Roze.

L'accueil et la collaboration avec Emmanuelle Rouhaud (professeure à l'UTT) ont pour objectif de définir des modèles dynamiques non linéaires dans le formalisme espace-temps (4D), en s'intéressant aux propriétés de passivité et de bilan de puissance équilibré. L'approche 4D produit des modèles invariants par rapport aux changements de coordonnées et de référentiel, avec l'intérêt de

ne comporter que des non-linéarités essentielles. La première étape (en cours) consiste à croiser ce formalisme avec celui des systèmes hamiltoniens à ports (SHP) utilisés dans l'équipe S3AM pour aboutir à une description en SHP-4D (systèmes ouverts à non-linéarités essentielles et à bilan de puissance équilibré). En deuxième étape, on concevra des simulations héritant intrinsèquement de ces propriétés, efficaces en termes de convergence et de temps de calcul. Des travaux applicatifs sont en cours (corde vibrante) et planifiés (modèle de plaque de von Kármán).

### Méthodes numériques d'inspiration géométrique pour la synthèse sonore : application à la modélisation d'une corde géométriquement exacte

Thèse de P. Carré (soutenue le 20 décembre 2021, ED SMAER, dir. : J. Bensoam et B. d'Andréa-Novel).

La synthèse sonore par modèle physique, qui consiste à résoudre numériquement les équations décrivant les systèmes produisant des vibrations, permet la simulation d'effets riches et complexes de manière réaliste. Toutefois, le traitement numérique fait inévitablement surgir des problématiques de stabilité.

L'approche choisie dans notre thèse est de mettre en œuvre les outils offerts par la mécanique variationnelle discrète, qui permet le traitement de systèmes formulés à l'aide d'un lagrangien et assure par construction des garanties sur l'énergie, la symplecticité, et la conservation des moments résultant de l'existence de symétries. Par ailleurs, le choix d'un système de coordonnées particulier fait parfois apparaître des non-linéarités dans les équations ; une formulation intrinsèque de ces équations à l'aide de groupes de Lie permet de résoudre ce problème. Un cadre général a été implémenté pour l'ensemble de ces approches numériques dans une librairie C++ Open Source. La mécanique covariante, qui étend l'approche lagrangienne au traitement des équations aux dérivées partielles, permet le traitement des problèmes aux limites forcées grâce à un principe variationnel unifié étendant le principe de Lagrange-d'Alembert.

Les différents outils étudiés ont finalement été combinés et appliqués à la résolution numérique d'un modèle de corde tridimensionnel non linéaire géométriquement exact. La résolution numérique de la dynamique de la corde a été réalisée par l'application d'une méthode numérique covariante avec groupe de Lie, et une triple validation des résultats a été obtenue. Ces travaux font l'objet d'une publication au *Journal of Sound and Vibration*.

### Approche hamiltonienne à ports pour la modélisation, la simulation, l'analyse et le contrôle de l'appareil vocal humain

Thèse de V. Wetzel (soutenue le 9 décembre 2021, dir. : T. Hélie, STMS et F. Silva, LMA-Marseille).

La voix est un système multiphysique (acoustique, interaction fluide/solide) capable de reproduire une grande variété de régimes (voix de tête/de poitrine, *fry*, voix de sifflet...). La complexité des phénomènes physiques impliqués demande la présence de certaines garanties (notamment énergétiques) pour la modélisation et la simulation de ce système physique.

La première partie de cette thèse a produit un nouveau modèle de conduit vocal à bilan de puissance équilibré. Il s'appuie sur un modèle élémentaire de type « interaction fluide-structure » qui considère des déplacements arbitraires des articulateurs. Le système final est obtenu par la concaténation de plusieurs modèles. Nous utilisons le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports associé à des méthodes numériques adaptées qui garantissent la passivité des simulations. Les contributions cette année sont :

- une amélioration du modèle de tronçon, plus proche d'une description aéro-acoustique ;
- l'interprétation physique de ce modèle par des circuits électriques équivalents ;
- la comparaison de ce modèle avec un modèle connu de la littérature (modèle de Maeda 1982) ;
- une méthode d'assemblage générique pour produire le conduit vocal complet. Elle est basée sur des contraintes algébriques (DAE-SHP) et des graphes orientés ;

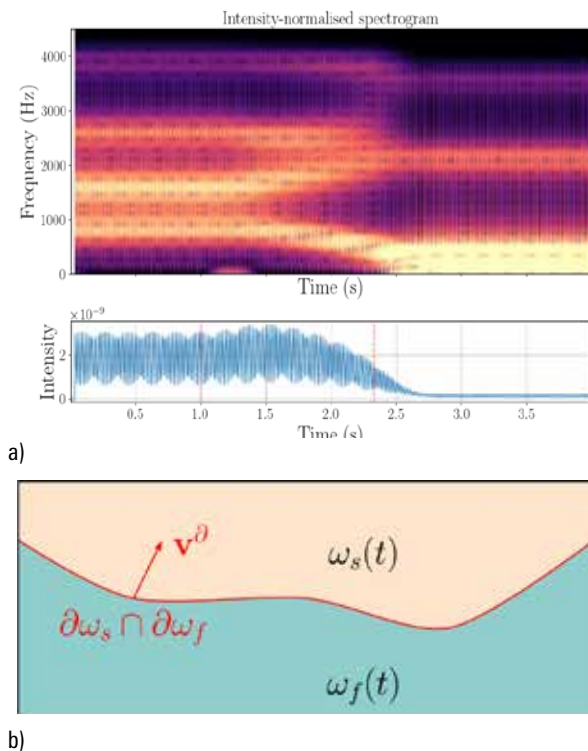


Figure 1. a) Spectrogramme d'une synthèse de coarticulation. b) Modélisation d'un problème d'interaction fluide-structure à l'aide du formalisme des fonctions de couleur.

- une méthode numérique adaptée aux contraintes pour produire des simulations à passivité garantie;
- des simulations de coarticulation réalistes entre deux voyelles (voir figure 1a).

Cette méthodologie de modélisation a été perfectionnée puis utilisée pour modéliser une jonction de connexion entre trois résonateurs linéaires ou non linéaires. Dans cette approche, on

propose d'abord un premier modèle de mécanique des fluides qui est ensuite formulé en tant qu'un système hamiltonien à ports. Ensuite, en s'appuyant sur de nouvelles hypothèses et simplifications, plusieurs autres modèles, de complexité décroissante, sont proposés.

Dans une dernière partie, nous nous sommes intéressés à produire un nouvel outil de modélisation pour les problèmes physiques à géométrie variant dans le temps. Nous avons généralisé l'utilisation des fonctions indicatrices dans le domaine des distributions pour modéliser un problème d'interaction fluide-structure (voir figure 1b). Cette approche est compatible avec les SHP de dimension infinie, et permet de recouvrer la modularité à l'aide de ports d'interconnexion (situés à la frontière de chaque domaine) et de lois de couplage, ces dernières étant explicitées indépendamment du reste du problème physique. Ce dernier point est une nouvelle approche qui peut être utilisée pour formaliser de manière générique l'interaction entre systèmes de dimension infinie (interaction corde/archet, interface d'une bulle de savon, interaction entre un jet et une structure déformable...).

### Simulation en temps continu à bilan de puissance équilibré de circuits audio non linéaires: traitement en temps réel et rejet du repliement spectral

Thèse de R. Muller (soutenue le 13 juillet 2021, financée par UVI, ED EDITE, dir. : T. Hélie).

Cette thèse porte sur la simulation en temps réel de circuits audio non linéaires. On utilise le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports (SHP) pour garantir l'équilibre de puissance et la passivité. De plus, on adopte un cadre fonctionnel à temps continu pour représenter les signaux analogiques en virtuel et on propose d'approcher les solutions par projection sur des trames temporelles. En résultat principal, une condition suffisante est établie sur les projecteurs pour que les trajectoires approchées satisfassent un bilan de puissance équilibré à l'échelle d'une trame. L'objectif est double :

- pour gérer l'expansion de la bande passante due aux non-linéarités, on considère des moteurs numériques traitant des signaux qui ne sont pas à bande limitée mais ont un « taux d'innovation fini »;
- pour revenir au domaine à bande limitée, on conçoit des convertisseurs analogiques-numériques virtuels.

Plusieurs méthodes numériques sont construites, toutes à bilan de puissance garanti, ordre de précision et ordre de régularité des trajectoires réglables. Leurs propriétés sont étudiées : existence et unicité, ordre de précision et dispersion, mais aussi résolution en fréquence au-delà de la fréquence de Nyquist, rejet du repliement, noyaux reproduisants et noyaux de Peano. Cette approche révèle des ponts entre l'analyse numérique, le traitement du signal et la théorie de l'échantillonnage généralisé. En particulier, elle met en relation la précision, la reproduction polynomiale, la bande passante, les bancs de filtres de Legendre, etc. Un cadre systématique permettant de transformer les schémas électriques en équations et en simulations est détaillé. Il est appliqué à des circuits audio (représentatifs pour la société UVI) comportant des équations – ordinaires et différentielles – algébriques. Un travail particulier est consacré à la modélisation en SHP des amplificateurs opérationnels. Enfin, on revisite la modélisation en SHP dans le cadre de l'algèbre géométrique, ouvrant des perspectives pour de nouveaux encodages structurés des modèles.

### 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, depuis juillet 2019, dir. : T. Hélie, co-encadr. : D. Roze et R. Muller - UVI).

L'objectif de cette thèse est de proposer des simulations physiquement réalistes de circuits analogiques audio emblématiques. Parmi ces circuits, on se concentre en particulier sur les premières générations de compresseurs, égaliseurs et amplificateurs utilisés dans le domaine musical, comportant des transformateurs, des

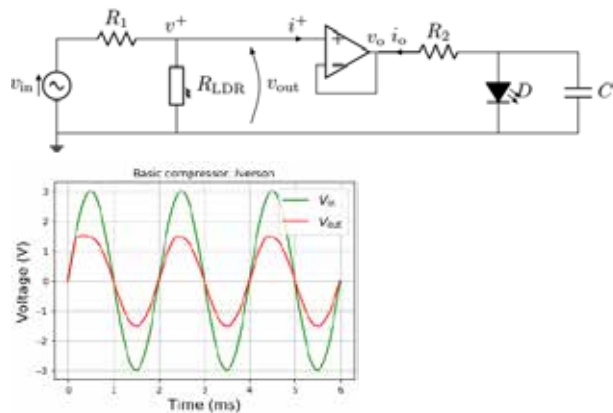


Figure 2. Circuit d'un compresseur optique élémentaire et simulation de la tension de sortie.

lampes et des composants opto-électroniques aux lois méconnues. Pour ce faire, on se propose de (i) modéliser ces composants de façon énergétiquement bien posée en s'appuyant sur le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports (axe 1), et (ii) d'identifier des modèles de manière structurée à partir de mesures sur des circuits réels (axe 2).

Les contributions principales pour l'axe 1 sont :

- modélisation énergétiquement bien posée d'un photo-coupleur ;
- simulation à passivité garantie d'un compresseur optique élémentaire (figure 2).

### 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 pour la synthèse audio, réaliste. Cet outil de lutherie virtuelle per-

mettra 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 modéliser 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.

L'écriture générale d'un modèle de résonateur avec pertes et avec différents types de conditions aux limites a été cette année d'abord réalisée sur le modèle de corde souple linéaire. Plusieurs formalismes ont ainsi été envisagés :

- formulation modale d'un problème avec des conditions aux limites non homogènes (écriture des noyaux de Green-Poisson du système, puis décomposition modale sur leurs pôles par la méthode des résidus) ;
- application du principe de moindre action au système considéré dans l'objectif de retrouver un système hamiltonien à ports par utilisation de la transformée de Legendre ;
- écriture dans le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports.

Une partie de l'année a été consacrée à valoriser le travail effectué pendant un stage antérieur, portant sur la simulation de l'articulation du conduit vocal dans un contexte de synthèse vocale.

### Modélisation de la propagation acoustique viscothermique et simulations temporelles à bilan d'énergie garanti d'instruments à vent

Thèse d'A. Thibault (ED SEA-Univ. de Pau et des Pays de l'Adour, depuis septembre 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, modèles conservant un bilan d'énergie pour des excitateurs de type anche simple, valve, jet hydrodynamique) ; et, 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 méthodes numériques de simulation d'instruments développées au cours de cette thèse sont vouées à être publiées dans la librairie Python [OpenWIND](#), et éventuellement d'autres telles que Modalys, Eolys ou PyPHS, permettant de toucher plusieurs champs applicatifs et communautés (scientifiques, luthiers, compositeurs, etc.).

Les contributions principales de cette année sont :

- étude de la modification des coefficients de ligne de transmission due à la conicité dans un tuyau avec acoustique viscothermique ;
- modélisation des instruments à paroi poreuse, croisant les modèles physiques de porosité avec la théorie mathématique de l'homogénéisation périodique ;
- calcul numérique des noyaux de perméabilité pour des géométries 2D données ;
- modélisation d'instruments à paroi rugueuse : proposition d'un premier modèle ;
- début de travail sur l'utilisation de schémas localement implicites.



Figure 3.  
Le tom instrumenté.

### ■ Axe 2. Problèmes inverses : analyser, contrôler et optimiser

Contrôle en temps fini de systèmes vibratoires hybrides couplant équations aux dérivées partielles et équations aux dérivées ordinaires : les cas du tom et du câble pesant

Thèse de M. Wijnand (ED SMAER, soutenue le 5 juillet 2021, dir. : B. d'Andréa-Novel, T. Hélie, D. Roze et L. Rosier, Université du Littoral Côte d'Opale). Financement ANR Finite4SoS coordonné par W. Perruquetti du laboratoire Cristal de Lille, depuis octobre 2017.

Cette thèse s'intéresse au contrôle en temps fini de systèmes dynamiques. Ce type de contrôle non linéaire permet d'atteindre un point d'équilibre en un temps fini, au contraire d'un contrôle asymptotique, voire exponentiel.

Un observateur-régulateur pour un haut-parleur comme actionneur de contrôle actif appliqué à une membrane de tom (figure 3) avait été développé dans le but de modifier des fréquences de plusieurs modes et un prototype expérimental était sous construction (figure 4).



Figure 4. Dispositif expérimental complet installé en chambre anéchoïque.

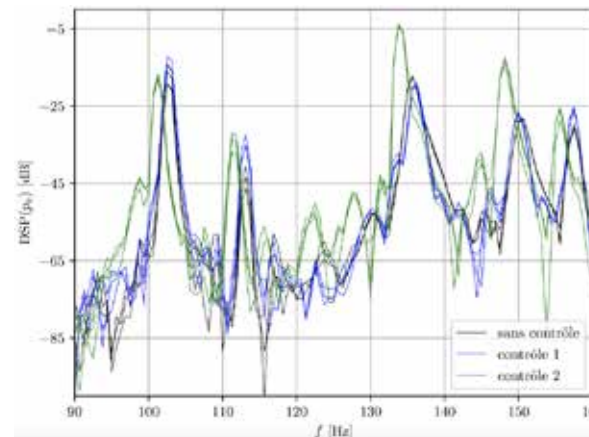


Figure 5. Changement spectral observé dans le son de la membrane du tom.

Une première partie avait consisté en l'identification des paramètres physiques du système considéré. La deuxième partie a consisté à implémenter la loi de commande sur un microcontrôleur temps réel (le Coala). Des expériences en chambre anéchoïque ont

permis d'évaluer la performance de la commande proposée. On a pu observer qu'on est capable de déplacer des fréquences de la vibration de la membrane du tom (figure 5), mais qu'il existe un certain écart avec la prédiction du modèle utilisé ne prenant pas en compte la propagation du son du haut-parleur à l'intérieur du fût.

### Modélisation de composants électroniques non linéaires, identification et génération de code pour la production de fac-similés virtuels d'effets audio

Projet présenté à l'axe 1.

Les contributions principales pour l'axe 2 sont deux méthodes d'identification de circuits non linéaires, préservant la passivité, fondées sur : (M1) les noyaux reproduisants et (M2) l'opérateur de Koopman.

### 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. Hélie).

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.

Les premiers mois de thèse ont été consacrés à une étude bibliographique sur le contrôle actif des instruments à vent.

Sur le plan théorique, la conception d'un prototype de trombone augmenté en simulation a été initiée.

Sur le plan expérimental, le banc de test robotisé, composé d'un trombone à pistons et d'une bouche artificielle est en cours de remise en état de fonctionnement (figure 6). Ces travaux ont été soumis et acceptés pour communication orale au CFA2022.

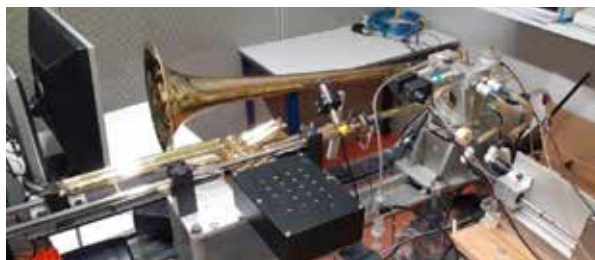


Figure 6. Banc de test robotisé, composé d'un trombone à piston et d'une bouche artificielle.

### Contrôle actif des premiers modes d'une corde de violoncelle couplée à une table d'harmonie

Stage de B. Russo de Souza Maciel (ENSTA, 2<sup>e</sup> année), 12 mai-23 juillet 2021, co-encadr. : H. Boutin, R. Caussé, R. Piéchaud (STMS), C. Fritz (IJLRDA/LAM).

L'objectif du stage était de contrôler les caractéristiques des premiers modes propres d'une corde de violoncelle couplée à une table d'harmonie rectangulaire. Le stage fait suite à celui de J. Guinot (2020) qui a essentiellement porté sur la modélisation de la corde couplée et le contrôle de sa vibration en simulation.

Pour cela, un dispositif expérimental a été mis en place, composé du système à contrôler (corde + chevalet + table d'harmonie), d'un capteur optique, équipé d'un laser et d'une photodiode, capable de mesurer le déplacement de la corde de façon non intrusive, et d'un actionneur électromagnétique (figure 7). Son principe consiste à placer la corde dans un champ magnétique permanent, puis à faire passer un courant électrique alternatif dans la corde. Le passage du courant applique à la corde une force de Laplace, qui la met en vibration.

Le stage a également permis :

- d'estimer les limites de linéarité de l'actionneur ;
- de mesurer la fonction de transfert du système (actionneur + corde + chevalet + table d'harmonie + capteur) en boucle ouverte ;

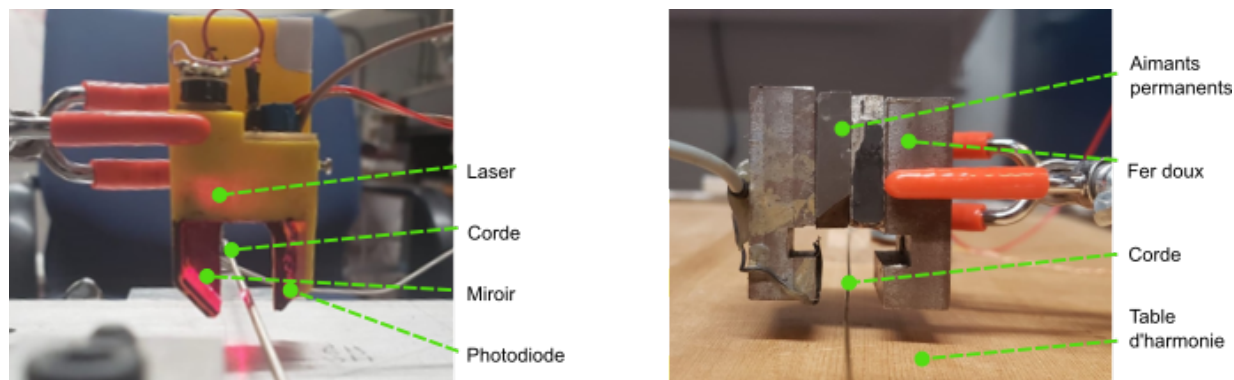


Figure 7. Capteur optique (à gauche) et actionneur électromagnétique (à droite).

- de tester l'algorithme de contrôle par allocation de pôle en simulation sur un modèle boîte noire du système, obtenu à partir des mesures.

### Contrôle des vibrations subies par les objets du patrimoine

Une grande variété d'objets patrimoniaux est soumise ponctuellement à des vibrations non contrôlées, notamment à l'occasion de leur transport (dans les musées ou réserves), de concerts ou défilés (de plus en plus fréquents dans les musées) ou à cause de la pollution sonore en milieu urbain à proximité des musées (travaux et transports publics, routes). Ce projet de recherche, financé par la Fondation des sciences du patrimoine, a démarré en 2020, avec pour objectif de développer des solutions de contrôle de vibrations adaptées aux objets patrimoniaux, afin de favoriser leur conservation. Il est mené par l'INP (Institut national du patrimoine), STMS, l'IJLRDA (SU), le musée de la Musique et SATIE (CYU), et regroupe également plusieurs musées partenaires (Louvre, MAD, MQB, Paris). En 2021, le projet a permis de financer la thèse de Loïc Forma ainsi que le stage de M1 de P. Goislot, M1 Acoustique SU.

### 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).

Dans le domaine du patrimoine, les vibrations subies sur le long terme par les œuvres sont responsables de dégradations. Afin de protéger les objets de ces perturbations, le projet de thèse de L. Forma a pour objectif de développer un système intelligent de protection des vibrations adaptable aux supports utilisés dans le domaine du patrimoine, devant à terme apporter une preuve de concept. En 2021, les travaux de thèses ont porté sur :

- l'implémentation de différents algorithmes de contrôle de type feedforward, et leur optimisation pour minimiser les vibrations des supports d'œuvres dans les musées ;
- la réalisation d'une maquette de support d'œuvre permettant de tester les algorithmes (figure 8).

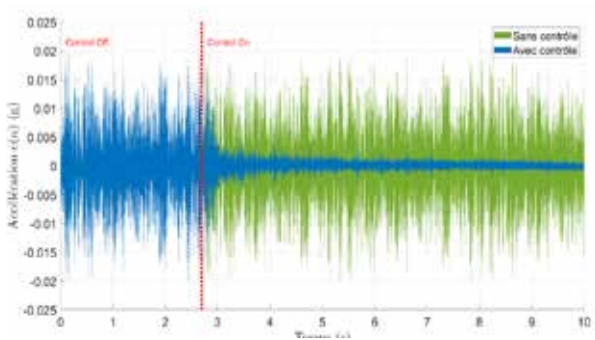
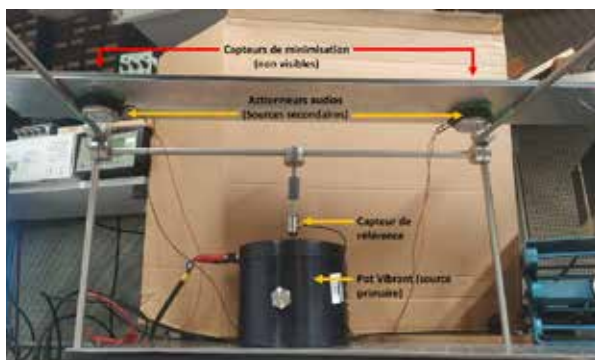


Figure 8. Maquette de support d'œuvre soumise à des vibrations (en haut) et contrôle feedforward pour l'atténuation des vibrations du support (en bas).

### Fatigue subie par les objets du patrimoine soumis à des vibrations

Stage de P. Goislot (Sorbonne Université, 19 avril 2021-13 juillet 2021, co-encadr. : H. Boutin, S. Le Conte, INP).

Ce stage a porté sur la fatigue subie par quatre œuvres soumises à des vibrations : bois polychrome, écorce peinte, cadre en bois et terre crue peinte. Il a permis de développer un protocole expérimental capable de soumettre les œuvres à des vibrations de grande amplitude (de l'ordre du mm) et de mesurer leur effet sur les modes propres (figure 9). Il apparaît que les modifications mesu-

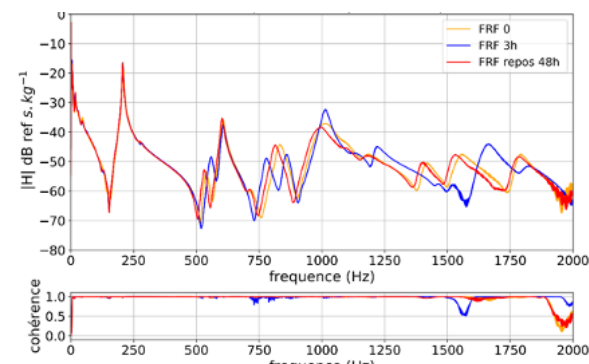
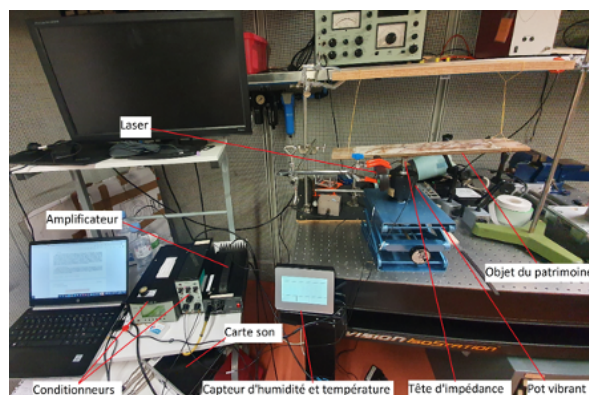


Figure 9. Dispositif expérimental pour la mise en vibration des œuvres (en haut) et évolution temporelle de la réponse en fréquence du bois polychrome : après 3h de vibration et 48h après l'arrêt des vibrations (en bas).

rées ne s'accompagnent pas toujours de dégradations visibles à l'œil et donc mentionnées dans un constat d'état. Inversement, les dégradations visibles sur les couches superficielles ne sont pas corrélées à des modifications sur les fonctions de réponse en fréquence. De plus, quelques heures après l'arrêt des vibrations,

certaines objets en bois et terre cuite peuvent retrouver des caractéristiques modales identiques à celles qu'ils avaient avant la mise en vibration.

### Correction de non-linéarités de haut-parleurs

Stage de M. Masson (École des Mines-ParisTech, option MAREVA et Master 2 de Robotique de Sorbonne Université, co-encadr. : T. Hélie, STMS et F. Amadu, Ircam Amplify).

Ce stage a porté sur la modélisation en SHP des non-linéarités impliquées dans les haut-parleurs, leur simulation en temps réel et la mise en place sur un banc de test d'algorithmes de correction. Ces algorithmes fournissent un signal d'excitation modifié qui supprime l'effet des non-linéarités. Ces travaux font suite à ceux de la thèse de Tristan Lebrun (décembre 2019). Les nouveaux résultats obtenus concernent (figure 10) :

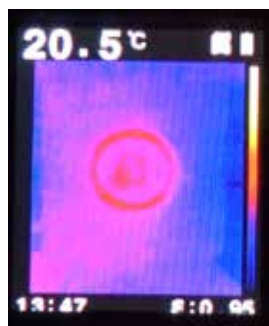
- la conception d'un démonstrateur capable de mesurer les signaux d'un haut-parleur d'étude (HP réel), de simuler son modèle en temps réel (HP virtuel), de comparer les signaux virtuels et mesurés en temps réel, et de tester les signaux de correction simultanément sur les HP (virtuel/réel) ;
- la mise en évidence expérimentale de phénomènes thermiques qui ont une influence sur les caractéristiques du haut-parleur ;
- la déduction d'hypothèses pour modélisation et la conception d'un modèle multiphysique énergétiquement bien posé (SHP) capables de représenter ces phénomènes en vue d'améliorer la correction.

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

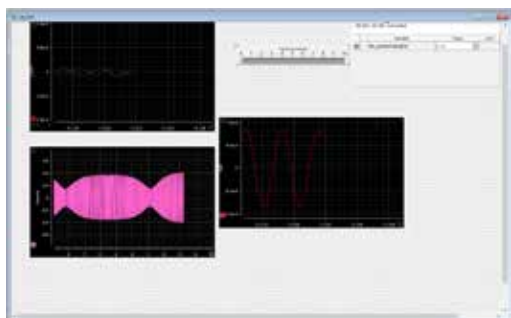
Caractérisation de copies d'instruments anciens : le cas de la harpe égyptienne « naviforme » de Dra Abu el-Naga.

R. Caussé, J.-L. Le Carrou (IJLRDA) et S. Émerit (HISOMA).

Suite à la dernière campagne de mesures de juillet 2020, l'étude a mis l'accent sur l'influence des choix qui ont été faits par Susanna Schulz, luthière, pour prendre en compte les inconnues de ce



a)



b)



c)

Figure 10. a) et b) Banc de mesure de haut-parleur. c) Expérience mettant en évidence des échauffements thermiques (haut-parleur vu de face)

cordophone antique fragmentaire lors de la réalisation de la copie moderne. Ces inconnues sont principalement les cordes (le diamètre, le matériau, la tension, l'accord), la position et la taille des événements sur la peau. Les événements sont à l'origine d'un couplage vibrato-acoustique bien connu pour certains cordophones comme la guitare, phénomène dominant pour le rayonnement des basses fréquences de cet instrument mais aussi familier aux haut-parleurs bass reflex.

Pour les cordes des harpes, il n'a pas été retrouvé jusqu'ici le moindre fragment. On peut cependant supposer que le type de corde retrouvé sur des luths de la même époque, cordes en boyaux filés fabriquées à partir de deux ou trois fils pleins, était également monté sur ces harpes naviformes.

Le choix des cordes, de la position et de la taille des événements est très important car il affecte en particulier l'intensité des sons émis (loudness) que les luthiers cherchent généralement à « maximiser ». Ce travail a été mis en valeur dans un film pour la chaîne Arte, *À la recherche de la musique de l'Antiquité* (Prix Sacem meilleur documentaire musical au Festival de Lussas 2021 et nommé au Festival Paris Science 2021, réalisation Bernard George).

#### Étude de l'acoustique des instruments de la famille du sheng (orgues à bouche à tuyaux)

R. Caussé, F. Picard (IReMus) et V. De Lavenere (IReMus).

La poursuite de l'étude acoustique des différents types d'orgues à bouche à tuyaux a porté en particulier sur l'étude des propriétés des différents types d'anche (lamelles découpées dans une platine mince en acier et de formes très différentes) et sur la modernisation de cet instrument.

Le système que constitue l'anche et le tuyau est un système couplé par l'air au niveau du passage entre la platine et la lamelle. Les propriétés mécaniques et la forme des anches jouent un rôle déterminant dans ce couplage.

Étendre les possibilités musicales a toujours été observé pour de nombreux instruments. Il en est ainsi pour le sheng dont le nombre

de tuyaux varie entre 17, 24 et 36 avec souvent trois ou quatre muets. La multiplication de tuyaux a nécessité l'introduction de clés permettant la fermeture des trous de jeu. Pour accroître l'intensité, des tuyaux en dérivation sont montés sur chaque tuyau dont la résonance va permettre de soutenir certaines composantes du son émis et augmenter ainsi de quelques dB le niveau sonore. Un effort tout particulier a été consacré par les différents participants au projet « sheng ! l'orgue à bouche, des dizaines de sons, des centaines de musiques » à la rédaction d'un numéro spécial de la revue *Circuit - Musiques contemporaines* (vol. 32, n° 1) regroupant principalement le contenu des différents séminaires organisés depuis 2019 autour de ce projet et dont la parution est prévue en avril 2022.

#### Hautbois du patrimoine

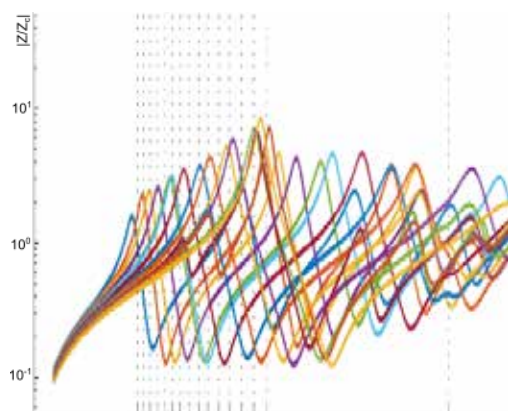
Collaboration entre STMS (H. Boutin, R. Caussé), le Musée des instruments à vents de La Couture-Boussey (E. Marconi) et le musée de la Musique – Cité de la musique – Philharmonie de Paris (USR3224) (M. Jossic, T. Maniguet et S. Vaiedelich).

Depuis 2019, on constate un renouvellement d'intérêt pour les hautbois français, au travers de différentes actions, au niveau muséal et de recherche universitaire, comme en témoignent les travaux de Lola Soulier à l'Institut de recherche en musicologie, sous la direction de F. Picard et A. Davy-Rigaux (« Le hautbois en France à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle : étude et mise en pratique de la "Méthode raisonnée pour le hautbois" de Joseph-François Garnier ») et « [Le hautbois français de 1660 à 1810 : étude organologique, esthétique et mises en pratique](#) », doctorat initié en 2019. Dans ce contexte, d'importantes acquisitions de hautbois français ont été effectuées par le Musée des instruments à vent et le musée de la Musique depuis 2019, et un projet collaboratif de recherche a démarré en 2020 entre STMS, le Musée des instruments à vent et le musée de la Musique.

Le premier objectif est de documenter les collections muséales de hautbois français pour étudier, dans un second temps, la pos-



a)



b)

Figure 11. a) Dispositif expérimental de mesure d'impédance d'entrée de hautbois du patrimoine et b) mesures d'impédance d'entrée normalisée pour tous les doigts de Do3 à Do5 sur un hautbois baroque (Thomas Lot, 1720).

sibilité de caractériser le hautbois français sur des critères objectifs. Plus précisément, l'équipe S3AM de STMS se concentre sur l'influence de la rugosité de la paroi interne, dans la perce, sur l'acoustique de l'instrument et sur sa jouabilité.

Dans ce but, un protocole expérimental de mesures d'impédance d'entrée de hautbois du patrimoine a été mis en place dans la chambre anéchoïque de l'Ircam à partir de mars 2021 (figure 11), et a été appliqué à six hautbois français fabriqués entre 1720 et 1750, conservés au MIV. De nouvelles mesures sont prévues en 2022 sur des hautbois de même époque du musée de la Musique.

#### 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. Ernoult), 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 en 2021 sur les outils et les aspects de modélisation à inclure dans la nouvelle version du logiciel. La partie modélisation du projet se concentre sur le calcul 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 s'est impliquée dans la partie expérimentale du projet, visant 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 et un plan d'expérience a été mis en place 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 feront l'objet de deux présentations orales au CFA 2022.



## Pôle Ingénierie et prototypes (PIP)

Responsable : Emmanuel Fléty

### ■ Résumé

Le pôle Ingénierie et prototype (PIP) est une équipe transversale rattachée à l'UMR STMS. Celle-ci 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 S3EAM (mais également occasionnellement avec les équipes EAC et PDS) avec une répartition selon les compétences de ses membres :

- Emmanuel Fléty : conception électronique, micro-logiciel, électronique numérique embarquée, CAO électronique + 3D. Supervision prototypage rapide ;
- Natacha Grauer : conception expérimentation acoustique et CAO 3D ;
- 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 le projet de lutherie numérique autour de l'accordéon de Jean-Etienne Sotty, par exemple (modélisation 3D mécano-électronique, combinaison fraise numérique et impression 3D).

### ■ Conception électronique

La version actuelle du module de captation gestuelle R-IoT distribué par la société PLUX arrive en fin de vie industrielle, accélérée par la pénurie de semi-conducteurs en cette période de pandémie. Son remplacement basé sur un microcontrôleur WIFI ESP32 (Espressif) est à l'étude, ainsi qu'une fabrication/duplication chez un sous-traitant français.

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 PLUX équipent également la Production et la Pédagogie, ils sont régulièrement utilisés par les RIMs et servent également à la formation « Capteurs, interfaces et machine learning interactif pour la musique » dispensée par la PAC (+PIP, ISMM) en mai 2021, sur quatre jours.

Pour les besoins de l'UMR, 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.

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.

A été développé en 2021 le module/driver suivant :

- driver bas niveau pour mémoire FLASH, lorsque l'utilisation de la carte SD n'est pas souhaitée (vibrations mécaniques, stockage de faible capacité, réduction de taille de la carte).

### ■ Collaborations scientifiques et artistiques

Parmi les collaborations les plus représentatives sur 2021, on peut citer :

- accordéon augmenté (Jean-Etienne Sotty, en résidence S3AM) : conception d'une enceinte interne et fabrication des différents composants pour le montage mécanique. Gestion électronique du chargeur pour smart-battery, pièces 3D imprimées, circuit imprimé, intégration d'un amplificateur audio 2 voies avec sélecteur de filtre et routage d'enceintes. Sortie de résidence et présentation du dispositif (E. Fléty) ;
- pupitre sur mesure pour la rééducation des patients ayant subi un AVC. Modélisation 3D, découpe laser, intégration électronique, module R-IoT, recharge par induction (thèse d'Iseline Peyre, Frédéric Bevilacqua, ISMM). 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 (E. Fléty, A. Recher) ;
- mesure d'amplitude et de fréquence respiratoire sans fil (WIFI/OSC) pour analyse physiologique de l'instrumentiste ou de l'auditeur (Elaine Chew/Charles Picasso – HeartFM) (E. Fléty) ;
- flûte imprimée en 3D pour l'étude du Sheng (René Caussé – S3AM) (A. Recher) ;
- conception paramétrique et impression 3D d'éprouvettes cylindriques pour l'étude de la rugosité des parois internes d'instruments à vent (Henri Boutin – S3AM) (N. Grauer) ;

- mesures d'impédance électrique d'un haut-parleur bafflé et mesures de la vitesse d'une membrane avec vibromètre laser, pour le contrôle actif du trombone (thèse de Vincent Martos – S3AM) (N. Grauer);
- conception et automatisation d'un banc de mesure « haute résolution » pour identification paramétrique (tension, courant, temps de réponse) d'un opto-coupleur analogique type « vactrol ». Multimètre de table multivoie piloté par un programme Python, collecte de mesures via commandes SCPI et pilotage d'un moteur pas-à-pas (Arduino) pour l'incrémenta-tion supervisée des mesures (thèse de Judy Najnudel – S3AM) (E. Flety, N. Grauer, A. Recher);
- assemblage et tests de cartes équipées de convertisseurs ADC et DAC pour nano-ordinateur Jetson-Nano (Philippe Esling – ACIDS) (A. Recher, E. Flety);
- interface électronique entre Max/MSP et divers capteurs de pression mécanique pour évaluation de capacités physique/physiologique de patients, tâche « reproduire un tempo » (Lise Hobeika – EAC) (A. Recher, E. Flety);
- correction de la distorsion du signal d'un haut-parleur en boucle ouverte, à fort niveau (stage de fin de cycle ingénieur de Matthieu Masson – S3AM). Montage expérimental composé d'une enceinte rigidement fixée à une table anti-vibration et d'un laser pour mesurer le mouvement de la membrane. Gestion du positionnement des enceintes (pouvant varier en taille) à l'aide de pièces mécaniques réalisées en impression 3D et gestion du positionnement du capteur à l'aide de guides linéaires (N. Grauer);
- contrôle actif de vibration (thèse de Loïc Forma – S3AM). Conseil en stratégie d'expérimentation. Banc d'excitation de mesures vibratoires: réalisation de pièces hybrides bois/impression 3D (N. Grauer, A. Recher);
- contrôleur sonore/instrument pour la pièce de la compositrice Rachel Beja (RIM Étienne Démoulin, dir. tech. Aline Morel, prod.). Un module R-IoT fournit l'angle d'une planche en bois

d'olivier sur laquelle il est fixé, pour contrôler du son à la manière d'un « bâton de pluie ». Fabrication d'un prototype et deux exemplaires pour le concert au théâtre de Gennevilliers: impression 3D, câblage de module R-IoT et test des exemplaires sous Max/MSP;

- conseil technique et relevé/mesures de niveau sonore en chambre anéchoïque pour calibration d'application smartphone « sonomètre » sous Android (Fondation pour l'audition) (E. Flety, N. Grauer, A. Recher);
- piano préparé pour la pièce de Lisa Streich (RIM João Svidzinski, prod.). Prototype électronique et mécanique d'installation de moteurs dans la caisse du piano pour jouer les cordes. Contrôleur moteur par Open Sound Control (depuis Max/MSP), conception et impression 3D de fixations sur mesure et non intrusives (piano Steinway);
- contrôle actif de corde de violoncelle (stage de fin de cycle ingénieur de Bruno Russo). Dispositif expérimental: banc de mesure pour corde vibrante, injection d'un courant de type sinus glissant dans une corde conductrice à proximité d'un aimant permanent, mesure du mouvement de la corde à l'aide d'un capteur optique, analyse de comportement vibratoire du système par calcul de la fonction de transfert du courant injecté et du mouvement de la corde (N. Grauer, A. Recher);
- gravure de clefs Ircam. Le numéro de série laser d'origine des clefs des locaux s'effaçant rapidement pour cause d'usure par frottement: un numéro gravé plus profondément est ajouté sur le boîtier plastique par gravure laser. 300 clefs au total (RBS). Une centaine de clefs gravées en 2021 (E. Flety);
- réparation de l'appareil dBu-mètre (PDS) (A. Recher);
- dépannage d'une enceinte de monitoring Prodipe (A. Recher).

#### ■ 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. Un nouvel objet Max/MSP a été développé par Thibault Carpentier (EAC) pour gérer l'essentiel de la communication Open Sound Control (OSC, sur liaison Ethernet UDP) avec la passerelle implémentée sur l'automate de gestion des ETP par la société IAPI, à notre demande. La maquette du logiciel de commande des ETP a été réalisée.

Le suivi du chantier d'automatisme et des tests initiaux de bon fonctionnement entre le logiciel de commande Ircam et la passerelle OSC ont été réalisés fin décembre 2021 en vue d'une finalisation fin mars 2022, avant la livraison finale de l'ESPRO.

#### ■ 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 (hors pandémie: animation de la journée portes ouvertes, accueil du public et conférence tout public sur la chambre anéchoïque);
- accueil des stagiaires pour l'instrumentation et l'expérimentation;
- accueil chambre anéchoïque pour expérimentation Ircam et locations;
- activités pédagogiques: encadrement de TP et de TD aux Mines de Paris (cours d'automatisme);
- veille technologique et des publications.



Figure 1. Accordéon augmenté – Enceinte sur mesure et instrumentation.



Figure 2. Piano préparé – Moteur et montures/boîtier en impression 3D.



Figure 3. Automatisation de mesures – Moteur pas-à-pas et berceau en impression 3D.

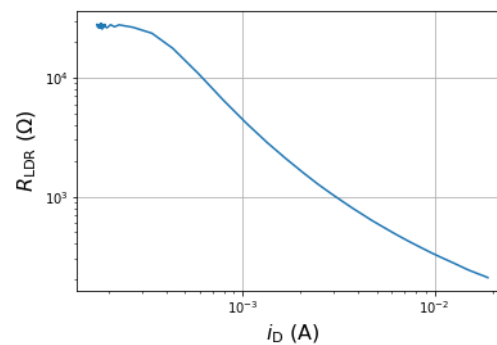


Figure 4. Courbe haute résolution d'identification de paramètres d'un opto-coupleur analogique « Vactrol ».



Figure 5. Cartes convertisseur ADC/DAC pour Jetson Nano – Soudure de composants CMS.

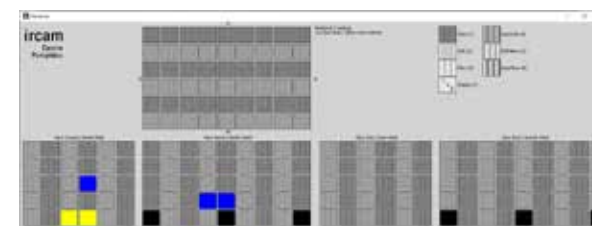


Figure 6. Interface de commande des périactes de la salle de concert ESPRO sous Max/MSP.



Figure 7. Module R-IoT intégré dans un boîtier sur mesure (impression 3D) avec recharge par induction



Figure 9. Contrôleur musical utilisant un module R-IoT, IMU + deux capteurs de pression.



Figure 11. Ceinture de mesure respiratoire WIFI/OSC (module R-IoT).



Figure 8. Pupitre de rééducation de patient AVC avec recharge par induction, haut-parleurs, écran tactile.

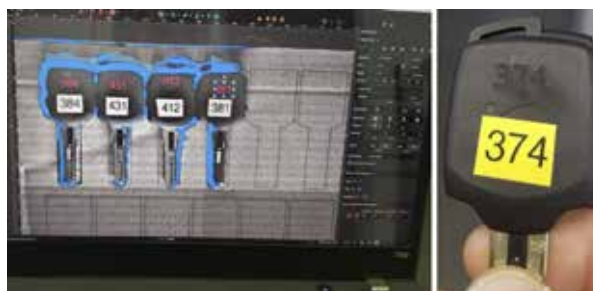


Figure 10. Gravure de clefs électroniques au laser.



Figure 12. Banc de mesure pour corde vibrante.

# Annexes



## Le conseil d'administration

### ■ Président

**Serge LASVIGNES/Laurent LE BON**, à compter du 14 décembre 2021, président de l'Association  
Président du Centre Pompidou

### ■ Membres

– De droit

#### **Ali CHARARA**

Directeur scientifique de l'Institut des sciences informatiques  
et de leurs interactions (INS2I) au CNRS

Magali REGHEZZA-ZITT

Cheffe du secteur Sciences Humaines et Sociales, ministère de  
l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation  
(MESRI)

#### **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

#### **Bernard BLISTÈNE/Xavier REY**, à compter du 14 décembre 2021

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)

#### **Jean CHAMBAZ**

Ancien président de Sorbonne Université

#### **Jean-Charles POMEROL**

Professeur émérite à Sorbonne Université,  
Président du Conseil d'administration d'AGORANOV

### ■ 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

#### **Julien BÉRAUD**

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

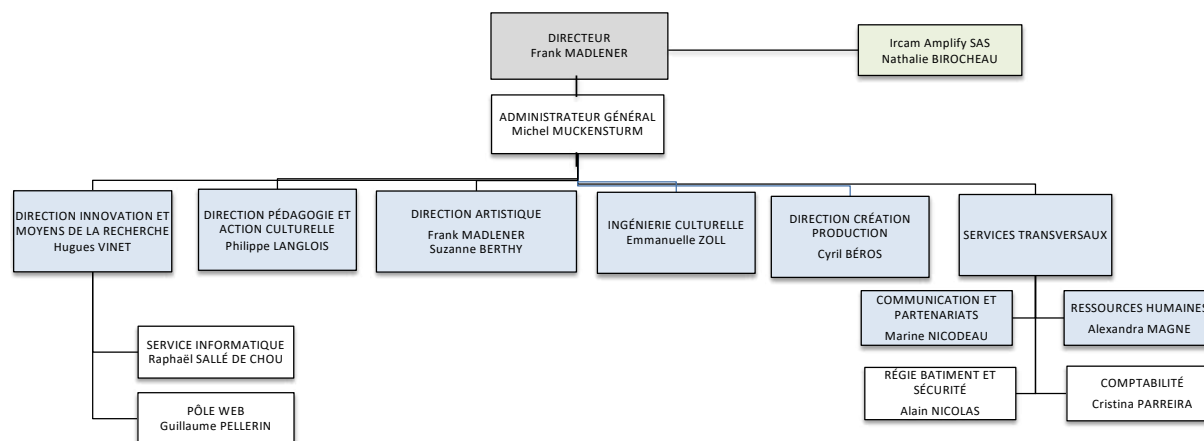
Membres nommés		Pays	Affiliation/statut
Andriot	Claude	FR	Expert senior, CEA
Berger	Jonathan	US	Prof. CCRMA, université de Stanford
Berry	Gérard	FR	Prof. Collège de France
Bloch	Isabelle	FR	Prof. Télécom ParisTech
Braunschweig	Bertrand	FR	Directeur Inria
Denis-Rémis	Cédric	FR	Vice-président Mines-ParisTech, dir. Institut Hautes Études pour l'innovation et l'entrepreneuriat
Dubus	Bertrand	FR	Prof. ISEN
Dutoit	Thierry	BE	Prof. Faculté Polytechnique de Mons
Ellermeier	Wolfgang	DE	Prof. université de technologie de Darmstadt
Gentès	Annie	FR	Directrice du Codesign lab de Télécom Paris
Lamnabhi-Lagarrigue	Françoise	FR	Dir. Recherche – L2S - Supelec
Larcher	Véronique	CH	Dir. AMBEO, Immersive studio, Sennheiser
Lissek	Hervé	CH	Prof. EPFL
Petit	Christine	FR	Prof. Collège de France, directrice de l'Institut de l'audition
Samson	Véronique	FR	Prof. université de Lille
Traube	Caroline	CA	Prof. université de Montréal
Turquier	Barbara	FR	Responsable de la recherche de 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-après. Le conseil s'est réuni les 17 et 18 mai sous la présidence de Bertrand Braunschweig, au cours d'une rencontre pour la première fois en téléconférence en raison des contraintes de confinement, autour des thématiques « Spatialisation 3D et son distribué » et « Son/musique et santé » en présence de ses membres nommés, ainsi que de deux experts invités : Stine Lindahl Jacobsen, professeure associée à l'université d'Aalborg (DK) et Martin Hachet, directeur de recherche à l'Inria.

# L'équipe Ircam

## ■ L'organigramme



En 2021, la communauté de travail de l'Ircam a augmenté de 15 postes, revenant ainsi à son niveau antérieur à la crise sanitaire.

L'évolution de la subvention de fonctionnement, grâce à la nouvelle convention triennale 2021-2023 avec le ministère de la Culture, a ainsi permis d'augmenter le nombre de CDI de 2 postes. Les postes en CDD sont stables. La crise sanitaire en Europe et dans le monde a continué d'avoir un impact identique à celui de l'exercice 2020 sur les activités de diffusion artistique et les activités de formation professionnelle.

L'équipe permanente se maintient à 48,58 % de l'effectif total.

Le laboratoire de recherche intègre dans sa structure une large communauté de stagiaires, doctorants, chercheurs invités et salariés détachés.

Le nombre de salariés détachés passe de 22 à 25 personnes et se décompose comme suit :

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



■ Les effectifs 2021 en ETP

DÉPARTEMENTS	SALARIÉS		NON SALARIÉS				TOTAL
	CDI	CDD	STAGIAIRES	DOCTORANTS	CHERCHEURS INVITÉS	SALARIÉS DÉTACHÉS	
Catégories							
Unité Mixte de Recherche	20	16	4	28	0	25	94
Innovation Moyens de la Recherche	13	2	1	0	0	0	15
Création et Production	21	10	1	0	0	0	33
Pédagogie et Action culturelle	10	1	0	1	0	0	12
Communication et partenariats	6	0	0	0	0	0	6
Services généraux	16	1	0	0	0	0	17
<b>TOTAL</b>	<b>86</b>	<b>29</b>	<b>7</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>177</b>

EFFECTIF 2020	84	29	5	22	1	22	163
ÉVOLUTION	2	0	2	7	-1	3	14

■ Direction

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

■ Services transversaux

**Communication**

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

**Comptabilité**

Responsable : Cristina Parreira  
 Mahdi Zigha

**Ressources humaines**

Directrice : Alexandra Magne  
 Meryem Jijane/Elsa Mardaymootoo, Patricia Martins/  
 Eva Belconde/Ninon Louis

**Régie Bâtiment et Sécurité**

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

### ■ Innovation et Moyens de la recherche

Directeur : Hugues Vinet  
Sylvie Benoit, Louise Enjalbert

#### Valorisation industrielle et communautaire

Pierre Guillot, Matthew Harris

#### Service informatique

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

#### Pôle Web

Responsable : Guillaume Pellerin  
Martin Desrumaux, Gérard Clément

#### Forum

Gregory Beller, Liz Gorsen, Stéphanie Leroy, Paola Palumbo,  
Camille Pannetier

### ■ Unité mixte de recherche STMS

Directrice : Brigitte d'Andréa-Novel (SU)  
Directeur-adjoint : Jean-Louis Giavitto (CNRS)/Nicolas Misdariis  
Sylvie Benoit, 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  
Interactions son musique mouvement : Frédéric Bevilacqua  
Pôle ingénierie et prototypes : Emmanuel Fléty

#### Chercheurs, ingénieurs de recherche et post-docs

Benoit Alary, Carlos Agon-Amado (SU), Pablo Arias, Mondher Ayari (Univ. Strasbourg), Elie-Laurent Benaroya, Georges Bloch (Univ. Strasbourg), Alain Bonardi (Univ. Paris-8), Joakim Borg, Riccardo Borghesi, Henri Boutin (SU), Clément Cannone (CNRS), Thibaut Carpentier (CNRS), Axel Chemla, Elaine Chew (CNRS), Alice Cohen-Hadria (SU), Frédéric Cornu, Brigitte d'Andréa-Novel (SU), Guillaume Doras, Shlomo Dubnov (University of California), Jean-Baptiste Dupuy, Philippe Esling (SU), Laurent Feneyrou (CNRS), François-Xavier Féron (CNRS), 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, Jean-Philippe Lambert, Wanyu Liu (CNRS), Antoine Loriette, Mikhail Malt, Benjamin Matuszewski, Gabriel Meseguer Brocal (CNRS), Pierre Massé, Rémi Mignot, Jérôme Nika, Markus Noisternig, Nicolas Obin (SU), Charles Picasso (CNRS), Robert Piéchaud, David Poirier-Quinot (SU), Estelle Pruvost-Robieux, Victor Rosi, Emmanuelle Rouhaud (CNRS), David Roze (CNRS), Diemo Schwarz, Patrick Susini, Isabelle Viaud-Delmon (CNRS), Daniel Wolff.

#### Doctorants

Théis Bazin, Daniel Bedoya, Adrien Bitton, Giovanni Bindi, Frédéric Bous, Baptiste Bouvier, Daniel Cabanzo, Antoine Caillon, Pierre Carré, Tristan Carsault, Ninon Devis, Constance Douwes, Franck Elisabeth, Mireille Fares, José Miguel Fernandez, Loïc Forma, Martin Fouilleul, Valérian Fraise, Aliénor Golvet, Nadia Guerouaou, Lisa La Pietra, Paul Lascabettes, Antoine Lavault, Clément Le Moine Veillon, Vincent Martin, Vincent Martos, Pierre Massé, Adelino-Rafael Mendes-Ferro,

Anatole Moreau, Rémy Muller, Judy Najnudel, Victor Paredes, Iseline Peyre, Waradon Phokhinanan, Mathieu Prang, Alessandro Ratoci, Lenny Renault, Claire Richards, Gonzalo Romero, Victor Rosi, Leane Salais, Yann Teytaut, Alexis Thibault, Marion Voillot, Colette Voisembert, Victor Wetzel, Marc Wijnand, Franck Zagala.

#### Techniciens

Arnaud Recher (CNRS)

### ■ Pédagogie / action culturelle et pôle documentaire

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

Compositeur associé au cursus : Thierry De Mey/Pierre Jodlowski  
Chargé de coordination pédagogique : Thomas Hélie

#### Réalisateur en informatique musicale chargés de l'enseignement

Simone Conforti, Jean Lochard, Grégoire Lorieux, Mikhail Malt/  
Claudia Jane Scroccaro, Sébastien Naves

### ■ Création artistique

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

### ■ Ingénierie culturelle

Responsable : Emmanuelle Zoll

### ■ Création et production

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

#### Réalisateurs en informatique musicale Production

Thomas Goepfer, Carlo Laurenzi, Serge Lemouton, Benjamin Lévy,  
Augustin Muller

#### Son

Responsable : Jérémie Henrot  
Luca Bagnoli, Jérémie Bourgogne, Sylvain Cadars,  
Clément Cerles  
Sylvain Carton

#### Régie générale

Responsable : Aline Morel  
Florent Simon, Quentin Vouaux  
Régie de salle : Éric de Gélis, Claire Rodier

### ■ Méridien RH

L'objectif du Méridien RH était d'associer l'ensemble du personnel à la dynamique d'amélioration de la qualité de vie au travail (QVT). Suite à l'enquête sur la QVT réalisée en juillet 2019, des thématiques puis des actions ont été définies au sein de groupes de travail composés de salariés, du CSE et des RH. Ces actions, validées par le CSE et le Comité de direction, ont été lancées lors du Méridien RH de septembre 2020, avec des groupes de travail référents. 2021 est l'année de la réalisation d'une grande partie de ces actions.

- Création d'espaces de travail nomades associée à une politique d'équipement des salariés en ordinateurs portables afin de faciliter l'organisation du travail hybride, entre présentiel et télétravail.
- Formation des encadrants au management à distance afin d'accompagner au mieux les équipes dans la mise en œuvre du télétravail régulier à l'issue de la crise sanitaire actuelle.
- Formation des chercheurs au montage de projets scientifiques.
- Création d'une page Carrières et Offres d'emplois mettant en avant nos valeurs, nos engagements, notre identité, la culture Ircam.
- Création de vidéos métiers pour valoriser nos collaborateurs, tous engagés dans les projets renouvelés de l'institut, attirer, recruter et fidéliser des nouveaux talents.
- Étude comparative et ajustement des rémunérations, élargissement de l'avancement au choix, devenu l'avancement anticipé, ouvert aux salariés des groupes 1 à 4 de la grille indiciaire (et non plus seulement 1 et 2).
- Modernisation de l'intranet : un nouveau moteur simplifie la saisie et une nouvelle ergonomie rend plus ludique la recherche d'informations. Le trombinoscope et l'organigramme permettent aux collaborateurs nouvellement arrivés d'identifier leurs interlocuteurs. Les outils collaboratifs sont présentés avec des guides utilisateurs.

- Charte relative au télétravail : les négociations sur les modalités d'organisation du télétravail régulier, hors circonstances exceptionnelles, sont en finalisation. L'enjeu est d'offrir aux salariés un cadre équilibré entre travail à distance et maintien d'un ancrage fort sur site comme lieu d'interactions et de cohésion entre équipes.

## La recherche musicale

La recherche musicale coordonne les actions transversales art-science entre départements de l'Ircam en lien avec les communautés artistiques. L'objectif est de renforcer l'implication des artistes, dans le temps et par l'intensité de leurs échanges directs avec les chercheurs sur des problématiques bien articulées.

Sans suspendre totalement les activités de la recherche musicale, la crise sanitaire a cependant eu un impact significatif, en particulier sur le programme de résidences en recherche artistique, les groupes de travail de compositeurs ainsi que le développement des nouveaux partenariats internationaux.

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

### ■ Les journées RIMs/Recherche

Elles assurent la mise en cohérence des activités des Réalisateurs en informatique musicale (RIMs) des départements de la PROD et de la PAC, 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 Unités projet innovation

Les Unités projet innovation (UPI) sont des projets collectifs réunissant des collaborateurs internes ou 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 lauréats de l'appel 2021 :

- Le projet « Binaural Ambisonics Decoder (BAD) » de Thibaut Carpentier, en collaboration avec l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs et la Production, vise à concevoir, développer et évaluer (objectivement et perceptivement) un décodeur Ambisonics vers binaural.
- Le projet « ISiS Voices » de Carlo Laurenzi, une coopération de la 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 la Production, a pour but de faciliter la

communication et l'interopérabilité entre le framework sound-works, 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 RIMs.

- Le projet « CompAI » de Jérôme Nike, une collaboration entre les équipes Représentations musicales, Interaction son musique mouvement, la Production et la Pédagogie, l'action culturelle et la documentation, et plusieurs musiciens et artistes partenaires du projet, vise la finalisation de l'ergonomie des deux déclinaisons de la librairie DYCI2 (« online » et « offline ») et la constitution d'un groupe de réflexion associé à cette tâche.

### ■ Programme de résidences en recherche artistique

Véritable facteur de l'innovation à l'Ircam, il permet à des artistes, sélectionnés lors d'un appel public, de développer des thématiques nouvelles, en lien avec les équipes scientifiques de l'UMR STMS.

Parmi les lauréats de l'appel 2020-2021, les résidences suivantes se sont déroulées en 2021 :

- Judith Deschamps, au sein de l'équipe Analyse et synthèse des sons. En écho lointain du projet de recreation 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'appuiera 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 » vise à mettre 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, en collaboration avec 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, au sein de l'équipe Représentations musicales. L'objectif de cette résidence désignée « Improvisation, apprentissage 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. L'idée d'une telle interface est d'offrir des moyens nouveaux et innovants de génération de son électroacoustique expressif, 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 suivantes :

- Aaron Einbond, en collaboration avec les équipes Espaces acoustiques et cognitifs et Interaction son musique mouvement dans le cadre du projet ERC MusAI de l'University College à Londres. 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.
- 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 « Klangens kobling » prolonge la recherche initiée entre l'équipe de recherche et le compositeur à travers la résidence en recherche artistique réalisée en 2018-2019 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.
- Anders Vinjar, au sein de l'équipe Représentations musicales. L'objectif principal de ce projet intitulé « L'IA au service de la

CAO » est de développer un environnement de travail pour la CAO (composition assistée par ordinateur) reposant sur des techniques d'IA (intelligence artificielle) dans le but d'une utilisation créative.

- Sivan Eldar, en collaboration avec les RIMs et les équipes Interaction son musique mouvement et Représentations musicales sur l'écriture du son spatialisé dans le cadre de la production de *Like Flesh* (première en janvier 2022, Opéra de Lille).

L'intelligence artificielle est une technologie qui suscite beaucoup d'engouement et a généré beaucoup de demandes de la part de compositeurs mais aussi du grand public. On peut mentionner des interviews de chercheurs du laboratoire et de compositeurs dans le cadre de projets communs dans des médias grand public comme *Le Figaro*, *L'express*, *Arte*, *Nice Matin*, *The Conversation*, *Télérama*, *Forbes* ou encore la BBC et la Cité des sciences et de l'industrie.

L'utilisation de l'IA dans les domaines créatifs se focalise sur l'amélioration d'outils existants (suivi de F0, synthèse de la voix) et sur le développement de « compagnons musicaux ». Ces deux thématiques ont grandement bénéficié des résidences artistiques comme celle de Julie 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.

Un nouveau blog a été créé pour suivre les résidences en recherche artistique :

<https://www.ircam.fr/creation/residence-en-recherche-artistique/le-blog-des-residences/>

### ■ Les journées Méridien

Ces deux jours de réflexion et d'échanges (les 20 et 21 septembre 2021) avaient pour objectifs d'identifier et de renforcer les éléments forts de la recherche artistique et scientifique de l'Ircam, ainsi que de renouveler les modalités de travail au sein de l'institut. Ils se sont organisés autour de sessions sur l'actualité et le futur proche de la recherche musicale, le cadre et l'organisation du travail à l'Ircam (« méridien RH ») et les utilisations de la spatialisation sonore dans les productions artistiques pour affiner le positionnement de l'Ircam et initier une réflexion sur de nouveaux usages possibles de ces technologies. Gaetan Byk (PDG de la société Amadeus) est intervenu afin d'apporter sa vision sur le sujet. La dernière séance des journées Méridien a été dédiée à la discussion des usages artistiques de l'IA et de son impact sur le workflow créatif. Nous avons invité le philosophe Jean Lassègue (spécialiste de Turing, auteur de *Justice digitale* et de *Le numérique contre le politique* avec Antoine Garapon sur la gouvernance algorithmique), le dramaturge Jean-François Peyret (*La fabrique des monstres*) ainsi que Gérard Assayag (créativité computationnelle). Ces deux jours ont eu lieu à l'Ircam mais aussi au Centre Wallonie Bruxelles dont la jauge a permis l'accueil du personnel Ircam.

### ■ 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 ».

### Agenda 2021

Aux côtés de ces séminaires et dans le cadre de ManiFeste-2021, un atelier d'échange art/science avec plusieurs artistes du label indépendant de musique électronique Raster-media a été organisé à l'Ircam le 11 juin 2021. Nous avons invité Olaf Bender (alias Byetone), Frank Breitschneider (alias Comet), Grischa Lichtenberger et Dasha Rush pour échanger avec les équipes Espaces acoustiques et cognitifs et Représentations musicales de l'Ircam autour de l'utilisation de la spatialisation sonore et de l'IA pour les productions d'art électronique.

### ■ **Ancrages institutionnels**

La collaboration avec la Scène recherche – ENS Saclay s'est concrétisée cette année par notre participation au groupe de travail chargé de proposer le cursus de la nouvelle année de recherche en recherche création proposée par l'ENS Saclay à ses élèves. La première promotion a été ouverte en septembre 2021 et a fait le plein. Les étudiants ont passé une demi-journée à l'Ircam autour des problématiques de la spatialisation avec l'intervention de l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs, des RIMs et de la compositrice Sivan Eldar pour son travail sur le son spatialisé dans son opéra *Like Flesh*. Les étudiants ont suivi aussi quatre heures de cours sur la co-improvisation homme-machine.



Rémi Fox en studio à l'Ircam © Deborah Lopatin

# Projets

## « Creative Europe »

### 2021

#### ■ 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<sup>er</sup> 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. Malgré l'impact encore présent du Covid, dix-sept activités ont pu avoir lieu en 2021 dont les détails sont consultables sur :
  - <https://project.ulysses-network.eu/year/2021/>
- 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 2021, l'Ensemble ULYSSES a fait trois « stops » : au festival ManiFeste (direction Pierre Bleuse), à Royaumont (direction Jean-Philippe Wurtz) et au festival Mixtur (direction Beat Furrer). Lors de cette tournée des œuvres de Raphaël Cendo, Gérard Grisey, Jonathan Harvey, Beat Furrer ont été jouées ainsi que des créations de jeunes compositeurs : Feliz Anne Reyes Macahis et José Rio-Pareja. Pour plus de précisions :

- <https://project.ulysses-network.eu/event/ulysses-ensemble-tour-2021/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/ulysses-ensemble-tour-2021-stop-ii/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/ulysses-ensemble-tour-2021-stop-iii/>

- 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'exemples en 2021, deux projets particulièrement riches ont été organisés à Utrecht (NL) et Varsovie (PL). Les détails sont consultables sur :

- [https://project.ulysses-network.eu/event/insitucity\\_utrecht/](https://project.ulysses-network.eu/event/insitucity_utrecht/)
- <https://project.ulysses-network.eu/event/insitu-city-war-saw/>

- Les projets « Collaboratory » qui visent à mettre en place des équipes de créateurs (compositeurs, interprètes, etc.) dans l'objectif de créer des œuvres collectives. À titre d'exemple, le projet mené par Divertimento Ensemble dans lequel des compositeurs du collectif/ nu/thing ont encadré un groupe de trois jeunes compositeurs avec comme perspective la création d'une œuvre collective en 2022. Les détails de ce projet sont consultables sur :

- <https://project.ulysses-network.eu/event/collaboratory-divertimento-2/>

- 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. Lors du projet mené par l'Ircam, c'est l'œuvre *Four Movements* de Steve Reich qui a servi de référence. Pour le festival Ultima, des élèves dans le domaine des arts, du design et de l'architecture ont élaboré un projet autour de *Vannverk* de Marianne Stranger. Pour plus de détails :

- <https://project.ulysses-network.eu/event/replay-cultural-heritage-ircam/>
- <https://project.ulysses-network.eu/event/replay-cultural-heritage-ultima-replay-and-childrens-day/>
- <https://www.ultima.no/en/events/4627444e-f587-434f-9c32-e0c17321501d>

- Jeunes Ensembles

En plus de l'Ensemble ULYSSES, la version 2020-2024 du projet ULYSSES soutient des jeunes ensemble 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, le Black Page Orchestra qui a joué dans le cadre de la Biennale de Zagreb (partenaire associé du réseau ULYSSES). Pour plus de détails :

- <https://project.ulysses-network.eu/event/young-ensembles-black-page-orchestra-music-biennale-zagreb/>

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

- <http://project.ulysses-network.eu>
- <http://www.ulysses-network.eu/web/home/>



## Œuvres préparées ou créées en 2021

### Opéra/ Oratorio

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Pierre Jodlowski Livret : Frank Witzel	<i>Alan T.</i>	Production déléguée école, studio de création musicale Coproductio Festival Automne de Varsovie, Festival de Donaueschingen, Allemagne, Ircam	18 septembre 2021, Festival Automne de Varsovie, Pologne Joanna Freszel, Thomas Hauser Ensemble Nadar	Opéra de chambre pour une chanteuse, un comédien, ensemble de chambre et dispositif audiovisuel. Avatars visuels et sonores D'après la vie du mathématicien Alan Turing
Francesco Filidei	<i>Le Masque de la mort rouge</i>	Commande SWR, Ircam	17 octobre 2021, Festival de Donaueschingen, Allemagne Chœur et orchestre de la SWR Dir. Sylvain Cambreling	Oratorio pour six solistes vocaux, chœur, orchestre et électronique D'après <i>Le Masque de la mort rouge</i> d'Edgar Allan Poe
Sivan Eldar Livret : Cordelia Lynn	<i>Like Flesh</i>	Commande Opéra de Lille, Opéra Orchestre national de Montpellier, Opéra national de Lorraine Coproductio 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 trois voix solistes, quatre voix, deux musiciens solistes, deux acteurs et électronique (écriture de la distribution sonore) D'après <i>Les Métamorphoses d'Ovide</i>
Philippe Leroux	<i>L'annonce faite à Marie</i>	Production Théâtre Graslin, Nantes, Grand Théâtre d'Angers	9 octobre 2022, Théâtre Graslin, Nantes Ensemble Cairn	Opéra pour six voix, huit instruments et électronique D'après <i>L'Annonce faite à Marie</i> de Paul Claudel

## Musique et scène

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Nicolas Frize	<i>BARTHES PERFORMANCE</i>	Commande Collège International de Philosophie, Ircam	9 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Centre Pompidou Marc Calentier, Jeff Cohen, Ghislain Hervet, Peggy Martineau, Stephan Olry, Christelle Séry, Vincent Schmitt, Hsiao-Yun Tseng	Pièce pour deux comédiens, un chanteur, cinq musiciens et électronique
Alexandros Markeas Mise en scène : Aliénor Dauchez	<i>Music of Choices</i>	Commande Ircam	16 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Centre Pompidou Alexandros Markeas	Piano midi, piano disklavier, piano électronique avec utilisation de processus génératifs
Alexandros Markeas Mise en scène : Jean-François Peyret	<i>Petit bréviaire tragique à l'usage des animaux humains du XXI<sup>e</sup> siècle</i>	Production Studio-Théâtre de Vitry, compagnie tf2 - Jean-François Peyret	15 octobre 2021, Studio-Théâtre de Vitry Marie-Lis Cabrières, May Hilaire, Elphège Kongombé Yamalé, Lorenzo Lefebvre, Margot Madani, Anthony Moudir, Lyn Thibault, Veronika Varga Juliette Adam, François Vallet	Pièce pour huit comédiens, clarinette, percussions et électronique
Núria Giménez Comas Texte : Anja Hilling Mise en scène : Anne Montfort	<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 Besançon-Franche-Comté Mohand Azzoug, Judith Henry, Jean-Baptiste Verquin	Version spectacle de la Mu- sique-Fiction du même nom

## Musique et scène

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
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 dans un contexte circassien
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 cinq musiciens, deux acteurs, vidéo et lumière. Utilisation de l'Intelligence Artificielle pour générer la vidéo (avatars) et la musique

## Orchestre

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Luca Francesconi	<i>Corpo elettrico</i>	Commande Casa da Música, Bamberger Symphoniker, Radio France, L'Auditori Barcelona et LA Philharmonic Orchestra	29 mai 2021, Casa da Música, Porto, Portugal Patricia Kopatchinskaja Orquestra Sinfónica do Porto Casa da Música Dir. Stefan Blunier	Violon, orchestre et électronique
Misato Mochizuki	<i>Intrusions</i>	Commande SWR, Ircam	15 octobre 2021, Festival de Donaueschingen, Allemagne Orchestre du Luxembourg Dir. Ilan Volkov	Orchestre et électronique Utilisation d'Orchidea
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 DYCIZ et Orchidea Œuvre collaborative

## Ensemble vocal, ensemble et voix

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Maurizio Azzan	<i>Ariadne</i>	Commande Ensemble Schallfeld Avec le soutien de la Fondation Ernst von Siemens Music	19 mai 2021, Theater am Lend, Graz Anna Piroli Ensemble Schallfeld Dir. Leonhard Garms	Soprano/actrice, cinq musiciens disposés dans la salle, objets sonores et électronique en temps réel
Raphaël Cendo	<i>Double Cheese Passions</i>	Commande Françoise et Jean-Philippe Billarant	11 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Christina Daletska Ensemble intercontemporain Dir. Bastien Stil	Chanteuse, ensemble et électronique
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

## Ensemble instrumental

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Benjamin de la Fuente Samuel Sighicelli	<i>Fluid Mechanics</i>	Commande Radio France	6 février 2021, Festival Présences, Maison de la radio et de la musique, <a href="#">EN LIGNE</a> Groupe Caravaggio Ensemble Court-circuit	Concert immersif
Francisco Alvarado	<i>Je ne suis qu'une voix</i>	Commande Ircam, GMEM-Centre national de création musicale	18 mars 2021, Centre Pompidou Ensemble C Barré Dir. Sébastien Boin	Douze musiciens, électronique et voix de synthèse
Giulia Lorusso	<i>Făbrîca</i>	Commande Ircam, GMEM-Centre national de création musicale	18 mars 2021, Centre Pompidou Ensemble C Barré Dir. Sébastien Boin	Douze musiciens, électronique et environnement virtuel
Sasha J. Blondeau	<i>Des mondes possibles</i>	Commande Françoise et Jean-Philippe Billarant	23 avril 2021, Festival de Witten, Allemagne <a href="#">EN LIGNE</a> Quatuor Diotima	Quatuor à cordes et électronique Diffusion ambisonique
Bernhard Gander	<i>Soaring Souls System</i>	Commande Ensemble intercontemporain, Ircam Avec le soutien de la Fondation Ernst von Siemens	28 mai 2021, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Éric-Maria Couturier, Nicolas Crosse Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher	Double concerto pour violoncelle, contrebasse, ensemble et électronique
Rachel Beja	<i>Frammenti di memoria abolita</i>	Commande Divertimento, Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	17 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, T2G - Théâtre de Gennevilliers Ensemble Schallfeld Dir. Leohnard Garms	Daf, violon, alto, violoncelle et électronique
Feliz Anne Reyes Macahis	<i>dîwata</i>	Commande Fondation Royaumont, Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	19 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, CENTQUATRE-PARIS Ensemble ULYSSES Dir. Pierre Bleuse	Quatorze musiciens et électronique, à partir de l'étude de chants en dialectes des Philippines
Henry Fourès	<i>Un bel éclair qui durerait</i>	Commande Ircam	23 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, La Villette Jean Geoffroy Quatuor Béla	Percussion augmentée, quatuor à cordes et électronique
Luis Naón	<i>Quatuor à cordes n° 3</i>	Commande Institute for Computer Music and Sound Technology de Zurich, ProQuartet, Ircam	17 octobre 2021, Festival Dias de Música Electroacústica d'Evora, Portugal Quatuor Diotima	Quatuor à cordes et électronique Diffusion ambisonique
Sofia Avramidou	<i>Géranomachie</i>	Commande Ensemble intercontemporain, Michèle Gagliano, Ircam	3 décembre 2021, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Ensemble intercontemporain Dir. Léo Margue	Grand ensemble et électronique
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 transdcuteurs
Francesco Filidei	<i>Ballata n° 8</i>	Aide à l'écriture du ministère de la Culture Commande Grame, Ensemble Orchestral Contemporain	15 mars 2022, BIME - 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 Dir. Léo Margue	Ensemble et électronique
Lisa Streich	Nouvelle œuvre	Commande Ensemble intercontemporain, Collegium Novum Zürich, Huddersfield Contemporary Music, Ircam	14 septembre 2022, Philharmonie de Paris-Cité de la musique Ensemble intercontemporain Dir. Lin Liao	Ensemble et électronique

## Solo

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Pierre Boulez	<i>Anthèmes 2</i>	Coproduction Ensemble intercontemporain, Philharmonie de Paris, Ircam	30 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Philharmonie de Paris- Cité de la musique Odile Auboin	Création de la version pour alto et électronique
Sina Fallahzadeh	<i>Cantique de Météque</i>	Commande Ircam	9 avril 2022, Festival Electric Voice 2022-23, Pamplune 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>	Commande Festival ECLAT, 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

## Installation sonore – musique électroacoustique – film et musique

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Brice Pauset Vidéo : AROTIN & SERGUEI	<i>Vertigo - Infinite Screen</i>	Commande Wittener Tage für neue Kammermusik, Ircam	23 avril 2021, Festival de Witten, Allemagne EN LIGNE Klangforum Wien Dir. Titus Engel	Ensemble, vidéo et électronique
Mayu Hirano	<i>Une page folle</i>	Commande Ircam	4 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Centre Pompidou	Musique sur le film de Teinosuke Kinugasa
Nicolas Frize	<i>Œuvre latérale</i>	Commande Ircam	9 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Centre Pompidou	Pièce électro-acoustique « vocale », entièrement composée à partir de la voix de Roland Barthes, resynthétisée et spatialisée en WFS
Andrea Cera LuxuryLogico	<i>Insomnia Sketch Book</i>	Commande Taiwan Sound Lab - C-Lab, Ircam	12-28 novembre 2021, Sound Festival, C-Lab, Taipei	Installation sonore et visuelle
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
Bill Fontana	<i>Acoustic Visions of Notre Dame 2022</i>	Production Bill Fontana Studio	19 octobre 2022, Ircam	Installation, version sonore et vidéo
Martin Matalon	<i>Metropolis Rebooted</i>	Commande Orchestre de Paris, Orchestre du Gürzenich de Cologne	16 février 2022, Philharmonie de Cologne Orchestre du Gürzenich de Cologne Dir. François-Xavier Roth	Musique sur le film de Fritz Lang, nouvelle version pour orchestre et bande
Giulia Lorusso	<i>Fábrica</i>	Commande Ircam, GMEM-Centre national de création musicale	23 février 2022, Exposition « Réseaux-Mondes », Centre Pompidou	Expérience musicale virtuelle
Romain Barthélémy, Fabien Bourlier, Didem Coskunseven, Lundja Medjoub Design graphique : Zoé Aegerter	<i>TACT</i>	Commande Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	8 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Centre Pompidou	Installation sonore interactive TACT « Toucher / Auditioner / Composer / Transmettre »
Iannis Xenakis	<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)
Collectif /nu/thing (Andrea Agostini, Daniele Ghisi, Eric Maestri, Andrea Sarto)	<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 Polytope
Sebastian Hilli Vidéo d'animation : Jenny Jokela	<i>Hibernation</i>	Commande Gaudeamus Muziekweek, IEMA, Time of Music, Ircam Avec le soutien du réseau ULYSSES	30 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, Centre Pompidou	Ensemble, animation et électronique

## Musiques-Fictions

Compositeurs	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Daniele Ghisi Texte : Maylis de Kerangal Mise en scène : Jacques Vincey	<i>Musique-Fiction n° 1 : Naissance d'un pont</i>	Commande Ircam	25 juin 2021, Festival ManiFeste-2021, Centre Pompidou	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)
Florence Baschet Texte : Lydie Salvayre Mise en scène : Anne-Laure Liégeois	<i>Musique-Fiction n° 5 : La compagnie des Spectres</i>	Commande Ircam		
Gérard Pesson Texte : Marie NDiaye Mise en scène : David Lescot	<i>Musique-Fiction n° 6 : Un pas de chat sauvage</i>	Commande Ircam		
Núria Giménez Comas Texte : Anja Hilling Mise en scène : Anne Montfort	<i>Musique-Fiction n° 4 : Nostalgie 2175</i>	Commande Ircam	28 janvier 2022, Théâtre Olympia, Centre dramatique national de Tours	
Roque Rivas Texte : Robert Linhart Adaptation : Julia Vidt	<i>Musique-Fiction n° 7 : L'Établi</i>	Commande Ircam	18 juin 2022, Festival ManiFeste-2022, T2G - Théâtre de Gennevilliers	
Jérôme Combier Texte : Patrick Kermann Mise en scène : Marc Lainé	<i>Musique-Fiction n° 8 : The Great Disaster</i>	Commande Ircam	18 avril 2023, Ircam	



## Saison musicale parisienne 2021

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Caractéristiques
17-janv REPORTÉ	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Pierre Boulez	<i>Anthèmes 2</i> <b>CRÉATION</b> 2021 de la version pour alto Répons	Odile Auboin, Gilles Durot, Samuel Favre, Valeria Kafelnikov, Hidéki Nagano, Françoise Rivalland, Sébastien Vichard Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher
6-fév EN LIGNE	Maison de la Radio #Festival Présences	Benjamin de la Fuente & Samuel Sighicelli	<i>Fluid Mechanics</i> <b>CRÉATION</b> 2021	Caravaggio Ensemble Court-circuit
27-févr ANNULÉ	Ircam #Festival Effractions	Annie Ernaux / Aurélien Dumont / Daniel Jeannetau	Musique-Fiction <i>L'autre fille</i> d'Annie Ernaux	Annie Ernaux L'Instant Donné
03-mars EN LIGNE	Ircam	Elli Papakonstantinou / Christina Ouzounidis	<i>Traces of Antigone</i>	Nalyssa Green, Serafita Grigoriadou, Gemma Hansson Carbone, Valia Papachristou, Kateriane Papachristou, Sophia Manoli
03-mars EN LIGNE	Ircam	Elli Papakonstantinou / Julia Kent	<i>Hotel «AntiOedipus»</i>	Nassia Gofa, Elias Husiak, Anastasia Katsinavaki, Theodora Loukas, Lito Messini, Adrian Frieling Julia Kent, Misha Piatigorsky, Barbara Nerness
05-mars ANNULÉ	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Javier Alvarez Lucas Fagin Marisol Jiménez Mauricio Kagel Ana Lara Tania León Michelle Agnes Magalhaes Martin Matalon Ricardo Nillni Astor Piazzolla Roque Rivas Luis-Fernando Rizo-Salom Oscar Strasnoy	<i>Temazcal</i> nouvelle œuvre <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Bestario onirico II – Ciudadela</i> <i>Morceau de concours</i> <i>Hacia la Noche</i> <i>Rituál</i> <i>Play and Theory of the Duende</i> <i>Las siete vidas de un gato</i> <i>Tébah</i> <i>Improvisation sur Libertango</i> <i>Assemblage</i> <i>Trois Manifestes</i> <i>Trois Études de latinité</i>	Samuel Favre, Sébastien Vichard Ensemble intercontemporain Dir. Mariano Chiacchiarini
18-mars EN LIGNE	Centre Pompidou	Francisco Alvarado Giulia Lorusso Mikel Urquiza Francesca Verunelli	<i>Je ne suis qu'une voix</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Fábrica</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Lavorare stance</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Five Song's (Kafka's Sirens)</i>	Ensemble C Barré Dir. Sébastien Boin
19 au 22-mars REPORTÉ	Studio-Théâtre de Vitry	Jean-François Peyret / Alexandros Markeas	<i>Petit bréviaire tragique à l'usage des animaux humains du XXI<sup>e</sup> siècle</i> <b>CRÉATION</b> 2021	Marie-Lis Cabières, Elphège Kongombé Yamalé, Leah Lapiower, Anthony Moudir Juliette Adam, François Vallet, Ming Yu Weng
20-mars REPORTÉ	Centre Pompidou	Luis de Victoria Stefano Gervasoni / Paolo Pachini	<i>Tenebrae Responsorien</i> (extraits) <i>De Tinieblas</i> <b>CRÉATION</b> 2021	SWR Vokalensemble Stuttgart Dir. Yuval Weinberg
21-mars ANNULÉ Création Maresz REPORTÉE	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Maurice Ravel  Kaija Saariaho Yan Maresz	<i>Miroirs</i> (extraits) <i>Sonatine</i> <i>Gaspard de la nuit</i> <i>Prélude</i> nouvelle œuvre <b>CRÉATION</b> 2021	Jean-François Heisser

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Caractéristiques
REPORTÉ	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Martin Matalon / Fritz Lang	<i>Metropolis Rebooted</i> CRÉATION 2021 de la version orchestrale	Orchestre de Paris Dir. Kazushi Ono
28-May	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Mark Andre Chaya Czernowin Bernhard Gander	<i>wohin</i> CRÉATION 2021 <i>Fast Darkness II: Freeze and Melt</i> CRÉATION 2021 <i>Soaring Souls System</i> CRÉATION 2021	Alain Billard, Éric-Maria Couturier, Nicolas Crosse, Valeria Kafelnikov Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher
27-Jun	Abbaye de Royaumont	Raphaël Cendo Feliz Anne Reyes Macahis Iannis Xenakis	<i>Action Painting</i> <i>diwata</i> CRÉATION 2021 <i>Thallein</i>	Ensemble ULYSSES Dir. Jean-Philippe Wurtz
14 au 28-juil	Château de Versailles	Bartabas	<i>Entretiens silencieux</i>	Bartabas
25-sept	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Pierre Boulez Yves Chauris Beat Furrer Brice Pauset Yann Robin	<i>Dialogue de l'ombre double</i> <i>R.F.L.T.S D.NS L'... d'après Debussy</i> CRÉATION 2021 <i>Kaleidoscopic Memories</i> <i>(É)craN / Narcisse</i> CRÉATION 2021 <i>Doppelgänger Concerto No. 1</i> CRÉATION 2021	Jérôme Comte, Nicolas Crosse, Brice Pauset, Clément Saunier, Sébastien Vichard Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher
15-16-oct	Studio-Théâtre de Vitry	Jean-François Peyret / Alexandros Markeas	<i>Petit bréviaire tragique à l'usage des animaux humains du XXI<sup>e</sup> siècle</i> CRÉATION 2021	Marie-Lis Cabrières, May Hilaire, Elphège Kongombé Yamalé, Lorenzo Lefebvre, Margot Madani, Anthony Moudir, Lyn Thibault, Veronika Varga Juliette Adam, Francois Vallet
21 nov	Centre Pompidou #Cycle «Vinciane Despret, avec qui venez-vous?»	Robin Meier	<i>Truce</i>	Nirmalya Dey, Christine Ott
24-29-nov	Centre Pompidou	Romain Barthélémy / Zoé Aegerter	<i>TACT –Prototype de l'installation / création participative</i>	
26-27-nov	Ircam	Natasha Barrett Andrew Knight-Hill Nadine Schütz	<i>Reconfiguring the landscape</i> CRÉATION 2021	
3-déc	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Sofia Avramidou Nicolas Crosse, Samuel Favre, Benjamin Lévy, Lucas Lipari-Mayer Yan Maresz Jug Marković SCHNITT/Gianluca Sibaldi/Marco Monfardini Franck Vigroux/Kurt d'Haeseleer	<i>Géranomachie</i> CRÉATION 2021 <i>Impro ex Machina</i> CRÉATION 2021 <i>Metallics</i> <i>Concerto de chambre n° 2</i> <i>ScanAudience</i> <i>The Island</i>	Nicolas Crosse, Samuel Favre, Benjamin Lévy, Lucas Lipari-Mayer Ensemble intercontemporain Dir. Léo Margue

## Tournées 2021

Artistes	Titre	Dates & Lieux	Description
Rebecca Saunders	<i>The Mouth</i>	20 au 24 janvier, Festival für Neue Musik, Berlin, Allemagne 4 février, Muziekcentrum de Bijloke, Gand, Belgique 9 mai, Festival Les Musiques, Opéra de Marseille 4 septembre, Festival de Lucerne, Suisse 10 novembre, November Music, Bar-le-Duc, Pays-Bas 25 novembre, Music Center De Bijloke, Gand, Belgique	annulé annulé reporté reprise reprise annulé
Luca Francesconi	<i>Corpo elettrico</i>	16, 17, 22 janvier, Joseph-Keilberth-Saal, Bamberg, Allemagne 23 janvier, Alte Oper, Francfort, Allemagne 24 janvier, Graf-Zeppelin Haus, Friedrichshafen, Allemagne Hambourg Cologne 29 mai, Casa da Musica, Porto, Portugal 26-27 novembre, L'Auditori, Barcelone	annulé annulé annulé annulé annulé <b>CRÉATION</b> reporté
Marta Gentilucci	<i>Canzoniere Part I, Part II</i>	4 février, Festival Eclat, Stuttgart, Allemagne	reprise EN LIGNE
Sivan Eldar	<i>Heave</i>	4 février, Muziekcentrum de Bijloke, Gand, Belgique 9 mai, Festival Les Musiques, Opéra de Marseille 10 novembre, November Music, Willem Twee Toonzaal, Pays Bas 25 novembre, Music Center De Bijloke, Gand, Belgique	annulé reporté reprise annulé
Sasha J. Blondeau	<i>Namenlosen</i> <i>Des mondes possibles</i>	4 février, Université McGill, Montréal, Canada 23 avril, Festival de Witten, Allemagne	annulé CRÉATION EN LIGNE
Georgia Spiropoulos	<i>Roll... n'Roll... n'Roll</i>	4 février, Université McGill, Montréal, Canada	annulé
Jean-Luc Hervé	<i>Germination</i>	4 février, Université McGill, Montréal, Canada 15 mai, Festival Propagations, Marseille 10 juin, Cité de la musique, Romans-sur-Isère	annulé annulé reprise
Pierre Boulez	<i>Dialogue de l'ombre double</i> <i>Anthèmes 2 version pour alto et électronique</i> <i>Répons</i>	13 février, Boulez Saal, Berlin, Allemagne 13 février, Boulez Saal, Berlin, Allemagne 2 septembre, Philharmonie de Moscou, Russie	annulé annulé reprise
Stefano Gervasoni / Pablo Pachini	<i>De Tinieblas</i>	27 mars, Evangelische Kirche Stuttgart-Gaisburg, Allemagne	annulé
Brice Pauset/ AROTIN & SERGUEI	<i>Vertigo - Infinite Screen</i>	23 avril, Festival de Witten, Allemagne  16 novembre, Festival Wien Modern, Autriche	CRÉATION EN LIGNE reprise
Bernhard Lang	<i>Game 245 «The Mirror Stage»</i>	avril, Bruxelles, Belgique 3 décembre, Muziekcentrum De Bijloke, Gand, Belgique	annulé reprise
Adrien Trybucki	<i>Rapides Diaprés</i>	9 mai, Festival Les Musiques, Opéra de Marseille	reporté

Artistes	Titre	Dates & Lieux	Description
Maurizio Azzan	<i>Ariadne</i>	19 mai, Theater am Lend, Graz, Autriche	<b>CRÉATION</b>
Daniel D'Adamo	<i>The Lehmann discontinuity</i>	19 mai, Festival Milan Music, Italie	reprise
Fujiko Nakaya / KTL / Alponom	<i>Niagara Reverb</i>	11 et 12 juin, Holland Festival, Amsterdam, Pays-Bas	annulé
Aurélien Dumont	<i>Fragments d'autre</i>	26 juillet au 19 août, Maison Casarès, Alloué	<b>CRÉATION</b>
Yann Robin	<i>Art of Metal II</i>	2 septembre, Philharmonie de Moscou, Russie	reprise
Pierre Jodlowski	<i>Alan T.</i>	18 septembre, Festival Automne de Varsovie, Pologne 17 octobre, Festival de Donaueschingen, Allemagne 21 octobre, Muziekcentrum De Bijloke, Gand, Belgique	<b>CRÉATION</b> reprise reprise
Robert H. P. Platz	<i>Branenwelten 6</i>	25 septembre, Kunst-Station Sankt Peter Köln, Cologne, Allemagne	reprise
Misato Mochizuki	<i>Intrusions</i>	15 octobre, Festival de Donaueschingen, Allemagne	<b>CRÉATION</b>
Francesco Filidei	<i>Le Masque de la mort rouge</i>	17 octobre, Festival de Donaueschingen, Allemagne 20 octobre, Philharmonie de Hambourg, Allemagne 21 octobre, Philharmonie de Cologne, Allemagne	<b>CRÉATION</b> reprise reprise
Luis Naón	<i>Quatuor à cordes n° 3</i>	17 octobre, Festival Dias de Música Electroacústica d'Evora, Portugal	<b>CRÉATION</b>
Andrea Cera / Luxury Logico	<i>Insomnia Sketch Book</i>	12-28 novembre, Sound Festival, C-Lab, Taipei	<b>CRÉATION</b>
TOVEL (Matteo Franceschini)	<i>Opus</i>	13 novembre, Milano Musica, Italie	<b>CRÉATION</b>
Martin Matalon	<i>Metropolis (version ensemble)</i> <i>Metropolis Rebooted</i>	13 novembre, Institut d'Estudis Balearics, Palma, Île de Majorque 17 novembre, National Taichung Theatre, Taichung 20 novembre, Sound Festival, C-LAB., Taipei	reprise reporté reporté
Chaya Czernowin	<i>HIDDEN</i>	21 novembre, Huddersfield contemporary music festival, Royaume-Uni	reprise
Mayu Hirano	<i>Une page folle</i>	28 novembre, Sound Festival, C-Lab, Taipei	reprise

# ManiFeste-2021

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
31-mai	Centre Pompidou + EN LIGNE	Oren Boneh Sivan Eldar  Philippe Leroux Roque Rivas / Carlos Franklin	<i>Her Majesty the Fool</i> CRÉATION 2021 <i>Heave</i> CRÉATION 2021 de la version pour contre-ténor et électronique <i>Quid sit musicus?</i> <i>Mutations of Matter</i>	Guilhem Terrail, Fanny Vicens Les Métaboles Dir. Léo Warynski
1 au 3-juin	CENTQUATRE-PARIS + EN LIGNE	Bernhard Lang	<i>Game 245 «The Mirror Stage»</i> CRÉATION FRANÇAISE	HYOID Kobe Van Cauwenberghe
2-juin	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Yan Marez / René Clair	<i>Paris qui dort</i>	Ensemble Court-circuit Dir. Jean Deroyer
3-juin au 24-oct	Ircam, place Stravinsky	AROTIN & SERGHEI	Installation <i>Constellations of the Future 1-4, 2021</i>	
3-juin	Centre Pompidou + EN LIGNE	Brice Pauset / AROTIN & SERGHEI	<i>Vertigo - Infinite Screen</i> CRÉATION FRANÇAISE	Klangforum Wien Dir. Titus Engel
4-juin	Centre Pompidou	Mayu Hirano / Teinosuke Kinugasa	<i>Une page folle</i> CRÉATION 2021	Musique enregistrée: Awaya Akio, Séverine Ballon, Jean-Marie Cottet, Eve Payeur, Elisa Urrestarazu Capellán
9-10-juin	Centre Pompidou	Nicolas Frize	<i>Œuvre latérale</i> CRÉATION 2021 <i>BARTHES PERFORMANCE</i> CRÉATION 2021	Jeff Cohen, Christelle Séry, Marc Calentier, Ghislain Hervet, Peggy Martineau, Stephan Olry, Vincent Schmitt, Hsiao-Yun Tseng
11-juin	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Sasha J. Blondeau Raphaël Cendo Pasquale Corrado Olga Neuwirth	<i>Contre-espace</i> <i>Double Cheese Passions</i> CRÉATION 2021 <i>D'estasi</i> CRÉATION FRANÇAISE <i>locus... doublure... solus</i>	Christina Daletka, Sébastien Vichard Ensemble intercontemporain Dir. Bastien Stil
12-juin	CENTQUATRE-PARIS	Didem Coskunseven Damian Gorandi Matteo Gualandi Jug Marković Megumi Okuda Clara Olivares Alexandru Sima Yang Song Jon Yu	<i>Day was departing</i> CRÉATION 2021 <i>The Perfect anti-object (...a silent agent...)</i> CRÉATION 2021 <i>Rituale Ritorno Ricordo</i> CRÉATION 2021 <i>defiants walks barfoot</i> CRÉATION 2021 <i>QU</i> CRÉATION 2021 <i>Solide, amorphe, fragile et transparent</i> CRÉATION 2021 <i>Éqstr_FM</i> CRÉATION 2021 <i>Phoenix Eye, Dragon Eye</i> 龙眼, 凤眼 CRÉATION 2021 <i>This affirmation</i> CRÉATION 2021	Joshua Hyde, Olivia Martin, Rémi Schwartz, Vivien Simon, Thea Soti, John Stulz, Yi Zhou, Clément Saunier
12-juin	CENTQUATRE-PARIS	François-Xavier Féron / Julia Hanadi Al Abed	Performance-conférence: <i>raster tour en 80 minutes</i>	
12-juin	CENTQUATRE-PARIS	Frank Bretschneider / Pierce Warnecke Grischa Lichtenberger Dasha Rush Byetone	<i>No Content</i> CRÉATION 2021 <i>0521_egress</i>	Frank Bretschneider / Pierce Warnecke Grischa Lichtenberger Dasha Rush Byetone

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
16-juin au 18-juillet	Beaux-Arts de Paris # Chaire Supersonique	Oren Boneh / Anaïs Legros / Maxime Mantovani / Chucky Schuster	<i>DOOMS</i> <b>CRÉATION</b> 2021	Anaïs Legros, Louise Le Pape, Hashim Mboreha, Bilel Ouannassi
16-juin au 18-juillet	Beaux-Arts de Paris # Chaire Supersonique / Exposition	Inès Cherifi / Didem Coskunseven / Meret Kraft Meret Kraft / Maxime Mantovani Pierlouis Clavel Aliha Thalien / Sarah Konté / Sofia Avramidou / Oren Boneh Thomas Lefevre / Marc Lohner / Maxime Mantovani Oren Boneh / Anaïs Legros / Maxime Mantovani / Chucky Schuster Héloïse Delcros Maxime Mantovani	<i>Day was departing</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>tant au temps</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Système 60</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>CAVES</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Élechtoneargile</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>DOOMS – Vestiges de la performance</i> <i>Manifesta</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>5 études électroacoustiques</i> <b>CRÉATION</b> 2021	
16-juin	Centre Pompidou <a href="#">+ EN LIGNE</a>	Alexandros Markeas / Aliénor Dauchez	<i>Music of Choices</i> <b>CRÉATION</b> 2021	Alexandros Markeas
17-juin	T2G-Théâtre de Genevilliers <a href="#">+ EN LIGNE</a>	Maurizio Azzan Rachel Beja Beat Furrer	<i>Ariadne</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b> <i>Frammenti di memoria abolita</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Aria</i>	Anna Piroli Ensemble Schallfeld Dir. Leonhard Garms
18-juin	Maison de la radio et de la musique	Luca Francesconi György Ligeti Fausto Romitelli	<i>Corpo elettrico</i> <b>CRÉATION FRANÇAISE</b> <i>Volumina</i> <i>Audiodrome Dead City Radio</i>	Patricia Kopatchinskaja, Karol Mossakowski Orchestre Philharmonique de Radio France Dir. Maxime Pascal
19-juin	Centre Wallonie-Bruxelles <a href="#">+ EN LIGNE</a>		Séminaire <i>Féminisme - Musique - Technologie</i>	Caroline Bassett, Charo Calvo, Cécile Chevalier, Emma Frid, Karolina Jawad, Hyacinthe Ravet, Sharon Webb, Sarah Wery, Claire Williams, Anna Xanbó Sedó
19-juin	CENTQUATRE-PARIS //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier pour ensemble dirigé de Raphaël Cendo <a href="#">+ EN LIGNE</a>	Anna Arkushyna Marco Benetti Aleksandra Kaca Vitali Karagkezidis Jiwon Seo	<i>Let Nobody but the Room</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>LSD - Lovers Seeing Darkness</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>envers</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Mingle</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Elysii Campi</i> <b>CRÉATION</b> 2021	Sébastien Vichard, Jean-Christophe Vervoitte Ensemble intercontemporain Dir. Vimbayi Kaziboni
19-juin	CENTQUATRE-PARIS //ACADÉMIE// Sortie de la master class pour ensemble dirigé <a href="#">+ EN LIGNE</a>	Gérard Grisey Feliz Anne Reyes Macahis Raphaël Cendo	<i>Partiels</i> <i>diwata</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Introduction aux Ténèbres</i>	Nicolas Crosse, Nicholas Isherwood Ensemble ULYSSES Ensemble intercontemporain Dir. Pierre Bleuse
23-juin	La Villette <a href="#">+ EN LIGNE</a>	Béla Bartók Henry Fourès Francesca Verunelli	<i>Quatuor n° 4</i> <i>Un bel éclair qui durerait</i> <b>CRÉATION</b> 2021 <i>Unfolding</i>	Jean Geoffroy Quatuor Béla

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
25 au 27-juin	Centre Pompidou	Lydie Salvayre / Florence Baschet / Anne-Laure Liégeois	<i>Musique-Fiction La Compagnie des Spectres</i> <b>CRÉATION 2021</b>	Olivier Dutilloy, Anne Girouard, Annie Mercier Elise Chauvin, Alphonse Cemin
		Marie NDiaye / Gérard Pesson / David Lescot	<i>Musique-Fiction Un pas de chat sauvage</i> <b>CRÉATION 2021</b>	Jeanne Balibar Ensemble Cairn
		Maylis de Kerangal / Daniele Ghisi / Jacques Vincey	<i>Musique-Fiction Naissance d'un pont</i> <b>CRÉATION 2021</b>	Nicolas Buchaud, François Chattot, Marie-Sophie Ferdane, Alain Fromager, Julie Moulrier, Laurent Poitrenaux
25-juin	CND //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier in Vivo Danse-Camping	Michelle Agnes Magalhaes / Hervé Robbe		Elèves stagiaires du CND Ensemble 2e2m
25-juin	Centre Pompidou //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier d'interprétation des musiques mixtes	Francisco Alvarado Ivan Fedele Jonathan Harvey Mayu Hirano Tolga Tüzün	<i>[in]certi[é]tude</i> <i>Donacis Ambra</i> <i>Ricercare una melodia</i> <i>Instant suspendu</i> <i>Metathesis</i>	Elèves du Pôle Sup'93 : Siwong Choi, Augustin d'Oliveira, Anna Killy, Volodia Lambert, Shoko Ogoshi Réalisateurs en informatique musicale stagiaires de l'académie : Francesco Di Maggio, Ivàn Ferrer-Orozco
26-juin	CENTQUATRE-PARIS //ACADÉMIE// Sortie de la master class pour voix et électronique de Valérie Philippin	Daniel D'Adamo Mauro Lanza Luigi Nono Jean-Claude Risset Kaija Saariaho	<i>Lips, your lips</i> <i>Erba nera che cresci segno nero tu vivi</i> <i>La Fabbrica Illuminata</i> <i>Inharmonique</i> <i>Lonh</i>	Stagiaires chanteuses de l'académie : Sarah Brabo-Durand, Taisiya Koleva, Ami Nakamura, Olga Siemienczuk, Caroline Wyatt
26-juin	CENTQUATRE-PARIS //ACADÉMIE// Sortie de l'atelier pour musique de chambre de Isabel Mundry <a href="#">+ EN LIGNE</a>	Charles M. Champi Patrick Friel Zhuosheng Jin Aslıhan Keçebaşoğlu Angus Lee Frej Wedlund Isabel Mundry	<i>Paréidolie</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Lament</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>dust not dust</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Trio</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Lethescape</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>where do we go, now?</i> <b>CRÉATION 2021</b> <i>Le Corps des cordes</i>	Solistes de l'Ensemble intercontemporain
26-juin	Philharmonie de Paris-Cité de la musique	Pierre Boulez	<i>Anthèmes 2</i> <b>CRÉATION 2021</b> de la version pour alto et électronique <i>Répons</i>	Odile AUBOIN, Samuel Favre, Gilles Durot, Valeria Kafelnikov, Françoise Rivalland, Dimitri Vassilakis, Sébastien Vichard Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher

## Forum Vertigo

### Les nouvelles modalités de la présence artistique dans la crise Covid

Les arts traversent avec la pandémie Covid-19 une crise sans précédent qui bouleverse l'un des principaux fondements de leur exercice : la présence physique du public. L'objet de cette cinquième édition du Forum interdisciplinaire Vertigo réunissant artistes et programmeurs est de proposer un débat visant à dépasser l'état de stupeur de la profession en présentant des approches originales s'attachant à s'affranchir des contraintes existantes, en particulier au moyen de technologies de téléprésence. Ces nouvelles topologies de la présence dans l'art ne s'imposent pas seulement à sa représentation mais aussi à sa production : dans un contexte de pluridisciplinarité généralisée, de nouveaux modes de création collaborative s'organisent et s'expérimentent.

Organisation	Programme	Partenaires	Participants
Événement en ligne diffusé en bilingue sur YouTube (tables rondes) et en anglais sur Zoom (performances).	Introduction Table ronde «Création collaborative» Table ronde «Le spectacle vivant à l'ère de la pandémie» Performances en ligne Hotel « <i>Anticædipus</i> » et <i>Traces of Antigone</i> d'Elli Papakonstantinou	Ensemble ODC. Projet européen ULYSSES	Andrea Agostini (compositeur), Adriana Armaroli (Divertimento), Nicole Birmann Bloom (Ambassade de France à New York), Andrea Cera (compositeur), Martin Honzik (Ars Electronica), Pascal Keiser (directeur artistique), Andrew Gerzso (Ircam), Bernhard Lang (compositeur), Frank Madlener (Ircam), Elli Papakonstantinou (artiste), Ute Pinter (Impuls), Marion Siéfert (artiste), Hugues Vinet (Ircam)



## 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](http://forum.ircam.fr), les Ateliers Forum annuels à l'Ircam et les Ateliers Hors les Murs.

L'année 2021 a été principalement marquée par une forte croissance de la communauté, passant d'environ 20 000 à 25 000 membres inscrits, un renouvellement conséquent de l'offre logicielle et des contenus éditoriaux associés, en particulier web et vidéo, et notre adaptation aux contraintes de la pandémie Covid-19 par l'organisation en ligne des principaux événements, qui s'est également traduite par une augmentation du nombre de participants.

### ■ Renouvellement de l'offre logicielle

#### Logiciels issus des équipes STMS

Les équipes de recherche du laboratoire STMS ont mis à jour de nombreux logiciels et librairies, notamment pour assurer la compatibilité avec les nouveaux processeurs ARM d'Apple et leur politique de notarisation des applications. De nouveaux logiciels ont été mis à disposition par les équipes de recherche, notamment Somax 2 et OM-DYCI2 (improvisation/générativité), SpeaK for Max et SpeaK for Web (corpus et lexiques pour le design sonore), FCN-F0 (deep-learning), SkataRT (synthèse concaténative dirigée par une entrée audio), Xtextures (synthèse de textures sonores). D'autres logiciels existants ont connu d'importantes extensions comme les fonctions WFS de la bibliothèque Spat.

D'anciens projets ont été mis à disposition sur le Forum comme FluidSynth\_player ou les bibliothèques OpenMusic historiques : Morphologie, RQ, OMTristan, Profile, OMRC, Situation, Patterns, Alea, Chaos, Combine, OM2Csound, Esquisse, OMCS, Repmus.

#### Logiciels produits par le département IMR

La poursuite des actions de pérennisation du logiciel Audiosculpt 3 s'est traduite par la sortie d'une version 2.2 multicanale du logiciel commercial TS2 diffusé par Plugivery et par le développement et la sortie de la première version du logiciel d'analyse Partiels basé sur des plugins d'analyse Vamp, notamment le SuperVamp plugin basé sur SuperVP.

L'équipe du Forum en collaboration avec les départements UMR et PAC a produit des nouveautés logicielles sous forme de devices Max4Live : LadderFilter, PhysicalLFO, SuperVPCrossSynthesis, Vibra Voice.

Les logiciels Panoramix et SkataRT ont été mis en avant par la production de films promotionnels, de tutoriels et de webinaires (cf. partie « Contenus éditoriaux ») et de corpus sonores (SkataRT-Corpus SOL, SkataRT-Corpus Modalys et SkataRT-Corpus DJ).

#### Logiciels produits par les membres

L'activité des membres s'est traduite par la mise en ligne de plusieurs projets (timbre/space, Sonic composition, Metamorphosis, OM-AIS, Prisma-Binauralize, xp4I, Tonnetz, Segmentation Lab).

### ■ Site [forum.ircam.fr](http://forum.ircam.fr)

L'évolution du site Forum est représentative du dynamisme de sa communauté, qui a connu en un an une croissance de 25 % du nombre d'inscrits, passant au cours de l'année 2021 de 20 000 à 25 000 utilisateurs.

Les développements du site Forum ont été principalement consacrés en 2021 à la fiabilisation de ses fonctions et à l'amélioration de l'expérience utilisateur.

L'une des sources principales de dysfonctionnements provenait de la multiplicité des modes de connexion utilisateur. Le développement du module d'authentification Ircam-Auth combinant accès internes et externes à l'Ircam, associé à la synchronisation des modes de connexion des différents composants applicatifs, a permis de résoudre l'essentiel des problèmes rencontrés.

La complexité des contenus présentés nécessitait une simplification de la structure éditoriale et de l'ergonomie de présentation. La présentation des logiciels a ainsi été recentrée autour des [grandes fonctions technologiques](#). De plus, un travail de conception ergonomique a été initié pour faciliter la navigation et améliorer l'expérience utilisateur. Les couches graphiques ont été totalement redéveloppées sous la forme de composants Vue.js. Ces avancées constituent des bases modernisées en vue du développement à venir de nouvelles interfaces utilisateur.

Les résultats en termes d'usage sont très positifs. En 2021, le site a fait l'objet de près de 106 000 vues de la part de plus de 53 000 utilisateurs de 174 pays.

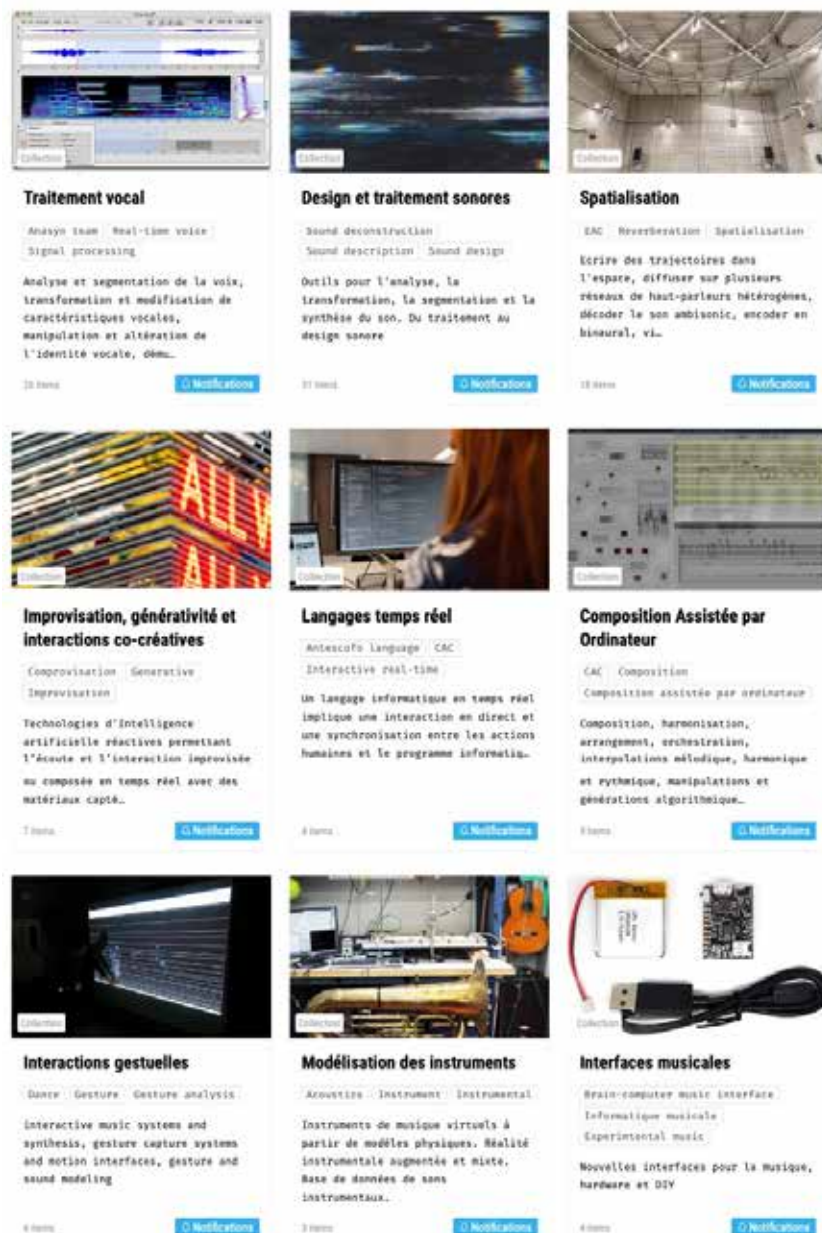
### ■ Contenus éditoriaux, marketing et communication

Nous avons poursuivi nos efforts pour la création d'une collection de tutoriels vidéos en ligne et la production de webinaires sur des projets particuliers. Nous avons également poursuivi l'enrichissement des contenus éditoriaux : 25 événements et plus de 60 projets technologiques partagés.

Les tutoriels et vidéos produits et publiés sur la chaîne YT Ircam dans la playlist Forum, sur le site Forum ou bien sur Media sont :

- AudioGuide, OpenMusic, Spat, Max, Panoramix 1 et 2, VibraVoice, Partiels, SkataRT.

On retrouve aussi la production et la publication des interviews vidéo des compositrices Michelle Agnes Magalhaes et Giulia Lorusso.



Site Forum : structure de présentation en technologies.

Webinaires organisés en 2021 pour les membres Forum premium :

- Max-Isis, 8 février ;
- Virtual Choir, 5 mai ;
- présentation de Partiels au Forum@Shanghai online, 10 décembre.

Afin de fidéliser et élargir la communauté, nous avons poursuivi la production d'une newsletter mensuelle Forum News bilingue. Les newsletters sont consultables [ici](#).

Des e-mailing ciblés sont aussi régulièrement envoyés pour informer la communauté (66 e-mailing envoyés en 2021). Le taux moyen d'ouverture est de 53 % et le taux moyen de clics est de 11 %, aucune plainte reçue et un score de réputation de 100 %.

Le compte Twitter @ircamforum compte à ce jour 1850 abonnés.

Quelques opérations marketing ont eu lieu dans l'année.

Une campagne d'adhésion pour les institutions a eu lieu en juin, le lancement du logiciel Partiels en novembre 2021, tous les mois des campagnes régulières de souscription à la newsletter du Forum sont envoyées aux prospects.

#### ■ Ateliers du Forum Ircam à Paris en ligne du 16 au 19 mars 2021

Les Ateliers du Forum représentent un momentum annuel de rencontres où convergent plusieurs compétences, métiers et intérêts autour du son. Designers, artistes, compositeurs, performeurs, chercheurs et makers du monde entier se retrouvent pour trois jours de conférences, workshops, démos, partages et rencontres. C'est aussi l'occasion pour les équipes de R&D de l'Ircam de présenter leurs nouveautés et d'être en contact avec la communauté des utilisateurs.

La session 2021 des Ateliers à Paris a pu se tenir en streaming à l'Ircam du 16 au 19 mars. Cela a été un événement 100 % online et pour la première fois avec des inscriptions payantes. Nous avons comptabilisé 238 participants connectés depuis de nombreux pays.

Le programme a été organisé en cinq sessions : design sonore et interaction multimédia, production audio, composition, intelligence artificielle et voix avec notamment des présentations et des tables rondes hybrides (présentiel et online) faisant intervenir des invités prestigieux.

Plusieurs projets des membres du Forum ont été diffusés online à travers des vidéos préenregistrées.

Les keynotes et panels auxquels sont intervenus Miller Puckette, Jean-Marc Jot (Izotope) et Doug Eck (Google Magenta) sont également accessibles via YouTube :

- [« The future of music », avec Miller Puckette, David Zicarelli, Hugues Vinet, Greg Beller ;](#)
- [« An overview of AI for Music and Audio Generation », par Doug Eck ;](#)
- [« Objects of immersion – unlocking musical spaces » par Jean-Marc Jot.](#)

Le programme, les abstracts, les vidéos préenregistrées des membres du Forum sont visibles [ici](#).

Deux sponsors ont soutenu l'événement : Viadialog et Alea.

#### ■ Ateliers du Forum Hors les Murs et autres événements Forum Hors les Murs Montréal online avec McGill University et la SAT

**Dates : 4-6 février et 11-12 février 2021**

Après trois ans d'échanges sur la programmation et le montage du projet, et après le report de l'événement à cause de la crise sanitaire en 2020, nous avons pu réaliser le Forum Hors les Murs avec Montréal. Cet événement co-organisé avec l'Université McGill, la

SAT (Société des arts technologiques) et avec le support de l'Institut français a eu lieu en ligne à 100 %, gratuit avec inscription obligatoire.

Sous l'impulsion des laboratoires de l'Université McGill, de l'Université de Montréal, le CIRMMT, le projet Actor et l'UMR STMS, ce Forum était focalisé autour des thématiques de la spatialisation de l'orchestration et de la perception.

Les thèmes des différentes tables rondes ont été :

- timbre et orchestration ;
- spatialisation, réalité virtuelle et réalité augmentée ;
- spatialisation, Spat, et SpatGRIS ;
- spatialisation, art sonore et expérience immersive ;
- composer le timbre et l'espace ;
- la musique électroacoustique, l'interprétation et le multimédia ;
- interactivité et multimédia dans la composition ;
- composer avec la technologie.

Cet événement a été aussi accompagné par une journée conjointe avec la SAT dans le cadre du Symposium iX Son et immersion.

Dans ce cadre, un événement conjoint avec Le Vivier a été web-diffusé : les performances de l'Ensemble Paramirabo (en direct), l'Ensemble contemporain de McGill et des artistes solistes sur les œuvres de Jean-Luc Hervé, James O'Callaghan, Zosha di Castri, Georgia Spiropoulos et d'autres compositeurs.

Environ 70 speakers et 750 participants du monde entier se sont inscrits à cet événement. Plus de 20 pays étaient représentés : Angleterre, Allemagne, États-Unis, Canada, Brésil, Ukraine, Israël, etc.

Plusieurs participants étaient affiliés à des universités, écoles, conservatoires, dont : Sorbonne Université, Conservatoire de Nice, Universidad Nacional de Quilmes, BIMM London, University of Calgary, etc.

En moyenne, 70 participants ont suivi en direct chaque jour des Ateliers.

À ce jour, environ 8 000 vues cumulées sur toutes les vidéos YouTube des conférences et vidéos pré-enregistrées. La vidéo la plus regardée est celle de Philippe Leroux, « L'enseignement de la musique mixte : nouveaux outils - nouveaux concepts », avec environ 400 vues cumulées.

Le Forum Hors les Murs a reçu le soutien de l'Institut français et du SSHRC/CRSH (Social Science and Humanities Research Council of Canada).

Le programme complet de l'événement, les abstracts et les bios des intervenants sont disponibles [ici](#).

Les informations sur l'événement sont accessibles [ici](#).

Une vidéo de reportage de l'événement est visible [ici](#).

Nombre de participants inscrits : 750.

**Le Forum Ircam a également été présent au cours de l'année dans plusieurs autres événements, en ligne ou en présentiel, parmi lesquels :**

#### **Workshops in Barcelona, 14-17 juin**

##### **Workshop sur des projets VR liés à la spatialisation**

À l'invitation d'Espronceda et dans le cadre de leur résidence artistique, nous avons animé un workshop qui nous a permis d'initier un partenariat avec les résidences Immensiva de Espronceda dédiées à l'immersion sonore et visuelle et d'aborder des discussions avec des partenaires locaux.

Nombre de participants : 10.

#### **Casual Creators, France-Atlanta online, 19 octobre**

Pour la troisième fois invités à participer au festival France-Atlanta, en collaboration avec l'UMR STMS, nous avons proposé une table ronde online avec cinq entrepreneurs qui développent des applications musicales pour le grand public, certaines issues des laboratoires de l'Ircam : Arshia Cont (Antescofo), Pat Scandalis (Mo Forte), Adrien Mamou-Mani (Hyvibe), Edgar Emery (Embodme), Keith Groover (The glide).

Cet événement confirme le partenariat avec le festival France-Atlanta.

Le programme est visible [ici](#).

La vidéo YouTube de la table ronde est visible [ici](#).

Nombre de participants : 360 vues sur YouTube.

#### **Forum @C-LabTaipei, novembre 2021**

Pour la troisième édition du Sound Festival sur le thème de « Diversonic », le Forum est présent au C-Lab Sound Festival 2021 avec deux interventions : celles de Greg Beller et Diemo Schwarz sur l'interaction et les outils pour la voix. Cet événement online préfigure un Forum HLM qui devrait avoir lieu à Taipei à la sortie de la crise sanitaire en 2022 et 2023.

[Programme](#)

[Lien YouTube](#)

Nombre de participants : environ 400 visionnages YouTube.

#### **Partenariats**

Dans la continuité du partenariat entrepris avec la société Viadialog et sous son impulsion, nous avons accueilli pendant une journée le club Génesys le 13 octobre.

Un projet avec le designer Philippe Starck pour une application bancaire interactive est en cours d'élaboration.

## Les séminaires

### ■ Séminaires internes – les Mercredis de STMS

#### 13 janvier 2021

Victor Rosi et Patrick Susini, de l'équipe Perception et design sonores, de l'UMR STMS  
« Caractérisation sémantique du timbre – Contribution au développement d'un lexique sonore. »

#### 27 janvier

Patrick Susini, chercheur dans l'équipe Perception et design sonores de l'UMR STMS  
« Traitement local-global auditif: réorganisation avec l'expertise musicale. »

#### 3 février

Journée des 20 doctorantes et doctorants de l'UMR, 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> années.

#### 10 février

Séminaire invité:  
Stéphane Requena, directeur technique et innovation à GENCI, invité par l'équipe Analyse et synthèse des sons.  
« Présentation de GENCI »  
GENCI (Grand équipement national de calcul intensif) est une Très grande infrastructure de recherche (TGIR) dépendant du MESRI, du CNRS, du CEA, de la CPU et d'Inria.

#### 26 mai

Jean-Etienne Sotty dans le cadre de sa sortie de résidence en recherche au sein de l'équipe S3AM de l'UMR.  
Présentation de l'accordéon hybride et œuvre musicale avec Fanny Vicens, accordéoniste.

#### 1<sup>er</sup> juillet

Gershon Dublon, chercheur et ingénieur/artiste, invité par l'équipe Représentations musicales (COSMOS project)  
« Empowering Perception: A Digital Planetary Sensorium. »

#### 7 juillet

Pablo Arias, de l'équipe Perception et design sonores, UMR STMS  
« Étudier les interactions sociales en utilisant des transformations de voix et de visage en temps réel. »

#### 29 septembre

Emmanuelle Rouhaud, professeure de l'université de technologie de Troyes en délégation au sein de l'équipe S3AM du laboratoire STMS  
« Avantages d'un formalisme espace-temps et de la dérivée de Lie pour la formulation de modèles de comportement. »

#### 10 novembre

Nicolas Nova, professeur associé à la Haute École d'art et de design (HEAD – Genève) invité par l'équipe ISMM de l'UMR STMS  
« ENQUÊTES/CRÉATION »

#### 24 novembre

Recherches en cours sur les performances musicales expressives. Les trois post-doctorants du laboratoire STMS (encadrés par Elaine Chew):

1. « Interactions musicales accessibles pour les novices », Emma Frid
2. « Introduction à EAR Stretch – Sculpter le tempo pour améliorer la réception esthétique de la musique contemporaine », Emily Graber
3. « Analyse et visualisation des structures ambiguës dans la musique interprétée par la modélisation bayésienne et la programmation dynamique », Corentin Guichaoua

#### 1<sup>er</sup> décembre

Alireza Farhang, sortie de résidence en recherche dans l'équipe ISMM du laboratoire STMS  
« From Modelling to Notation: The concept of Hybrid Score in Transdisciplinary Works. »

#### 2 décembre

Journée des 15 doctorantes et doctorants de l'UMR, 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> années.

#### 8 décembre

Moreno Andreatta, chercheur CNRS à l'IRMA et chercheur associé à l'équipe Représentations musicales de l'UMR STMS, Erica Bisesi, université de musique de Montréal, José Luis Besada, de l'université de Madrid, et Corentin Guichaoua, post-doctorant du projet COSMOS – Représentations musicales.  
« Apprentissage des relations entre accords dans le tonnetz: une approche empirique. »

## Les soutenances de thèses

### 14 janvier

Hadrien Foughmand Aarabi, STMS – équipe Analyse et synthèse des sons

« Vers une estimation globale du tempo et une classification en genres musicaux basées sur les caractéristiques harmoniques du rythme. »

### 7 juin

Mathieu Prang, STMS – équipe Représentations musicales

« Representation Learning for Symbolic Music. »

### 14 juin

Adrien Bitton, STMS – équipe Représentations musicales

« Apprentissage de représentations audio pour la synthèse musicale et l'interaction. »

### 5 juillet

Marc Wijnand, STMS – équipe Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments

« Contrôle en temps fini de systèmes vibratoires hybrides couplant équations aux dérivées partielles et équations aux dérivées ordinaires : les cas du tom et du câble pesant. »

### 13 juillet

Rémy Muller, STMS – équipe Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments

« Time-continuous power-balanced simulation of nonlinear audio circuits: real time processing framework and aliasing rejection. »

### 15 septembre

José Miguel Fernandez, STMS – équipe Représentations musicales

« Vers un système unifié d'interaction et de synchronisation en composition électroacoustique et mixte : partitions électroniques centralisées. »

### 9 décembre

Victor Wetzl, STMS – équipe Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments

« Lumped Power-Balanced Modelling and Simulation of the Vocal Apparatus: A Fluid-Structure-Interaction Approach. »

### 20 décembre

Pierre Carré, STMS – équipe Espaces acoustiques et cognitifs

« Méthodes numériques d'inspiration géométrique pour la synthèse sonore par modèle physique ; application à un modèle de corde géométriquement exact. »

## Publications et Communications

### ■ Publications multi-équipes

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

Golvet A., Goupil L., Saint-Germier P., Matuszewski B., Assayag G. *et al.*, «With, against, or without? Familiarity and copresence increase interactional dissensus and relational plasticity in freely improvising duos», *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, American Psychological Association, 2021, (10.1037/aca0000422). (hal-03478233)

Saint-Germier P., Goupil L., Rouvier G., Schwarz D., Canonne C., «What it is like to improvise together? Investigating the phenomenology of joint action through improvised musical performance», *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, Springer Verlag, 2021, (10.1007/s11097-021-09789-0). (hal-03478232)

#### Communications avec actes dans un congrès international

Einbond A., Bresson J., Schwarz D., Carpentier T., «Instrumental Radiation Patterns as Models for Corpus-Based Spatial Sound Synthesis: Cosmologies for Piano and 3D Electronics», *International Computer Music Conference (ICMC)*, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021, Santiago, Chile. (hal-03348826)

### ■ Publications équipe Analyse des pratiques musicales

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

Bacot B., Féron F.-X., «Jesper Nordin – Sculpting the Air», *ANALYSES – Œuvres commentées du répertoire de l'Ircam*, Ircam, 2021.

Boutard G., Féron F.-X., «Documenting acousmatic music interpretation: a developmental framework based on cross self-confrontations», *International Journal of Performance Arts and Digital Media*, Intellect, 2021, 17 (3), p. 336-355.

Canonne C., Robert A., «An Orchestra Faces the Test of Indeterminacy: John Tilbury and the Sans Project», *Biens Symboliques/Symbolic Goods*, Presses universitaires de Vincennes, 2021.

Golvet T., Goupil L., Saint-Germier P., Matuszewski B., Assayag G. *et al.*, «With, against, or without? Familiarity and copresence increase interactional dissensus and relational plasticity in freely improvising duos», *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, American Psychological Association, 2021.

Goupil L., Wolf T., Saint-Germier P., Aucouturier J.-J., Canonne C., «Emergent shared intentions support coordination during collective musical improvisations», *Cognitive Science*, Wiley, 2021, 45.

Gribenski F., «Nature's "Disturbing Influence": Sound and Temperature in the Age of Empire», *19th-Century Music*, University of California Press, 2021.

Gribenski F., «Words and Numbers: The Many Languages of Nineteenth-Century Pitch Standardization», *History of Humanities*, The University of Chicago Press, 2021.

Gribenski F., Gillin E., «The Politics of Musical Standardization in Nineteenth-Century France and Britain», *Past & Present*, Oxford University Press (OUP), 2021.

Saint-Germier P., Paternotte C., Canonne C., «Joint Improvisation, Minimalism and Pluralism about Joint action», *Journal of Social Ontology*, de Gruyter, 2021.

#### Chapitres d'ouvrage

Canonne C., «Improv, Stand-Up, and Comedy», in Bertinetto A. and Ruta M., *The Routledge Handbook of Philosophy and Improvisation in the Arts*, Routledge, 2021.

Donin N., Zattra L., Misdariis N., Pecquet F., Fierro D., «Sound Design as viewed by Sound Designers: A Questionnaire about People, Practice, and Definitions», in Filimowicz M., *Doing Research in Sound Design*, Routledge, 2021.

Feneyrou L., «Candide», in Castiglioni N., *Un musicien en hiver. Essais et entretiens (1956-1996)*, Aedam Musicae, 2021.

Feneyrou L., Fargeton P., «Une amitié affranchie de hasard», in Jean Barraqué - André Hodeir. *Dans le secret et l'inattendu. Correspondance et essais*, Delatour France, 2021.

Féron F.-X., «Spectra as Theoretical and Practical Models in Gérard Grisey's Creative Process», in Bauer A., Cagney L., Mason W., *The Oxford Handbook of Spectral Music*, Oxford University Press, 2021.

Féron F.-X., Postface, *La composition de l'écoute. Denis Dufour s'entretient avec Vincent Isnard*, Éditions MF, p. 213-224, 2021.

Gribenski F., «Sounding Standards: A History of Concert Pitch, Between Musicology and STS», in Hennion A., Levaux C., *Rethinking Music through Science and Technology Studies*, Routledge, 2021.

Saint-Germier P., Canonne C., «Improvisation, Actions, and Processes», in Bertinetto A., Ruta M., *The Routledge Handbook of Philosophy and Improvisation in the Arts*, Routledge, 2021.

#### Ouvrages (y compris édition critique et traduction)

Feneyrou L., Fargeton P., *Jean Barraqué - André Hodeir. Dans le secret et l'inattendu. Correspondance et essais*, Delatour France, 2021.

Feneyrou L., Orcalli A., *Niccolò Castiglioni. Un musicien en hiver. Essais et entretiens (1956-1996)*, Aedam Musicae, 2021.

Feneyrou L., Castiglioni N., *Le Langage musical de la Renaissance à aujourd'hui*, Aedam Musicae, 2021, *Niccolò Castiglioni. Un musicien en hiver. Essais et entretiens (1956-1996)*.

Feneyrou L., *Luigi Nono, Fragmente-Stille, an Diotima*, Contrechamps, 2021.

### Communications dans un congrès

Donin N., « Les affordances de la sténographie musicale Sur une expérience de notation improvisée par Karl Naegelen et Umlaut », Que note la notation ?, mars 2021, Louvain, France.

Rodriguez H., Arias P., Canonne C., « Investigating the pragmatic effects of musical syntax through musical humor », 15th International Symposium of Cognition, Logic, and Communication, 2021, Riga, Lettonie.

### Autres publications

Féron F.-X., « Raster. La trame et le son », *L'Étincelle*, Ircam, 2021, 21, p. 27-31.

### ■ Publications équipe Analyse et synthèse des sons

#### Conférence invitée dans un congrès international

Roebel A., « From Noise to Singing - Deep Neural Networks for Music Generation », Keynote lecture, The 8th International Conference on New Music Concepts, Italie, mars 2021.

#### Communications avec actes dans un congrès international

Le Moine Veillon C., Obin N., Roebel A., « Speaker attentive speech emotion recognition », Proc. Interspeech, p. 2866-2870, 2021.

Le Moine Veillon C., Obin N., Roebel A., « Towards end-to-end F0 voice conversion based on Dual-GAN with convolutional wavelet kernels », 29th European Signal Processing Conference, EUSIPCO, 2021.

Teytaut Y., Roebel A., « Phoneme-to-Audio Alignment with Recurrent Neural Networks for Speaking and Singing Voice », Proc. Interspeech, p. 61-65, 2021.

Wolff D., Mignot R., Roebel A., « Audio Defect Detection in Music with Deep Networks », 22nd Int. Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2021), novembre 2021, online, France.

#### Communication sans actes dans un congrès international

Fares M., Pelachaud C., Obin N., « Multimodal-Based Upper Facial Gestures Synthesis for Engaging Virtual Agents », WACAI 2021.

#### Rapports scientifiques

Benaroya L., Obin N., Roebel A., Beyond Voice Identity Conversion: Manipulating Voice Attributes by Adversarial Learning of Structured Disentangled Representations, arXiv preprint, arXiv:2107.12346, 2021.

Bous F., Benaroya L., Obin N., Roebel A., Sequence-To-Sequence Voice Conversion using F0 and Time Conditioning and Adversarial Learning, arXiv preprint, arXiv:2110.03744, 2021.

Fares M., Pelachaud C., Obin N., Multimodal generation of upper-facial and head gestures with a Transformer Network using speech and text, arXiv preprint, arXiv:2110.04527, 2021.

Le Moine Veillon C., Obin N., Roebel A., Speaker attentive speech emotion recognition, arXiv preprint, arXiv:2104.07288, 2021.

Le Moine Veillon C., Obin N., Roebel A., Towards end-to-end F0 voice conversion based on Dual-GAN with convolutional wavelet kernels, arXiv preprint, arXiv:2104.07283, 2021

Roebel A., Bous F., Towards Universal Neural Vocoding with a Multi-band Excited WaveNet, arXiv preprint, arXiv:2110.03329, 2021.

#### Rapports de stage

Elmôr Lang C., A Database for the Analysis and Transformation of Singing Style, rapport de stage, 2021.

Salais L., Conversion neuronale des attributs de la voix par apprentissage de représentations structurées. Application à la manipulation de l'expressivité, rapport de stage, 2021.

#### Concerts et installations

Roebel A., Transformation de sons par modifications de statistiques dans le plan temps fréquence pour Florian Hecker: Resynthesizers 0.1-0.3, Los Angeles, 18 novembre, 2021.

#### Diffusion des connaissances

Obin N., Le Moine Veillon C., Deep Voice Workshop #1: Neural Vocoder for TTS applications, séminaire pour le workshop Deep Voice, 24 juin 2021.

Obin N., Organisation des Deep Voice, Paris 2021, 23-24 juin 2021. L'émotion dans les technologies vocales.

Obin N., Webinar: The Why and How of Character Design. Organisé par l'équipe HEART de SoftBank Robotics, 11 mai 2021.

Roebel A., Bous F., DeepVoice Workshop #2: Neural Vocoder for TTS applications, séminaire pour le workshop Deep Voice, 24 juin 2021.

Roebel A., Bous F., Lavault A., Le Moine C., Renault L., Teytaut Y., Wolff D., Deep Learning for Sound Processing, Formation AI, Ircam, octobre 2021.

Roebel A., Obin N., Teytaut Y., Deep Learning for Voice Processing, Présentation Forum Ircam, mars 2021.

#### Expertise

Roebel A., Expertise audio pour le tribunal de grande instance de Rennes et la police judiciaire de Nantes, octobre 2021.



### Articles de presse et radios

Roebel A., Participation dans l'émission sur les Deep Fake de BFMTV, 23 mars 2021 (<https://www.facebook.com/watch/?v=208087107774935>, voir à partir de 9 min 50).

Roebel A., Interview reportage France Culture – *La méthode scientifique*, dans le contexte de l'émission « Empathie artificielle, des robots ami-ami », 2 juin 2021 (<https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/la-methode-scientifique-emission-du-mercredi-02-juin-2021>, en bas de page, section « Le reportage du jour, Reportage avec Axel Roebel »).

### ■ Publications équipe Espaces acoustiques et cognitifs

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

Alary B., Massé P., Schlecht J. S., Noisternig M., Välimäki V., « Perceptual Analysis of Directional Late Reverberation », *The Journal of the Acoustical Society of America*, 149:3189, 2021. ([hal-03251692v1](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03251692v1))

Carpentier T., « Spat<sup>^</sup>: a comprehensive toolbox for sound spatialization in Max », *Sonic Ideas* (Guest Editor Dr Luis Naón), vol. 13 (24), janvier-juin 2021, p. 12-23. ([hal-03356292](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03356292))

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*, 12.1, 348, 2022.

#### Communications avec actes dans un congrès international

Einbond A., Bresson J., Schwarz D., Carpentier T., « Instrumental Radiation Patterns as Models for Corpus-Based Spatial Sound Synthesis: Cosmologies for Piano and 3D Electronics », Proc. of the 47th International Computer Music Conference (ICMC), p. 148-153, juillet 2021. ([hal-03348826](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03348826))

Martin V., Warusfel O., Viaud-Delmon I., « Virtual sound source distance evaluation in acoustically and visually incongruent contexts », *The Journal of the Acoustical Society of America*, 150.4, A140-A141, 2021.

Schütz N., « Echotecture, Echosophy: Considerations on the relationship between ephemeral and permanent elements of spatial presence based on the timeless fascination of an acoustic landscape phenomenon », Paper presentation at X International FKL Symposium on Soundscape: Unheard Landscapes, Blois, octobre 2021.

Warusfel O., Emerit S., « Assessing the Acoustics of an Ancient Egyptian temple », 2021 Immersive and 3D Audio: from Architecture to Automotive (I3DA), septembre 2021, Bologna, Italie, p. 1-6. ([10.1109/I3DA48870.2021.9610973](https://doi.org/10.1109/I3DA48870.2021.9610973)). ([hal-03506531](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03506531))

#### Communications sans actes dans un congrès international

Noisternig M., Table ronde sur la spatialisation sonore, International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR), 10 mai 2021 (en ligne).

Schütz N., « Land Sound Design » & « Composing with Echoes », Présentation & démo, Ircam Forum Hors les Murs, Montréal (en ligne) 2021.

Schütz N., « Participatory artistic contributions to inclusive and diverse urban sound design », keynote contribution to the topic « Soundscape – Participatory approaches », Urban Sound Symposium 2021.

Schütz N., « Participatory artistic contributions to inclusive and diverse urban sound design », keynote contribution to the topic « Soundscape – Participatory approaches », Urban Sound Symposium 2021.

Schütz N., « Echo & Silence », Conférence performée, Symposium « Être à l'écoute/Just listening », EDHEA, Sierre, octobre 2021.

#### Organisation de colloque

Schütz N., Organisation de deux tables rondes dans le cadre de l'événement de restitution publique du workshop « Reconfiguring the Landscape », 26-27 novembre 2021.

### Enseignement

Martin V., TD et TP Thermodynamique, Statistiques, Pratiques Numériques, SO.

Masse P., TD Mécanique L3 et TP Éléments finis M1, Polytechnique, TD Mécanique L1, Sorbonne Université.

Noisternig M., Cours « Scénographie sonore », Master M2 composition/design sonore, Haute école d'art de Zurich (ZHdK), décembre 2021 (en ligne).

Noisternig M., Cours sur la spatialisation sonore, École supérieure d'art et de design TALM-Le Mans (ESAD TALM), octobre-novembre 2021.

Noisternig M., Cours Spatial Audio Technologies/Room Acoustics Modeling, M2 ISI, Sorbonne Université, 18 et 25 novembre 2021.

Noisternig M., Cours en Traitement du signal MIMO, Master M2, Université de musique et des arts du spectacle de Graz (KUG), mars-juin 2021 (en ligne).

Noisternig M., Cours invité, « Performance in artistic research », Kinetics in Sound & Space (KiSS), École supérieure de musique et d'art dramatique, Hambourg, novembre 2021 (en ligne).

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., Resp. UE Intégration professionnelle – M2 ATIAM – Sorbonne Université.

Warusfel O., Resp. UE Réalité virtuelle – M2 ISI – Sorbonne Université, octobre-décembre 2021.

## Comités et expertises

Alary B. (octobre-décembre) :

- Revue d'articles : *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, *IEEE Signal Processing Letters*.

Carpentier T. :

- Revue d'articles : SMC (Sound & Music Computing Conf.), DAFx (International Conf. on Digital Audio Effects), WAC (Web Audio Conf.)
- Jury pour compétition de mixage 3D : S3DAPC (Student 3D Audio Production Competition).

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.
- Revues 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 l'ERA-NET Neuron, pour le ministère de la Fédération Wallonie Bruxelles (FWB) de Belgique, pour la fondation Velux Stiftung.
- Revues d'articles : *PLoSOne*, *Experimental Brain Research*, *Journal on Multimodal User Interfaces*, *Virtual Reality*, *Scientific Reports*, International Conference Series on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ICDVRAT), Sound and Music Computing (SMC).

- Rapporteur de thèses : Chiara Valzogher (Università degli Studi di Trento et Université Claude-Bernard Lyon 1), Marion Giroux (Université Savoie Mont Blanc).

- Comité de suivi de thèse : Tristan-Gael Bara (CNAM), Charles Hernoux (PSL), Remi Poivet (SU).

- Comité de sélection pour le recrutement d'un maître de conférences : École Centrale Nantes, Sorbonne Université.

- Membre du comité de rédaction de la revue *Intellectica*.

Warusfel O. :

- Expertises pour la commission européenne (Marie Curie PostDoc FellowShip).

- Revues d'articles : *Journal on Multimodal User Interfaces* (JMUI), *Virtual Reality* (VIRE).

- Rapporteur de thèse : Eric Méaux (univ. La Rochelle, décembre 2021).

- Jury de thèse : Simon Ghorbal (Centrale Supélec, mars 2021).

- Membre du bureau de la Société française d'acoustique.

## Diffusion des connaissances

Alary B., Noisternig M., « Bringing immersive sounds to live audiences: From headphones to speaker ensembles », *Opera Beyond*, Helsinki, décembre 2021 (en ligne).

Carpentier T., « Introduction to panoramix », Notam Spatial Audio Meetup, Oslo and online, 11 juin 2021.

Carpentier T., « Hybrid techniques for spatial sound », Ircam Forum Workshop, Montreal and online, 5 février 2021.

Schütz N., Action pédagogique : développement d'un nouveau cours « Landscape Acoustics » pour les étudiants en architecture et en architecture de paysage à l'École polytechnique fédérale (EPF) de Zurich.

Schütz N., Action pédagogique : intervention dans le cadre des formations professionnelles de Sanu future learning AG, développement d'un cours sur la conception des paysages sonores et le lien entre paysage sonore et biodiversité, en collaboration avec le biologiste Christoph Küfer.

Viaud-Delmon I., Spaces, hearing and virtual reality, Centre de recherche en neurosciences de Lyon, 9 mars 2021.

## Articles de presse et radio

Schütz N., « L'écologie, c'est aussi pour les oreilles », écrit par Antonio Fischetti, *Charlie Hebdo*, publié en ligne 22 janvier 2021.

Schütz N., « Aux Grandes-Serres de Pantin, les tubes de l'été », écrit par J.-F. Degioanni, *Le Monde*, publié en ligne, 4 juin 2021.

Schütz N., « Du Bruit à l'Art », écrit par Michèle Berzosa, *Office & Culture* n° 62, décembre 2021.

## ■ Publications équipe Interactions son musique mouvement

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

Bevilacqua F., Matuszewski B., Paine G., Schnell N., « On Designing, Composing and Performing Networked Collective Interactions », *Organised Sound*, Cambridge University Press (CUP), 2021, 26 (3), p. 333-339. (10.1017/S135577182100042X). (hal-03575509)

Paine G., Bevilacqua F., Matuszewski B., Editorial : « Collective and networked sound practices », *Organised Sound*, Cambridge University Press (CUP), 2021, 26 (3), p. 303-304. (10.1017/S1355771821000388). (hal-03575537)

Pénitot A., Schwarz D., Nguyen Hong Duc P., Cazau D., Adam O., « Bidirectional Interactions With Humpback Whale Singer Using Concrete Sound Elements », *Frontiers in Psychology*, Frontiers, 2021, 12, p. 654314. (10.3389/fpsyg.2021.654314). (hal-03290337)

Scurto H., van Kerrebroeck B., Caramiaux B., Bevilacqua F., « Designing Deep Reinforcement Learning for Human Parameter Exploration », *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Association for Computing Machinery, 2021, 28 (1), p. 1-35. (10.1145/3414472). (hal-03124053)

### Communications avec actes dans un congrès national ou international

- Ley-Flores J., Turmo Vidal L., Berthouze N., Singh A., Bevilacqua F. *et al.*, «SoniBand: Understanding the Effects of Metaphorical Movement Sonifications on Body Perception and Physical Activity», CHI'21, CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, mai 2021, Yokohama (virtual), Japon, p. 1-16, <10.1145/3411764.3445558>. (hal-03347113)
- Liu W., Dementyev A., Schwarz D., Flety E., Mackay W. *et al.*, «SonicHoop: Using Interactive Sonification to Support Aerial Hoop Practices», CHI'21, Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, mai 2021, Yokohama (virtual), Japon, p. 1-16, <10.1145/3411764.3445539>. (hal-03266906)
- Sanchez T., Caramiaux B., Françoise J., Bevilacqua F., «Wendy Mackay. How do People Train a Machine? Strategies and (Mis) Understandings», CSCW 2021 – The 24th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing, octobre 2021, Virtual, États-Unis. <10.1145/3449236>. (hal-03182950)
- Scurto H., Caramiaux B., Bevilacqua F., «Prototyping Machine Learning Through Diffractive Art Practice», Proceedings of the 2021 ACM Conference on Designing Interactive Systems (DIS 2021), juin 2021, Virtual Event, Unknown Region. <10.1145/3461778.3462163>. (hal-03267282)
- Voillot M., Eliot C., «Learning matters, des matières à apprendre», Drôles d'objets, La Rochelle, 27-29 octobre 2021.
- Walton E., Caramiaux B., Fdili Alaoui S., Bevilacqua F., Mackay W. E., «Reconciling Technology-Driven and Experiential Approaches for Movement-Based Design», IHM'20.21 – 32<sup>e</sup> Conférence francophone pour l'interaction homme-machine, avril 2021, Virtual Event, France. <10.1145/3450522.3451334>. (hal-03362342)

### Conférences invitées dans des congrès nationaux et internationaux

- Bevilacqua F., Roundtable at the International Conference Intersection Art, Society and Technology in Musical Innovation, IKG Institute, Universidad de Valladolid Spain, 3 septembre 2021.
- Bevilacqua F., Roundtable Sound of Care, Festival #LearningPlanet, 24 janvier 2021.
- Voillot M., Keynote d'ouverture IHM 2021 : «Le corps au cœur de l'apprentissage grâce au numérique – Exploration d'un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance», en ligne, 13-16 avril 2021.

### Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

- Glowinski D., Levacher C., Buchheit F., Malagoli C., Matuszewski B. *et al.*, «Emotional, cognitive, and motor development in youth orchestras», *Together in Music*, Oxford University Press, p. 250-254, 2021, <10.1093/oso/9780198860761.003.0031>. (hal-03579076)
- Schwarz D., Fourer D., «Methods and Datasets for DJ-Mix Reverse Engineering», Kronland-Martinet R., Ystad S., Aramaki M., *Perception, Representations, Image, Sound, Music*, 12631, Springer, Cham, p. 31-47, 2021, Lecture Notes in Computer Science (LNCS). <10.1007/978-3-030-70210-6\_2>. (hal-03184436)

### Prix

- Prix du Jeune chercheur Science et Musique 2021 pour Benjamin Matuszewski.
- Honorary Mention pour Sonic Hoop at CHI'21 (Liu *et al.*).

### Expositions et diffusion des connaissances

- Installation permanente «Maestro Maestra», Philharmonie des enfants (dès septembre 2021), Bevilacqua F., Lambert J.-P. pour Ircam Amplify.

- Exposition du dispositif Mini Coloop en collaboration avec nodesign.net, exposition *Designer(s) du design*, Biennale de Design de Gwangju, 1<sup>er</sup> septembre-31 octobre 2021.
- Workshop Camping, Robbe H., Agnes Magalhaes M., CND, 21-25 juin 2021.
- Bevilacqua F., Cours post-master AIMove, Mines ParisTech, 1-10 février 2021.
- Matuszewski B., Paredes V., Cours master 2 ATIAM, initiation à l'API web audio, 3 et 6 décembre 2021.
- Matuszewski B., Workshop «Creating and Developing Distributed Music Application Using the Soundworks Framework», Web Audio Conférence, 2021.
- Bevilacqua F., Matuszewski B., Workshop Arizona State University (online) organisé par Paine G., 14-15 octobre 2021.
- Schwarz D., Workshop CataRT, Saint-Louis college of Music, Rome.
- Schwarz D., Cours ECN, option science/musique.
- Peyre I., Cours master Santé, Sorbonne Université, M1 UE Neurosensorielles, «Musicothérapie, handicap moteur et neurosensoriel», 9 avril 2021.
- Peyre I., Cours master Création artistique, Université de Paris, M1 UE Corps et arts-thérapies, «Son, oreille, physiologie de l'audition», 24 février 2021 ; «Troubles auditifs et amusies», 25 février 2021.
- M2 UE Évaluation des pratiques en arts-thérapies, «Outils et modalités d'évaluations en musicothérapie», 24 février 2021 ; UE Clinique et recherche en musicothérapie, «Bilan psycho-musical», 22, 24 et 26 février 2021, 3 et 14 septembre 2021.
- Peyre I., Cours ADERE – Sorbonne Université, L2-L3 Co-responsable UE Initiation à la méthodologie de recherche, 6 janvier 2021, 3 et 12 février 2021, 27 mars 2021, 7 et 14 avril 2021, 19 mai 2021, 8 et 17 septembre 2021, 15 octobre 2021.

- Peyre I., Journée d'étude de l'association française de musicothérapie, « Quelles théories des pratiques en musicothérapie? », coordinatrice, 7 février 2021.
- Voillot M., Bevilacqua F., Workshop « Corps & numérique – pour l'éducation », master Création et technologie contemporaine, ENSCI-Les Ateliers, 19-23 avril 2021.
- Voillot M., Exposition *Issue de secours*, ENS Paris Saclay, 4-25 juin 2021.
- Voillot M., Séminaire Strate Research : corps-prendre, « Toucher pour apprendre. Learning Matters, l'association du textile et de l'électronique », 11 mai 2021 (publication en cours).

#### Organisation de colloques

- Colloque Féminisme – Musique – Technologie, 19 juin 2021, Ircam et Centre Wallonie Bruxelles.
- Movement and Computing, Steering Committee (Bevilacqua F.).
- Journée d'étude Design Ircam, équipes ISMM et PDS avec des invités externes, 3 décembre 2021.

#### Jury de thèses, expertises et revues d'articles

- Bevilacqua F., Jury de thèse et rapporteur pour Félix Bigand, Université Paris-Saclay.
- Expertise (Schwarz D.): NSERC (Natural sciences and engineering research council Canada) discovery grant.
- Revues d'articles (Schwarz D.): ACM VR, ACM CHI, AIMC, SMC, XCOAX, ICMC, NIME, WAC.
- Revues d'articles (Matuszewski B.): JAES, SMC, AudioMostly, WAC, CMMR.
- Revue d'articles (Bevilacqua F.): Frontiers, NIME 2021.
- Revue d'article (Voillot M.): IDC 2021.
- Bevilacqua F., Matuszewski B., co-éditeurs (avec Paine G., Arizona State University) de la Special Issue Collective and Networked Sound Practices, Organised Sound.

#### ■ Publications équipe Représentations musicales

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

- Andreatta M., « Chanter les poètes avec (ou sans) les maths », ATEM (numéro spécial « Chanter les poètes » sous la direction d'Anne Cayuela et Caroline Bertoneche), 6 (2), 2021, p. 1-14. En ligne : [https://atem-journal.com/ojs2/index.php/ATeM/article/view/2021\\_2.03/2817](https://atem-journal.com/ojs2/index.php/ATeM/article/view/2021_2.03/2817)
- Carsault T., Nika J., Esling P., Assayag G., « Combining Real-Time Extraction and Prediction of Musical Chord Progressions for Creative Applications », *Electronics* 10, n° 21, 2021, 2634.
- Chew E., Orini M., Lambiase P., « Putting (One's) Heart Into Music. Cardiopulse », *European Heart Journal*, 42(28), 2021, p. 2721-2724. doi:10.1093/eurheartj/ehab108. doi.org/10.1093/eurheartj/ehab108 (le 15 décembre 2021, parmi les 10 articles les plus téléchargés, avec près de 2 500 téléchargements) < hal-03277447 >
- Frid E., « The Gender Gap and the Computer Music Narrative-On the Under-Representation of Women at Computer Music Conferences », *Array*, 1, 2021, p. 43-49.
- Frid E., Bresin, R. « Perceptual Evaluation of Blended Sonification of Mechanical Robot Sounds Produced by Emotionally Expressive Gestures: Augmenting Consequential Sounds to Improve Non-verbal Robot Communication », *International Journal of Social Robotics*, 2021, 1-16.
- Yang S., Reed C., Chew E., Barthelet M., « Examining Emotion Perception Agreement in Live Music Performance », *IEEE Transactions on Affective Computing*, 2021. Doi: 10.1109/TAFFC.2021.3093787 [ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9468946](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9468946) < hal-03277877 >

##### Communications avec actes dans un congrès national ou international

- Bazin T., Hadjeres G., Esling P., Malt M. (2021), « Spectrogram Inpainting for Interactive Generation of Instrument Sounds », 2020 Joint Conference on AI Music Creativity, Stockholm, Suède.
- Bedoya D., Fyfe L., Chew E., « Towards a set of conventions for representing and annotating musical prosody », in Proceedings of the International Symposium on Performance Science (ISPS), 27-30 octobre 2021. < hal-03419378 >
- Bedoya D., Fyfe L., Guichaoua C., Chew E., « CosmoNote: Visualizing expressive music information layers and public engagement in annotating performed music structures », in Proceedings of CitSciVirtual, mai 2021. < hal-03454713 >
- Bigo L., Andreatta M., « Towards Structural (Popular) Music Information Research », in Hérold N., Hascher X., Couprie P., Chouvel J.-M., Andreatta M., Barthel-Calvet A.-S. et Felici C. (dir.), Proceedings of the 9th European Music Analysis Conference (EuroMAC 9), Université de Strasbourg/Faculté des Arts, Strasbourg, 2021. En ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03414117/document>
- Bresin R. *et al.*, « Robust non-verbal expression in humanoid robots: New methods for augmenting expressive movements with sound », Workshop on Sound in Human-Robot Interaction, ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. 2021.
- Caillon A., Bitton A., Gatinet B., Esling P., « Timbre latent space: exploration and creative aspects », Proceedings of the 2nd TIMBRE Conference, Athènes, Grèce, 2020.
- Caillon A., Esling P., « RAVE: A variational autoencoder for fast and high-quality neural audio synthesis », ICML 2021.
- Douwes C., Esling P., Briot J.-P. (2021), « A Multi-Objective Approach for Sustainable Generative Audio Models », arXiv preprint arXiv:2107.02621.

- Esling P., Bazin T., Bitton A., Carsault T., Devis N., « Ultra-light deep MIR by trimming lottery tickets », Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval (ISMIR), Montréal, Canada, 2020, <https://arxiv.org/pdf/2007.16187.pdf>
- Esling P., Devis N., « Creativity in the era of artificial intelligence », Proceedings of the JIM Conference, Strasbourg, France, 2020, <https://arxiv.org/pdf/2008.05959.pdf>
- Falkenberg K. *et al.*, « Auditory notification of customer actions in a virtual retail environment: Sound design, awareness and attention », International Conference on Auditory Display, 2021.
- Fouilleul M., Bresson J., Giavitto J.-L., « A Polytemporal Model for Musical Scheduling », 15th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research, Les Éditions du PRISM, 2021.
- Frid E., Ilsar, A., « Reimagining (Accessible) Digital Musical Instruments: A Survey on Electronic Music-Making Tools », International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME), 2021.
- Frid E., Ljungdahl Eriksson M. L., Otterbring T., Falkenberg K., Lidbo H., Daunfeldt S.-O., « On Designing Sounds to Reduce Shoplifting in Retail Environments », Nordic Retail and Wholesale Conference, 2021.
- Frid E., Orini M., Martinelli G., Chew E., « Mapping Inter-cardiovascular Time-frequency Coherence to Harmonic Tension in Sonification of Ensemble Interaction Between a COVID-19 Patient and the Medical Team », in Proceedings of the 20th International Conference on Auditory Display, Virtual Conference, 25-28 juin 2021. [hal.archives-ouvertes.fr/hal-03277425](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03277425); [youtu.be/nAISWW2\\_4Uw](https://youtu.be/nAISWW2_4Uw) < hal-03277425 >
- Fyfe L., Bedoya D., Guichaoua C., Chew E., « CosmoNote: A Web-based Citizen Science Tool for Annotating Music Performances », in Proceedings of the Web Audio Conference, Barcelone, Espagne, 4-7 juillet 2021. [hal.archives-ouvertes.fr/hal-03277421](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03277421); [youtu.be/NxkrdQrobGs](https://youtu.be/NxkrdQrobGs) < hal-03277421 >
- Malt M., Sluchin B., « Geometric Notation for Time-Bracket works, application and performance The case of John Cage's Music for », TENOR Conference 2020 (delayed to 2021).
- Nika J., Bresson J., « Composing Structured Music Generation Processes with Creative Agents », 2nd Joint Conference on AI Music Creativity (AIMC), 2021, Graz, Autriche.
- Stojanovski T., Zhang H., Frid E., Chattré K., Peters C., Samuels I., Sanders P., Parthananen J., Lefosse D., « Rethinking Computer-Aided Architectural Design (CAAD) – From Generative Algorithms and Architectural Intelligence to Environmental Design and Ambient Intelligence », International Conference on Computer-Aided Architectural Design (CAAD) Futures Conference, 2021.
- Stojanovski T., Zhang H., Peters C., Frid E., Lefosse D., Chattré K., « Architecture, Urban Design and Artificial Intelligence (AI) – Intersection of Practices and Approaches », Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design (SimAUD), 2021.
- Ouvrages (actes et chapitre d'ouvrages)**
- Andreatta M., « Approches diagrammatiques en musicologie computationnelle », in Jedrzejewski F., Lobo C. et Soulez A. (dir.), *Écrire comme composer : le rôle des diagrammes*, Delatour France, 2021, p. 15-30. En ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03414029/document>
- Assayag G., « Human-Machine Co-Creativity », in Lubat B., Assayag G., Chemillier M., *Artistic/Cyber-Improvisations*, Phonofaune, 2021, « Dialogiques d'Uzeste », 2021. <hal-03542917> <hal-03542986>
- Besada J.-L., Andreatta M., « "... die Musik in immer neue Richtungen fließen...": Walter Zimmermann et les carrés magiques », in Michel P., Andreatta M. et Besada J.-L. (dir.), *Les jeux subtils de la poétique, des nombres et de la philosophie. Autour de la musique de Walter Zimmermann*, Hermann, 2021, p. 141-165. En ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03414014/document>
- Chemillier M., « Jazz and Artificial Intelligence: From Presence to Traces », in Lubat B., Assayag G., Chemillier M., *Artistic/Cyber-Improvisations*, Phonofaune, 2021, « Dialogiques d'Uzeste », 2021. <hal-03543103>
- Chemillier M., « Variation versus bouclage. L'improvisation est-elle soluble dans l'électro? », Jedrzejewski F., Lobo C., Soulez A. (éds.), *Écrire comme composer : le rôle des diagrammes*, Éditions Delatour, 2021, p. 77-90.
- Chew E., « On Making Music with Heartbeats », in Miranda E. (ed.), *Handbook of Artificial Intelligence for Music*, chapitre 9, Springer, Cham, Suisse, 2021. < hal-03081561 > < hal-03081561 >
- Chew E., « Quantifying Karajan: Timing, Dynamics, and Harmonic Tension », in Revers P., Aringer K., Wozonig T. (eds.), *Musikalische Interpretation bei Herbert von Karajan*, Olm, Hildesheim, Allemagne, 2021.
- Falkenberg K., Frid E., « Designing and Reporting Research on Sound Design and Music for Health: Methods and Frameworks for Impact », *Doing Research in Sound Design*, Focal Press, 2021, 125-150.
- Giavitto J.-L., « Formalisme, Exactitude, Rigueur », in Drouin G., Paul T., Rémy B. et Schmidt M., *Rigueur*, Spartacus, Paris, 2021.
- Haddad K., « Temporal Poetics as a Critical Technical Practice », in Impett J. ed., *Sound Work: Composition as Critical Technical Practice*, Leuven University Press, 2021.
- Lewis G., « Co-Creation: Early Steps and Future Prospects », in Lubat B., Assayag G., Chemillier M., *Artistic/Cyber-Improvisations*, Phonofaune, 2021, « Dialogiques d'Uzeste », 2021.
- Lubat B., Assayag G., Chemillier M., *Artistic/Cyber-Improvisations*, Association Improvisation musicale et technologie, Phonofaune, 2021, « Dialogiques d'Uzeste », B. Lubat. <hal-03542917>

Michel P., Andreatta M., Besada J.-L. dir., *Les jeux subtils de la poésie, des nombres et de la philosophie. Autour de la musique de Walter Zimmermann*, Hermann, 2021.

### Thèses, mémoires, travaux universitaires

Ben-Amar I., Mapping and clustering of audio descriptors spaces, Internship L3 Université Aix-Marseille, 2022 (dir. J. Nika, T. Carsault).

Feldman B., Improving the latent harmonic space of SOMax with Variational Autoencoders, [Student Research Report] Centrale Supélec et STMS Ircam, 2021 (dir. G. Assayag, J. Nika, T. Carsault).

Fernandez J. M., Vers un système unifié d'interaction et de synchronisation en composition électroacoustique et mixte : partitions électroniques centralisée, PhD thesis, Sorbonne Université, STMS, septembre 2021.

Prang M., Representation learning for symbolic music, PhD thesis, Sorbonne Université, STMS Ircam, 2021.

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., co-supervision J. Bresson, K. Haddad.

Wang C., Scattering Transform for Playing Technique Recognition, PhD dissertation, School of Electronic Engineering and Computer Science, QMUL, Londres, Angleterre, 2021.

### Articles de vulgarisation

Andreatta M. est l'un des invités de la séance [Les Maths Monde](#), dans le cadre de l'émission *La méthode scientifique* (France Culture, 9 décembre 2021).

Assayag G., « Research Project Will Study How AI Can Be Used In Creative Collaboration », par Eva Amsen, cité par l'European Research Council, *Forbes*.

Assayag G., Dubnov S., « Computers in a Jazz Ensemble? Inventing Improvisational AI », UC San Diego News Center Publications, 13 janvier.

Assayag G., Nika J., Giavitto J.-L., Interview pour « Le Blob - Cité des sciences et de l'industrie », [https://www.youtube.com/watch?v=L\\_rvMhX6FI](https://www.youtube.com/watch?v=L_rvMhX6FI)

Bedoya D. (2021), « CosmoNote YouTube Channel », <https://bit.ly/CosmoNote-YouTube>

Bedoya D. (2021), Examples of Performed Structures by EC, <https://bit.ly/PerformedStructuresEg>

Bedoya D. (2021), How to Use CosmoNote, <https://youtu.be/G4eTdfyqOk>

Bedoya D. (2021), Performed Structures in Chopin's Ballade No. 2 by EC, <https://bit.ly/PerformedStructuresChopinBallade2>

Chew E. (2019), « COSMOS YouTube Channel », <http://bit.ly/COSMOS-YouTube>

Chew E. (2021), Arrhythmia Suite 3, <https://youtu.be/mKK7mvwz5U>

Chew E. (2021), Holter Highlights, <https://youtu.be/Md-oc0H8U8>

Chew E. (2021), The Making of Arrhythmia Suite 3, <https://youtu.be/7jX27DXrd1M>

Chew E. (2021), Three version of Boulez's Fragment d'une ébauche, <https://bit.ly/Boulez3Fragments>

Chew E., Interview par Anthony Fletcher, « Unlocking the therapeutic power of music through mathematics » (story), How the ERC Transformed Science, ERC 10k Grantees Celebration, European Research Council, 12 mai 2021, [erc.europa.eu/how-ERC-transformed-science/#Chew](http://erc.europa.eu/how-ERC-transformed-science/#Chew)

Chew E., Interview par Anthony Fletcher, traduit en français par CNRS, « Libérer le pouvoir thérapeutique de la musique grâce aux mathématiques », 15 juillet 2021, [www.iledefrance-ville-juif.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/elaine-chew-liberer-le-pouvoir-therapeutique-de-la-musique-grace-aux-mathematiques](http://www.iledefrance-ville-juif.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/elaine-chew-liberer-le-pouvoir-therapeutique-de-la-musique-grace-aux-mathematiques)

Chew E., Interview par Antoine Lheureux, « Unlocking the therapeutic power of music through mathematics » (podcast), How the ERC Transformed Science, ERC 10k Grantees Celebration, European Research Council, 12 mai 2021, [erc.europa.eu/how-ERC-transformed-science/#Chew](http://erc.europa.eu/how-ERC-transformed-science/#Chew)

Chew E., Interview par Dorothee Ott et Sven Waskoenig, « Réponse à presque tout : entendons-nous tous pareil? », 42, Arte.TV, 13 novembre 2021, [www.arte.tv/fr/videos/101938-002-A/42-la-reponse-a-presque-tout/](http://www.arte.tv/fr/videos/101938-002-A/42-la-reponse-a-presque-tout/) [youtu.be/JcxhaGdapE0](http://youtu.be/JcxhaGdapE0)

Chew E., Interview par Hazel Lewis, « Listening with a digital ear: How maths is changing the way we understand music », Mathematics Matters Case Study, Institute of Mathematics and its Applications (IMA), 26 janvier 2021, [ima.org.uk/15987/listening-with-a-digital-ear-how-maths-is-changing-the-way-we-understand-music](http://ima.org.uk/15987/listening-with-a-digital-ear-how-maths-is-changing-the-way-we-understand-music)

Chew E., Lambiase P. (2021), Music: An Underutilised Tool in Neurocardiology, <https://youtu.be/7oSdvqv3JMQ>

Chew E., Loui P., Leslie G., Palmer C., Berger J., Large E., Bernardi N. F., Hanser S., Thayer J. F., Casey M., Lambiase P., « How Music Can Literally Heal the Heart », *Medicine | Opinion, Scientific American*, 18 septembre 2021. [bit.ly/sciam-muscheart](http://bit.ly/sciam-muscheart)

COSMOS présenté dans une vidéo miniature : Un piano virtuose | #BA2Sc #16, Zest de science/Les series originales du CNRS, 8 juillet 2021, <https://youtu.be/-Du0ex7iWBU>

Devis N., « Créativité à l'ère de l'intelligence artificielle », *The Conversation*.

Esling P., « Les ordinateurs ne remplaceront pas les musiciens », *Nice Matin*.

Esling P., Émission télé sur Arte, *Xenius*, « Les ordinateurs remplaceront-ils les artistes », <https://www.arte.tv/fr/videos/086129-015-A/xenius-les-ordinateurs-remplaceront-ils-les-artistes>

Esling P., Interview dans *L'Express*, « L'utilisation de l'IA dans la création ».

- Esling P., Interview dans le *Data Analytics Post* : <https://dataanalyticspost.com/lia-fait-de-plus-en-plus-entendre-sa-musique/>
- Frid E., Interview par Christer Gummesson, « Music for all – According to Need » (online) (en suédois : « Musiken för alla – efter behov ») KTH Press, 20 septembre 2021. Original : <https://www.kth.se/aktuellt/nyheter/musiken-for-alla-efter-behov-1.1101667> En anglais : <https://cosmos.ircam.fr/?p=3014>
- Frid E., Interview par Karolina Jawad, « An interview with Emma Frid » (online), Women Nordic Music Technology (WoNoMute), 8 août, 2021, <https://wonomute.no/interviews/emma-frid/>
- Lascabettes P. (2021), Vulgarisation scientifique sur les mathématiques et la musique : Mathémusique <https://www.youtube.com/c/mathemusique>
- Nika J., Interview dans *Le Figaro* à propos de *Music of Choices* d’Alexandros Markeas, <https://www.lefigaro.fr/culture/quand-l-intelligence-artificielle-devient-un-instrument-de-musique-20210616>
- Nika J., Interview dans *Télérama* à propos de *Music of Choices* d’Alexandros Markeas, <https://www.telerama.fr/sortir/manifeste-2021-ircam-invente-le-festival-musical-de-de-main-6888013.php>
- Nika J., Interview sur la BBC à propos de *Music of Choices* d’Alexandros Markeas, [https://www.youtube.com/watch?v=Ec-5gJaSKnB4&feature=emb\\_logo&ab\\_channel=TimAllman](https://www.youtube.com/watch?v=Ec-5gJaSKnB4&feature=emb_logo&ab_channel=TimAllman)
- Nika J., portrait dans *Le Monde* par Pierre Gervasoni, [https://www.lemonde.fr/culture/article/2021/05/27/jerome-nika-marie-science-et-musique-en-bonne-intelligence\\_6081637\\_3246.html](https://www.lemonde.fr/culture/article/2021/05/27/jerome-nika-marie-science-et-musique-en-bonne-intelligence_6081637_3246.html)
- Conférences invitées, séminaires, communications**
- Andreatta M., « From Music to Mathematics and backwards: introducing algebra, topology and category theory into computational musicology », conférence dans les Lectures Series « Music & Mathematics », University of Salzburg, 15 avril 2021.
- Andreatta M., « From Music to Mathematics and backwards: some perceptual and cognitive implications of algebraic, topological and category-theory models in computational music analysis », conférence de Moreno Andreatta au colloque « Mathematics and Music », University of Dresden, 16-17 avril, 2021.
- Andreatta M., « Modèles théoriques et computationnels de/pour la chanson : perspectives analytiques et compositionnelles », séminaire mamuphi, Ircam, 13 novembre 2021.
- Andreatta M., « Rules and constraints in song writing: a focus on some Oumupian experiences », conférence invitée au [DiMMI 2021](https://www.di MMI2021.com), Trento, 26-27 novembre 2021.
- Andreatta M., Besada J. L., Bisesi E., Guichaoua C., « Conceptualizing chord relationships via spatial visualization within the Tonnetz », International Conference on Spatial Cognition, Rome, Italie, 13-17 septembre 2021.
- Assayag, G., Nika, J., « Cocreativité humains-machines et IA pour la composition, l’interaction et l’improvisation », Workshop Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Lyon, 29 septembre 2021.
- Bisesi E., Besada J. L., Guichaoua C., Andreatta M. (2021), « Apprentissage des relations entre accords dans le Tonnetz : une approche empirique », séminaire de recherche [Mercredis de STMS](https://www.mercredisde STMS.com), Ircam, 8 décembre 2021. Diffusion en direct streaming via la chaîne YouTube de l’Ircam.
- Chew E., Elements of Expressivity: From Performance to Physiology (Élément d’expressivité: de la performance à la physiologie), Keynote Speaker, 10<sup>e</sup> Journée Science et Musique, Institut de recherche en informatique et système aléatoire (IRISA), Université de Rennes 1, France, [youtu.be/CLm ggP-naZY](https://youtu.be/CLm ggP-naZY), 9 octobre 2021.
- Chew E., Heart of Music: From Expressivity to Sonification, Keynote Speaker, 11th Ubiquitous Music Conference (UbiMus 2021), Sound and Music Computing Lab at the University of Porto/INESC TEC, Cara, Porto, Portugal, [youtu.be/uOS-pg56agXM](https://youtu.be/uOS-pg56agXM), 6 septembre 2021.
- Chew E., Lambiase P., Music: An Underutilised Tool in Neurocardiology?, Discussion with Prof. Pier Lambiase, Heart Rhythm Congress (Lifelong Learning), online, [youtu.be/7oSd-vgv3JMQ](https://youtu.be/7oSd-vgv3JMQ), 6/10/2021
- Chew E., Music and Heart Health, Invited Panelist, ISMIR special session on MIR for Human Health and Potential, online, [nus.edu/3KbSHka](https://nus.edu/3KbSHka), 9 novembre 2021.
- Chew E., Music and Heart Health, Panel on The Potential Impact of Technological Innovations for Music and Musical Instruments, Music as Catalyst for Global Dialogue and Sustainable Development, Northeastern University’s Department of Music and NGO Melody for Dialogue Among Civilizations Association, online, 21 septembre 2021.
- Chew E., Music and the Heart, Guest Lecture in Professor Philip Chevalier’s Master 1 Class, Cardiovascular Pharmacology, Université Claude-Bernard Lyon 1, Lyon, France, 16 décembre 2021.
- Chew E., Musical Expression and Cardiac Physiology: Reciprocal Interactions, Closing talk of the Cardiac Physiome Meeting, Boston (online), États-Unis, 12 novembre 2021.
- Chew E., Operations Research Center Commencement Celebration Speaker, online, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, États-Unis, 4 juin 2021.
- Chew E., Putting One’s Heart Into Music. Sci-foo Alumni Lightning Talk, Digital Science/Google/Nature/O’Reilly, [youtu.be/Ynds5b9SLuQ](https://youtu.be/Ynds5b9SLuQ), 13 mai 2021.
- Chew E., The Heart of Music: From Expressivity to Neurocardiology, Department of Mathematical Sciences Colloquium, University of Wisconsin Milwaukee, online, 24 septembre 2021.
- COSMOS Team, COSMOS and Heart.FM, Ircam Scientific Council Meeting (Themes: Acoustic Spaces, Music and Health) + RepMus (COSMOS) Demo/workshop, 17-18 mai 2021.
- Esling, P., Artificial creative intelligence and generative representation learning, Keynote Speaker, RIKEN AI Center, Tokyo.

- Esling, P., Creativity at the era of artificial intelligence, ZKM Talk, Munich.
- Esling, P., Directions for the future of artificial creativity, Unesco Conference on AI, Paris.
- Esling, P., Intelligence artificielle pour la synthèse musicale, Nice.
- Esling, P., Variational inference and generative models for musical improvisation Native Instruments, TU Berlin, Allemagne.
- Fernandez J. M., *Homotopy*, Pièce pour percussion et électronique en temps réel, développé dans le cadre du travail de thèse. Cette pièce a été présentée en 2021 lors de la session performance du workshop international [FARM](#). Une captation vidéo a été réalisée par le Collegium [Musicæ](#) de Sorbonne Université pour diffusion sur son site web.
- Fernandez J. M., « Centralized score: AntesCollider and other artistic applications in Antescofo », Présentation dans le cadre du Forum Ircam à Montréal, février 2021.
- Frid E. *et al.*, « Robust non-verbal expression in humanoid robots: New methods for augmenting expressive movements with sound », Workshop presentation at HRI21, Sound in Human-Robot Interaction Workshop, ACM/IEEE Annual Conference for Basic and Applied Human-Robot Interaction Research, online, 12 mars 2021.
- Frid E., « Mapping Inter-cardiovascular Time-frequency Coherence to Harmonic Tension in Sonification of Ensemble Interaction Between a Covid-19 Patient and the Medical Team », Conference presentation at ICAD2021, International Conference on Auditory Display, online, 26 juin, 2021.
- Frid E., An Overview of Accessible Digital Music Instruments (ADMIs), talk given at the seminar Fostering Inclusion in Music: Perspectives from Practitioners and Researchers in Music Therapy and Technology, for the Interact@CIRMMT seminar series, organized by IDMIL, McGill University, 30 mars 2021 (online).
- Frid E., Exploring the Potential of Haptic Feedback in Digital Musical Instruments for Music Installations in Public Settings. Talk given at the Royal Swedish Academy of Music annual assembly (Kungliga Musikaliska Akademien), Stockholm, Suède, 20 mai 2021.
- Frid E., Haptic Perception and Interaction, Lecture in the course Human Perception for Information Technology, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Suède, 1<sup>er</sup> octobre 2021.
- Frid E., Ilsar A., « Reimagining (Accessible) Digital Musical Instruments: A Survey on Electronic Music-Making Tools », Conference presentation for NIME2021, International Conference on New Interfaces for Musical Expression, online, 15 juin 2021.
- Frid E., Ljungdahl Eriksson M., On Designing Sounds to Reduce Shoplifting in Retail Environments, Conference presentation at NRWC2021, Nordic Retail and Wholesale Conference, Umeå, Suède, 11 novembre 2021.
- Frid E., Music Technology for Health, talk given at the 2021 Women in Music Information Retrieval (WiMIR) Workshop, organized as a part of the International Society for Music Information Retrieval (ISMIR) Conference, 29 octobre 2021 (online).
- Frid E., Sonification of Women in Sound and Music Computing – The Sound of Female Authorship in ICMC, SMC and NIME Proceedings, talk given at the event *Féminisme – Musique – Technologie* at ManiFeste, organized by Ircam, 21 juin, 2021, Paris (and online).
- Giavitto J.-L., « Casual Creators: How New Tools are Changing Artistic Practices (organization and animation) », webinaire organisé dans le cadre de la semaine France-Atlanta avec l’Ambassade de France et le Consulat de France à Atlanta et des partenaires américains, 19 octobre 2021.
- Giavitto J.-L., « Designing cyber-temporal systems with Antescofo », Turorial de présentation dans le cadre du Forum Ircam à Montréal, février 2021.
- Giavitto J.-L., « Organiser le temps comme un calcul avec Antescofo », Séminaire du projet Emeraude INRIA-Grame, Lyon, novembre 2021.
- Giavitto J.-L., Organisation et animation de la table-ronde « Perspectives » du colloque international [ANTONY](#) « Préservation collaborative pour la musique avec électronique » réunissant Atau Tanaka (Goldsmith), Hervé Bouley (Radio-France) et Guillaume Pellerin (Ircam) <https://bit.ly/3FAZAbq>
- Herremans D., Chew E., Mathematics and Music: A Synergetic Duo for Automatic Music Generation and Representation, EURAXESS ASEAN Meet My Lab webinar, <youtu.be/jHr-mzp1QC7U>, 14 mai 2021.
- Malt M., « Descripteurs audio et écriture musicale », dans le cadre de la conférence en ligne « L’analyse et la description du timbre dans les musiques sur support », Colloque international organisé par le laboratoire ECLLA (Études du contemporain en littératures, langues et arts) et Université Jean-Monnet de Saint-Etienne, les 9-10 février 2021.
- Malt M., Conférence « Qu’est-ce que n’est pas une thèse en composition », dans le cadre des séminaires doctoraux à l’Ircam, 29 juin 2021.
- Malt M., Sheng! L’orgue à la bouche – conférence numéro 10: Analyse acoustique de l’orgue à bouche. Caractérisation spectrale des sons de sheng: entre interactions, adaptations et technique instrumentale avec J. Delisle (Université de Montréal) et M. Malt (Ircam - IReMus), 13 avril 2021.
- Nika J., Conférence « Musique et IA », Collegium Musicae, Sorbonne Université, 24 mars 2021.
- Nika J., Table ronde « IA et création » organisé par l’association Class’Code et le ministère de l’Éducation nationale.



## ■ Publication équipe Perception et design sonores

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

- Arias P., Bellmann C., Aucouturier J.-J. (2021), « Facial mimicry in the congenitally blind », *Current Biology*, 31(19), R1112-R1114. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03391957/document>
- Arias P., Rachman L., Liuni M., Aucouturier J. J. (2021), « Beyond correlation: acoustic transformation methods for the experimental study of emotional voice and speech », *Emotion Review*, 13(1), 12-24. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02907502/document>
- Bedoya D., Arias P., Rachman L., Liuni M., Canonne C., Goupil L., Aucouturier J.-J. (2021), « Even violins can cry: specifically vocal emotional behaviours also drive the perception of emotions in non-vocal music », *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376(1840), 20200396. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03455135/document>
- Cera A., Misdariis N., « Intrusiveness, Annoyance and Sound Design », LINKs series 5-6, janvier 2021, p. 184-189.
- Guerouaou N., Vaiva G., Aucouturier J.-J., « The shallow of your smile: the ethics of expressive vocal deep-fakes », *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences*, The Royal Society, 2022, 377 (1841), <10.1098/rstb.2021.0083>
- Rosi V., Houix O., Misdariis N., Susini P. (in review), « Investigating the shared meaning of metaphorical sound attributes: Bright, warm, round, and rough », *Music Perception*.

### Communications dans un colloque national ou international

- Arias P., « Computational techniques to synthesize emotional stimuli », Society for Affective Science Conference, world wide/online, avril 2021. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03207758/>
- Arias P., « Influencing romantic decisions with real time smile transformations », in Virtual Social Interaction 2021 Conference, juin 2021. <https://hal.inria.fr/hal-03274778/>

- Arias P., Bedoya D., Johansson P., Hall L., Aucouturier J.-J., « Controlling dyadic interactions with real-time smile transformations », in Society for Affective Science 2021 Conference, avril 2021. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03207710/document>
- Ayari M., « Création/Musique/Culture : approche psychologique et ethnomusicologique du phénomène de l'écoute », acte du 10<sup>e</sup> congrès européen d'analyse musicale (EuroMAC 10): Analyse, théorie et histoire de la musique: relations de conjonction, de disjonction, d'opposition, Conservatoire P.I. Tchaïkovsky de Moscou, 20-25 septembre 2021. [hal-03513701v1]
- Bouchara T., Bouchet M., Misdariis N., « Towards a better understanding of mental models implied in sonic icon design and perception », ICAD (virtual) 2021.
- Delle Monache S., Misdariis N., Ozcan E., « Conceptualising sound-driven design: an exploratory discourse analysis », *Creativity and Cognition*, juin 2021, p. 1-8.
- Pardo L.-F., Misdariis N., Cera A., « The sound of silence of electric vehicles – Updated issues and answers », Proc. of SIA Internat. Conf on Automotive NVH Comfort, 2021, Le Mans.
- Richards C., Misdariis N., Cahen R., Faux D., Hayward V., « Vibratory Detection Thresholds for the Spine, Clavicle and Sternum », 2021 IEEE World Haptics Conference (WHC), juillet 2021, p. 346-346.
- Rodriguez H., Arias P., Canonne C., « Investigating the pragmatic effects of musical syntax through musical humor », 15th International Symposium of Cognition, Logic, and Communication, 2021. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-03539811/>
- Souaille T., Petiot J.-F., Lagrange M., Misdariis N., « Extracting Design Recommendations from Interactive Genetic Algorithm Experiments: Application to the Design of Sounds for Electric Vehicles », 23rd Internat. Conf. on Engineering Design, Proceedings of the Design Society, 1, 1567-1576, 2021.

- Susini P., Houix O., Misdariis N., Faramaz P., Pellerin G., « The SpeaK project: A collaborative platform for presenting and sharing sound lexicons », CFA2022 - 16<sup>e</sup> Congrès français d'acoustique de la SFA, Marseille, France, 11 avril 2022.
- 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 », CFA2022 - 16<sup>e</sup> Congrès français d'acoustique de la SFA, Marseille, France, 11 avril 2022.

### Ouvrages/chapitres d'ouvrage

- Ayari M., « Michel Imbert: quelques réflexions sur les études des significations expressives en musique », in Ayari M. et Chouvel J.-M. (dir.), *Michel Imbert: la psychologie de la musique au-delà des sciences cognitives*, Delatour-France, coll. « Culture et cognition musicales », n° 5, 2021, p. 185-204. [hal-02468274, v1]
- Ayari M., *L'écoute comme phénomène culturel: essai de psychologie cognitive*, Éditions Ennejsma Ezzahra, Centre des musiques arabes et méditerranéennes (CMAM), Ministère des Affaires Culturelles, Tunisie (en préparation 2022). [hal-01709286, v1]
- Houix O., « Aspects pédagogiques », in *Design sonore: Applications, méthodologie et études de cas*, Dunod, 2022. <https://www.dunod.com/sciences-techniques/design-sonore-applications-methodologie-et-etudes-cas>. [hal-03418713]
- Misdariis N., « Design sonore et transport: le son de la mobilité », Pecquet F., Dupouey P., *Design sonore: applications, méthodologie et études de cas*, Dunod, 2021. [hal-03374267v1]
- Misdariis N., Houix O., Cahen R. (soumis), « Le son comme enveloppe, une réponse à l'enfermement psychique et physique? », in *Art et design, entre hostilité et hospitalité des lieux de soins*, Presse Universitaire de Strasbourg.
- Susini P., *Design sonore d'objet*, 2021, pré-publication. [hal-03277750v1]

Talamini F., Blain S., Ginzburg J., Houix O., Bouchet P., Grassi M., Tillmann B., Caclin A., « Auditory and visual short-term memory: Influence of material type, contour, and musical expertise », *Psychological Research*, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00426-021-01519-0>

Zattra L., Donin N., Misdariis N., Pecquet F., Fierro D., Sound Design as Viewed by Sound Designers: A Questionnaire About People, Practice and Definitions, in *Doing Research in Sound Design*, Focal Press, 2021, p. 297-323.

#### Direction d'ouvrage collectif

Ayari M., Chouvel J.-M., *Michel Imberty: la psychologie de la musique au-delà des sciences cognitives*, Delatour-France, coll. « Culture et cognition musicales », n° 5, 2021 (<http://www.editions-delatour.com/fr/23-culture-et-cognition-musicale>) [hal-02468266, v1]

#### Journées thématiques et séminaires

Co-organisation avec T. Bouchara (Cnam CEDRIC) et J. Garcia (ENAC) d'une session « Conception d'interfaces sonores » pour la 32<sup>e</sup> conférence francophone sur l'interaction homme-machine (IHM'20.21).

Co-organisation avec A. Zanella (Inst. Naz. di Astrofisica), C. Harisson (Newcastle Univ.), N. Bonne (Univ. of Portsmouth), K. Meredith (GLAS Education) d'un workshop international sur la sonification des données astronomiques « The Audible Universe » (Lorentz Center, The Netherlands, 1<sup>re</sup> édition virtuelle).

Co-organisation avec F. Bevilacqua, M. Voillot (STMS Lab/ISMM) d'une journée d'étude « Design sonore & (en) mouvement ».

#### ■ Autres activités

##### Contributions au laboratoire, à l'équipe

- Gestion des articles/news de la page web PDS.
- Finalisation d'une convention générale scientifique d'échange entre LMA et STMS.
- Rédaction d'une synthèse sur les comités d'éthique CPP/CER SU/INSEAD.
- Liens avec Amplify, suivi des travaux de Romain Barthelemy et Matthieu Fraticelli.
- Accueil stages d'observation de 3<sup>e</sup>.

##### 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 (20 janvier 2021) dans le cadre de la Semaine du Son.
- Deux workshops applicatifs dans le cadre du DNESP Design sonore : « Habillage sonore SNCF pour les Jeux olympiques de Paris 2024 » du 26 janvier au 15 février et « Expériences et ambiances sonores de bureau pour le showroom CLEN » du 20 septembre au 1<sup>er</sup> octobre 2021.
- Enseignements : M2 Musicologie et conception sonore (univ. Aix-Marseille), cours pour Audible Universe Workshop.
- Enseignements : M1 & M2 DNSEP Design sonore (ESAD TALM Le Mans) ; 3<sup>e</sup> année Ingé., option « Musique et science » (Ec. Centrale Nantes) ; option « Design acoustique » (UTC).
- Séminaires : ESAD TALM Le Mans (L2).

##### Événements

- Organisation de la biennale Le Mans Sonore : coordination de l'exposition sur les 10 ans de la formation Design sonore.
- Co-organisation de la journée d'étude « Les nouveaux espaces sonores » avec le LAUM, l'Itemm du vendredi 28 janvier 2022 au Carré Plantagenêt Le Mans.

- Co-organisation Workshops : « The Audible Universe » (Lorentz center, virtuel), atelier « Conception d'interfaces sonores » pour le GT-SON (AFIHM, virtuel)
- Séminaires STMS : 2 séminaires (13 et 27 janvier 2021).

##### Montage de projets

- Participation à la rédaction de 2 propositions ANR et 1 IRBA-IdA.
- Participation à la rédaction d'un projet CIFRE-Renault-UTC.
- Participation au montage d'un projet PHRIP (Psy-son).

##### Expertises scientifiques

- Jury Master M2.
- Rapporteur thèse A. Bourachot.
- Rapporteur HDR R. Cahen.
- Jury concours DR ministère Transition écologique, ERC phase 2.
- Présidence 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/conférences : JASA, DRS2022, Filigrane, *Inter. Journ. of Human Factors Ergonomics*, JAES, *Journ. of Design Research*, SMC.
- Groupe de travail : coréférent du GT-Son de l'AFIHM : « Interfaces sonores », <https://sites.cnam.fr/GTson/>

##### Diffusion des connaissances

- Interview France 2, *Télématin*.
- Contribution à un chapitre d'ouvrage « Art et design, entre hostilité et hospitalité des lieux de soins » sur le workshop applicatif GHU Sainte-Anne et le travail engagé par la suite sur un dispositif de modulation de l'anxiété par une enveloppe sonore.
- CfD Conversations Series 06 « Musical Thinking: The Design of the Sonic Experience » – Center for Design/college of Arts, Media and Design, Northeastern University.

■ **Publications équipe Systèmes et signaux sonores : audio/acoustique, instruments**

**Articles parus dans des revues à comité de lecture**

- Najnudel J., Hélie T., Roze D., Müller R., « Power-Balanced Modeling of Nonlinear Coils and Transformers for Audio Circuits », *Journal of the Audio Engineering Society*, 69 (7/8), 2021, p. 506-516.
- Roze D., « Interactions between nonlinear resonators represented in Volterra series », *Journal of Sound and Vibration*, Elsevier, vol. 520.
- Thibault A., Chabassier J., « Dissipative time-domain one-dimensional model for viscothermal acoustic propagation in wind instruments », *Journal of the Acoustical Society of America*, Acoustical Society of America, 2021, 150 (2), p. 1165-1175.
- Wijnand M., d'Andréa-Novel B., Rosier L., « Finite-time stabilization of an overhead crane with a flexible cable submitted to an affine tension », *ESAIM: Control, Optimisation and Calculus of Variations*, vol. 27, 2021.

**Communications avec actes dans un congrès national ou international**

- Forma L., Jossic M., Le Conte S., Wilkie-Chancellor N., Boutin H., Ollivier F., « The "Vibration and conservation" project: how to measure and prevent vibration damages for museum objects? », CIMCIM21 - Annual meeting of the CIMCIM, International committee of museums and collections of instruments and music, septembre 2021, Londres, Angleterre.
- Najnudel J., Hélie T., Roze D., Müller R., « From statistical physics to macroscopic port-Hamiltonian Systems: A roadmap », 7th IFAC Workshop on Lagrangian and Hamiltonian Methods for Nonlinear Control, IFAC-PapersOnLine, 54 (19), p. 70-75.
- Najnudel J., Remy M., Hélie T., Roze D., « Identification of nonlinear circuits as port-Hamiltonian systems », 24th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-21).

Thibault A., Chabassier J., Boutin H., Hélie T., « A low reduced frequency model for viscothermal wave propagation in conical tubes of arbitrary cross-section », ICSV27 - 27th International Congress on Sound and Vibration, juillet 2021, Prague, République tchèque.

**Thèses, mémoires, travaux universitaires**

- Carré P., « Méthodes numériques d'inspiration géométrique pour la synthèse sonore par modèle physique ; application à un modèle de corde géométriquement exact », Thèse, Sorbonne Université, Paris, décembre 2021.
- Müller R., « Time-continuous power-balanced simulation of nonlinear audio circuits: realtime processing framework and aliasing rejection », Thèse, Sorbonne Université, Paris, juillet 2021.
- Wetzel V., « Lumped Power-Balanced Modelling and Simulation of the Vocal Apparatus: A Fluid-Structure-Interaction Approach », Thèse, Sorbonne Université, Paris, décembre 2021.
- Wijnand M., « Contrôle en temps fini de systèmes vibratoires hybrides couplant équations aux dérivées partielles et équations aux dérivées ordinaires : les cas du tom et du câble pesant », Thèse, Sorbonne Université, Paris, juillet 2021.

**Articles de presse, radios, audio-visuel**

- Caussé R., À la recherche de la musique de l'Antiquité, film pour la chaîne Arte, prix Sacem meilleur documentaire musical au Festival de Lussas 2021 et nommé au Festival Paris Science 2021, réalisation : B. George.
- Hélie T., « Le bruit, un fléau qui gâche la vie », intervention dans le JT de 20h de TF1 pour *Le grand format*, novembre 2020 (reportage sur la chambre anéchoïque débute à 4'25 : <https://www.tf1.fr/tf1/jt-20h/videos/le-grand-format-le-bruit-un-fleau-qui-gache-la-vie-98299019.html>)

**Conférences sans actes**

- Falaize A., Roze D., « A generic passive-guaranteed structure for elastoplastic friction models », in 2d International Nonlinear Dynamics Conference (NODYCON21), en ligne, Italie, février 2021.
- Wijnand M., d'Andréa-Novel B., Hélie T., Roze D., « Contrôle actif des fréquences d'une membrane de tom : implémentation expérimentale », Poster, Congrès des Jeunes Chercheurs en mécanique (Méca-J), 2021, en ligne.

**Diffusion des connaissances, organisation de visites**

**Équipe**

- Présentation au conseil scientifique de l'Ircam (17 mai)
  - Organisation de la visite de laboratoire d'un groupe d'élèves lauréat des Olympiades de Physique France
  - Accueil des stagiaires de 3<sup>e</sup> et présentation de l'équipe S3AM
- Hélie T.
- Formation pour le Coursus (26 janvier)
  - Jury représentant SFA aux Olympiades de Physique France (31 janvier-1<sup>er</sup> février) [Hélie]
  - Présentation à la cellule valorisation de l'INS2I (Brevet-The Snail)
- Hélie T. et Piéchaud R.
- Présentation au Forum de l'Ircam (17 mars)

## Les principaux logiciels

## Nouveautés développement 2021

### ■ Forum/IMR

#### [Partiels](#) (v1.0.0, v1.0.1 & v1.0.2)

- Premières versions diffusées pour Windows, Mac et Linux
- Prise en charge multiformat et multicanal
- Prise en charge de plusieurs fichiers (utile pour comparer des fichiers audio)
- Analyse de l'audio avec les plugins Vamp
- Visualisation des résultats sous forme de spectrogramme, de lignes et de marqueurs
- Organisation et commande d'analyses en groupes
- Exportation des résultats aux formats de fichiers PNG, JPEG, CSV, JSON, CUE et SDIF
- Chargement des résultats à partir des formats de fichiers CSV, JSON, CUE et SDIF
- Conversion des résultats des formats de fichiers SDIF vers JSON et inversement
- Traitement par lots (utile pour appliquer le même jeu d'analyses sur plusieurs fichiers audio)
- Interface de ligne de commande pour analyser, exporter et convertir les résultats
- Consolidation de documents (utile pour partager des documents/analyses avec d'autres utilisateurs sur différentes plateformes)
- Lecture audio avec boucle

#### [SuperVP Vamp Plugin](#) (v0.0.6, v1.0.0, v2.0.0)

- Première diffusion de SuperVamp basé sur le moteur audio SuperVP et destiné à être chargé dans l'application Partiels
- Spectrogramme Transformée de Fourier rapide
- Spectrogramme Linear Predictive Coding
- Spectrogramme True Envelope
- Spectrogramme Spectre réassigné
- Spectrogramme Cepstre
- Estimation de hauteur Feature Scoring
- Estimation de hauteur Primes Matching
- Estimation de hauteur Pitched Percussion
- Marqueurs Transient Detection
- Marqueurs Spectral Difference Positive
- Marqueurs Spectral Difference Negative
- Autres Peak Analysis
- Autres Analyse voisé/non voisé
- Autres Analyse effets de masquage
- Autres Analyse Formant LPC
- Autres Analyse Formant CED
- Autres Analyse Rd Shape (en cours)
- Forme d'onde – Pics

#### [TS2](#) (v2.2.0, v2.2.1 & v2.2.2)

- Correction des erreurs d'autorisation sur MacOS 10.12.0 et versions antérieures
- Prise en charge multicanal (jusqu'à 256 canaux)
- Option d'exportation audio de canal mono individuel
- Effet d'écrtage spectral
- Prise en charge notariée de MacOS Big Sur (Intel et M1 sous Rosetta)
- Amélioration de l'analyse et du rendu du sonogramme
- Suppression du menu déroulant de la carte des couleurs du sonogramme en bas de l'application
- Boutons à bascule harmonisés
- Positions d'étiquette améliorées pour deux curseurs de valeur

- Remplacement du nom des « slots » d'automatisation par « nœuds »
- Remplacement de l'affichage des unités « Hertz » par « kHzertz »
- Amélioration de la visibilité de l'affichage du texte du compteur maître
- Résolution problème graphique lors du clic sur le bouton « Depuis le tempo » dans le panneau des effets

#### [Vibra Voice](#)

- Correction automatique de « correctness/tuning » d'une ligne mélodique
- Amplification/suppression de modulation de hauteur
- « Autotune » de haute qualité (minimisation de l'effet vocodeur)
- Suppression ou amplification du vibrato existant
- Ajout de modulations de hauteur, volume et timbre
- Production artificielle d'une perception de vibrato dans la voix
- Production d'une [documentation](#) FR/EN
- Production d'un [tutoriel](#)

#### [Virtual Choir](#)

- Mise à jour du device M4L pour Live 11
- Mise à jour pour processeurs ARM-M1

#### [Melodic Scale](#)

- Mise à jour du device M4L pour Live 11
- Mise à jour pour processeurs ARM-M1

#### [Max ISiS](#)

- Mise à jour du device M4L pour Live 11
- Mise à jour pour processeurs ARM-M1

### [LadderFilter](#)

- Émulation du célèbre filtre Moog Ladder filter
- Windows, MacOSX, Live 10, Live 11

### [PhysicalLFO](#)

- MarblesLFO and PendulumsLFO émulant deux systèmes physiques
- Marbles tombant dans une boîte et double pendule
- Transformation de données en LFO
- Possibilité de lien à tout paramètre de session Live
- Windows, MacOSX, Live 10, Live 11

### [SuperVPCrossSynthesis](#)

- SuperVPSourceFilter et SuperVPCross
- Synthèse croisée avec le moteur SuperVP™
- Windows, MacOSX, Live 10, Live 11

### [SKataRT-Corpus](#)

- SKataRT-Corpus SOL, SKataRT-Corpus Modalys et SKataRT-Corpus DJ
- Corpus sonore for SkataRT
- Synthèse concaténative
- Synthèse par mosaïking
- Windows, MacOSX, Live 10, Live 11

### ■ [Équipe AnaSyn](#)

#### [Xtextures](#)

- Première diffusion Version 1.1.0

#### [ISIS](#)

- Version 1.2.9, distribution sur Forum pour MacOS et Linux
- Commande de réécriture du facteur de jitter
- Correction de bugs
- Amélioration des informations inscrites dans les fichier log

### [SuperVP](#)

- Version 2.103.8
- Contrôle temps réel de filtres fof/fifof
- Interface en mémoire (sans SDIF) pour analyses masque, pic, différence spectrale et Rd

### [ModRes](#)

- Version 2.0.2 notarisée pour Forum

### ■ [Équipe EAC](#)

#### [Spat](#)

- Optimisation/stabilisation (cpu, higher order filters stability)
- HOA spatial warping/dominance
- spat5.simone generator
- spat5.hoa.plot (représentation directivité)
- Ajout vue YZ dans spat5.viewer
- Sauvegarde de snapshots
- Interpolation de messages OSC
- Compatibilité Ableton Live
- Moteur d'auralisation EVERT

#### [Panoramix](#)

- Ajout encoder Zylia
- Ajout decoder HOA allrad & mvlad
- Optimisation temps de chargement et ajout/suppression de pistes
- Rotation des flux HOA (A-Format, B-format et Eigenmike)
- Ajout EQ sur piste Master, renommage dynamique des bus

### ■ [Équipe ISMM](#)

#### [MuBu](#)

- Portage sur plateforme MacOS ARM64
- Optimisation/stabilisation/corrections de bugs
- Ajout de plusieurs fonctionnalités mineures

- Nouveaux modules Pipo : js, CQT
- Release Mimo modules PCA, stats, normalize + exemples
- Ajout d'exemples MuBu javascript
- Mises à jour exemples MuBu et exemples CataRT (PCA)
- Documentation mubu.concat avec superVP
- Nouvel objet mubu.scroll
- Gesture Sound Toolkit V2
- Nouveaux exemples analyse/synthèse additive avec mubu.additive^

### [SuperVP for Max](#)

- Portage sur plateforme MacOS ARM64
- Codsinging et notarization du package
- Maintenance/corrections de bugs

### [Gesture & Sound](#)

- Portage sur plateforme MacOS ARM64
- Codesigning et notarization du package
- Maintenance/corrections de bugs

### [Max Sound Box](#)

- Portage sur plateforme MacOS ARM64
- Codesigning et notarization du package
- Maintenance/corrections de bugs

### [CataRT-MuBu](#)

- Version 1.2
- 2 nouveaux tutoriaux
- Visualisation des « nearest neighbours »
- Manuelle resegmentation
- Import des descripteurs externes
- Movement filter for periodic play
- Update CatOracle
- Maintenance/corrections de bugs

#### [SkataRT : cf équipe PDS soundworks](#)

- Maintenance et évolutions
- Version 3.1 (beta)

#### [CoMo](#)

- Maintenance et évolutions
- Publication du package sur npm
- Version 0.1.1

#### [waves](#)

- Maintenance

#### [@ircam/simple-components](#)

- Maintenance et évolutions
- Version 1.3.0

#### ■ **Équipe PDS**

##### [Speak-for-Max/Speak-for-Web](#)

- Version web
- Développement lexique « words4sounds.speak »
- Documentation

##### [SkataRT](#) (conjointement avec ISMM)

- Debug
- Premières versions non-beta 1.2-1.4, portage sur Windows
- Synchronisation du mode « beat » au transport de Live
- Filtre de mouvement pour la lecture en boucle
- Visualisation des « nearest neighbours »
- Visualisation du résumé vocal dans le module « Analyse »
- Maintenance/corrections de bugs
- Documentation
- Création de corpus

#### ■ **Équipe RepMus**

##### [OpenMusic](#)

- OM Finder (recherche de patches, maquettes, dans des workspaces, fonctions, in patches, etc.)
- Nouvelles fonctions : apply-lambda-list (traitement de listes)
- Fonctionnalités d'apparence : ajout de couleurs de fond des patches, éditeurs de texte, etc.
- Nombreuses améliorations et fixations de bugs, voir version 6.20

##### [OMLibraries](#)

- Mise à jour de OMCS
- Mise à jour de OMPitchField

##### [Antescofo](#)

- Callback utilisateur sur événements internes
- Extension de l'interprétation de message and symbole
- « Return » and non-standard exit dans fonctions
- Nouveaux exemples et documentation améliorée : utilisation de Open Stage Control, manipulation de nom Midi symbolique, affichage de l'information temporelle locale, gestion du sample playback dans le cas de transport command, etc.
- Nombreuses améliorations et résolutions de bugs

##### [CosmoNote](#)

- Diffusion publique
- Visualisation de la forme d'onde
- Création d'un nouveau script qui permet de créer ou de mettre à jour facilement les données relatives aux pièces/collections
- Création d'un questionnaire de retour d'information qui apparaît après l'achèvement d'une collection
- Création d'un questionnaire musical et d'un test auditif
- Création d'une nouvelle visualisation des données d'instant pour le pré-marquage d'un ou plusieurs points de temps

- Création d'un manuel d'utilisation et de documents d'instructions d'annotation pour les utilisateurs
- Création de listes de vérification de l'affichage des données pour un contrôle plus fin des visualisations
- Création d'un nouveau type de visualisation de données appelées données supplémentaires (ECGs 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 utilisateurs afin de permettre 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 des frontières de 3 à 4
- Ajout de sons aux frontières pendant 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 refactoring

##### [DYCI2](#)

- Application construite à partir du code Python (une version pour OS >= High Sierra et < Catalina, une version pour OS >= Catalina)
- Nouveaux didacticiels
- Introduction d'un « patch de contrôle » principal affichant tous les agents actifs (jusqu'à 8)
- Nouveaux modes de jeu
- Nombreuses améliorations et corrections de bugs

### [OM-DYCI2](#)

- Nouvelle version de la bibliothèque
- Nouveaux tutoriels (« génération guidée », « génération guidée avec génération automatique des structures sous-jacentes », « segmentation et annotation »)
- Nouveaux modes de jeu
- Nombreuses améliorations et corrections de bugs

### [Somax 2](#)

- Version officielle Somax 2.3.2
- Correction des problèmes de compatibilité pour High Sierra et Mojave
- Temps de démarrage du serveur grandement amélioré
- Dépendance supprimée : CNMAT Externals
- Cette version inclut une version compilée de l'application python Somax afin qu'aucune installation python ne soit nécessaire
- Signature de code fournie pour les objets externes autonomes et pertinents
- Plusieurs joueurs : cette version intègre un certain nombre d'améliorations pour faciliter le travail avec plusieurs joueurs dans Somax. Par exemple : réception et envoi sans fil d'influences entre les influenceurs et les joueurs pour permettre la création dynamique de joueurs
- Interface améliorée pour le routage dynamique des influences pendant l'exécution
- Implémentation multithread où chaque lecteur existe dans son propre thread pour augmenter les performances lors de l'utilisation de plusieurs lecteurs
- Enregistrement des performances : un certain nombre de nouvelles fonctionnalités pour l'enregistrement et l'exportation de la sortie des lecteurs ont été ajoutées
- Enregistrement des paramètres : il est désormais possible d'enregistrer les réglages/paramètres de tous les lecteurs entre les sessions

- Ajout du support pour la dernière version de python (3.9.1)

### ■ [Équipe S3AM](#)

#### [Modalys](#)

- Version 3.6.x pour Mac et Windows
- Nouvelle possibilité de script Lua en temps réel dans Modalys pour Max
- 3D/éléments finis : l'application Medit (visualiseur) a été entièrement redessinée
- 3D/éléments finis : maintenant disponible pour Windows
- Stabilité : nombreux bugs corrigés et amélioration des performances
- Documentation : entièrement remaniée.
- Nombreux nouveaux exemples de patches et tutoriels pour Modalys for Max
- Mac : mise à jour de l'installateur pour une sécurité MacOS de plus en plus exigeante

#### [The Snail](#)

- Version 1.3.x pour Mac et Windows
- Interface utilisateur mise à jour
- Option de grille de couleurs
- Nouvelle fonction « Cliquer et ajuster »
- Option d'affichage de la grille
- Curseurs et indicateur de dB redessinés
- Performances nettement améliorées et taille du fichier optimisée
- Mise à jour des installateurs avec EULA (Mac et Windows)
- Mise à jour de l'interface utilisateur et du schéma d'autorisation et de période d'essai
- Mise à jour de la documentation
- Optimisation des performances du GPU (nouvelle option)
- Mises à jour diverses d'OpenGL pour résoudre les incompatibilités signalées

- Installation entièrement signée et notariée pour la compatibilité avec MacOS 10.15 et plus
- Compatibilité Mac prévue de 10.7 (Lion) à 11.1 (y compris sur les machines ARM avec Rosetta2)
- Support ASIO (Windows)
- Filtre ajouté pour tous les formats audio pris en charge (application autonome)
- L'entrée du moniteur était toujours activée quel que soit l'état du bouton (application autonome)
- Le plugin Snail Audio Units ne se chargeait pas dans Logic Pro (MacOS)
- La documentation ne pouvait pas être ouverte depuis l'application ou le plugin (Win)

## La transmission



Promotion Cursus 2020-2021, de gauche à droite :  
Jug Marković, Matteo Gualandi, Damian Gorandi, Clara Olivares, Jon Yu,  
Megumi Okuda, Alexandru Sima, Didem Coskunseven, Yang Song.  
© Deborah Lopatin

### FORMATIONS SUPÉRIEURES

#### ■ Cours de composition et d'informatique musicale

##### Promotion 2020-2021

- Poursuite de l'ouverture du Cursus : les projets finaux des compositeurs prennent des formes très diverses : installation sonore, pièce purement électronique pouvant intégrer de l'image, de la danse, du texte.
- Jeunes interprètes professionnels participant au concert du Cursus.

Effectif	9 compositeurs (4 femmes, 5 hommes) : Didem Coskunseven, Damian Gorandi, Matteo Gualandi, Jug Marković, Megumi Okuda, Clara Olivares, Alexandru Sima, Yang Song, Jon Yu
Nationalités	Turquie, Argentine, Italie, Serbie, Japon, France, Roumanie, Chine, États-Unis
Équipe pédagogique	Simone Conforti, Jean Lochard, Grégoire Lorieux, Mikhail Malt, Sébastien Naves (RimCe) et Thierry De Mey, compositeur associé au Cursus. Coordination pédagogique : Murielle Ducas
Durée de la formation	10 mois, 7 septembre 2020-30 juin 2021, 650 heures de formation/stagiaire incluant cours magistraux, TD, suivi individualisé, conférences, répétitions, concert
Invités	Artistes invités : Georges Aperghis, Yann Beauvais, Véronique Caye, Frédéric Durieux, Francesco Filidei, Irène Gayraud, Christian Jacquemin, Pierre Jodlowski, Daniel Linehan, Stefan Prins, Roque Rivas, Sébastien Roux, Marco Stroppa Scientifiques : Frédéric Bevilacqua, Jérôme Nika, Diemo Schwarz, Olivier Warusfel Musicologues : Nicolas Donin, François-Xavier Féron
Workshops	Workshop danse et électronique encadré par Marie Goudot et Thierry De Mey Workshop improvisation et électronique encadré par Xavier Garcia et Lionel Marchetti
Contenu de la formation	Formation dans le domaine de la composition et de l'informatique musicale
Restitution des projets	Le 12 juin 2021 au CENTQUATRE-PARIS, ateliers 9 et 11, jauge réduite à 50 personnes en raison de la pandémie
Partenaires	Cnsmdp, CNSMDL, HEM de Genève, Académie supérieure de musique-Hear



## Les projets finaux des élèves du Coursus

Nom	Pays	Titre du projet final	Effectif	Interprètes	Encadr. péda. Ircam
Didem Coskunseven	Turquie	<i>Day was departing</i>	Ténor, vidéo et électronique	Vivien Simon	S. Naves
Damian Gorandi	Argentine	<i>The Perfect anti-object (... a silent agent...)</i>	Percussions et électronique	Olivia Martin	M. Malt
Matteo Gualandi	Italie	<i>Rituale Ritorno Ricordo</i>	Alto, vidéo et électronique	John Stulz	G. Lorieux
Jug Markovic	Serbie	<i>Defiant walks barefoot</i>	Voix, vidéo et électronique	Thea Soti	J. Lochard
Megumi Okuda	Japon	<i>QU</i>	Électronique, (trompette) et vidéo holographique		S. Conforti
Clara Olivares	France	<i>Solide, amorphe, fragile et transparent</i>	Percussions et électronique	Rémi Schwartz	J. Lochard
Alexandru Sima	Roumanie	<i>Éqstr_FM</i>	Électronique		S. Conforti
Yang Song	Chine	<i>Phoenix Eye, Dragon Eye</i> 龙眼 凤眼	Violoncelle, geste, « live » vidéo et électronique	Yi Zhou	S. Naves
Jon Yu	États-Unis	<i>This affirmation</i>	Saxophone, vidéo et électronique	Joshua Hyde	M. Malt



Répétition du concert Coursus au CENTQUATRE-PARIS, juin 2021 : Matteo Gualandi, compositeur, et Grégoire Lorieux, RimCe, à sa droite. © Philippe Barbosa



Répétition du concert Coursus au CENTQUATRE-PARIS, juin 2021 : Olivia Martin, percussionniste. © Philippe Barbosa



Répétition du concert Coursus au CENTQUATRE-PARIS, juin 2021 : Jug Markovic, compositeur. © Philippe Barbosa

Pour le 30<sup>e</sup> anniversaire du Cours de composition et d'informatique musicale en 2021, un dossier rétrospectif de 10 pages a été constitué et publié dans *L'étincelle* # 21, journal de la création de l'Ircam.



### ■ 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.



#### En bref

<b>1<sup>re</sup> promotion</b>	1993
<b>Partenaires</b>	Sorbonne Université, Ircam, Télécom Paris
<b>Coordination</b>	Thomas Hélie (Ircam, CNRS) Cyrielle Fiolet (Ircam, Pédagogie et action culturelle)
<b>Correspondants Sorbonne Université</b>	Benoît Fabre (master Spl, acoustique) Emmanuel Saint-James (master informatique, SAR)
<b>Équipe enseignante</b>	25 intervenantes et intervenants
<b>Niveau</b>	Master 2
<b>Objectifs</b>	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](http://www.atiam.fr)



Thomas Hélie lors de la rentrée ATIAM. © Cyrielle Fiolet

#### Promotion 2020-2021

<b>Recrutement</b>	39 candidats Présélection sur dossier et entretiens de motivation (2 jurys composés de 4 enseignants représentant les différentes disciplines)
<b>Promotion</b>	18 étudiants Établissements d'origine : Sorbonne Université, Telecom Paris, ENS Cachan, École Polytechnique...
<b>Temps forts</b>	Départs en stage à partir de mi-février 2021 Soutenances de stage le 10 septembre 2021 en salle Stravinsky à l'Ircam
<b>Résultats</b>	17 étudiants diplômés, 1 abandon



La promotion ATIAM 2020-2021 : Angulo Florian, Arbelot Jules, Chable Paul, Chabriac Nicolas, Chouraki Louis, Dubus Gabriel, Durand Jeffery, Giro Yvan, Ji Yu, Laroche Rémi, Le Dinh-Viet-Toan, Le Bellier Georges, Riou Alain, Salvador Victor, Joshua Tuckey, Uzan Jérémy, Verrier Argan, Warion Pierre. © Deborah Lopatin

### ■ DNSEP Design sonore - ESAD TALM

#### En bref

L'École supérieure d'art et de design TALM-Le Mans s'est alliée avec l'Ircam, l'ENSCI-Les Ateliers (École nationale supérieure de création industrielle) et le Laum (Laboratoire d'acoustique de l'université du Maine) pour créer 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 2021-2022

<b>Promotion année 4</b>	Dzianisau Constantin, Guionie Paul, Ibanez-Pelouard Léonard, Larquier Marie, Macoin Clément, Vereau Kraemer Nicole
<b>Promotion année 5</b>	Clair Aline, Dollet Gabriel, Hamon François, Pan Hua-Yen, Reyner Léo-Loup, Toussaint Théo

### 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 2020-2021 (report Covid), du 15 au 26 février 2021

<b>Partenaire associé</b>	SNCF
<b>Coordination</b>	Ircam
<b>Encadrement pédagogique</b>	ESAD TALM : Rodolphe Alexis, Fabien Bourdier, Ludovic Germain, Olivier Houix Ircam : Nicolas Misdariis, Patrick Susini ENSCI : Roland Cahen

### Workshop 2021-2022, du 20 septembre au 1<sup>er</sup> octobre 2021

<b>Partenaire associé</b>	CLen
<b>Coordination</b>	ENSCI-Les Ateliers
<b>Encadrement pédagogique</b>	ESAD TALM : Rodolphe Alexis, Fabien Bourdier, Ludovic Germain, Olivier Houix Ircam : Nicolas Misdariis, Patrick Susini ENSCI : Roland Cahen



Rendu du workshop dans les locaux de CLen. © Olivier Houix



Diplôme de François Kerform. © Olivier Houix



© Philippe Barbosa

#### ■ Session de formation pour les étudiants en son de 3<sup>e</sup> année à la Fémis

Session sur Max: 10 et 12 novembre, 12 heures de formation.  
6 stagiaires: Antoine Bargain, Hugo Cohen, Anna Devillaire, Sacha Gneouchev, Valentin Keung, Joseph Squire.  
Formateur: Jean Lochard.

#### ■ 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 spatialisat

#### Année universitaire 2020-2021

5 stagiaire: Hai-Ting Liao, Ling-Hsuan Huang, Ya-Ling Wang, Jia-Jun Wu, Jerry Lin.  
12 heures de formation.

#### Année universitaire 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.  
12 heures de formation.  
Formateur: Jean Lochard.

#### ■ Chaire Supersonique «exposer, monter, habiter le son», collaboration Ircam et Beaux-Arts de Paris

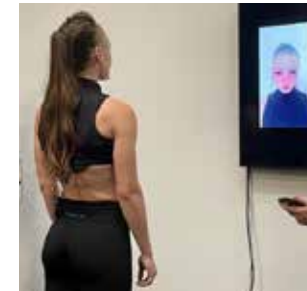
Dans le désir d'encourager le dialogue transdisciplinaire entre la composition musicale et d'autres champs de création, des projets croisés ont été mis en œuvre dans le cadre de Supersonique: un atelier de partage des méthodes et des outils pour composer l'espace sonore, visuel et sensible et imaginer une création collective aux Beaux-Arts de Paris.

«Orbital Orchestra»: restitution des projets au Théâtre des Expositions, Beaux-Arts de Paris du 16 juin au 18 juillet 2021.

Avec la participation des étudiants des Beaux-Arts de Paris: Inès Cherifi, Pierlouis Clavel, Héroïse Delcros, Sarah Konté, Meret Kraft, Thomas Lefevre, Anaïs Legros, Marc Lohner et Aliha Thalien; des compositeurs de l'Ircam: Sofia Avramidou, Oren Boneh, Didem Coskunseven et Maxime Mantovani.



Séance de travail aux Beaux-Arts de Paris, avec Maxime Mantovani et Oren Boneh à sa droite, compositeurs, mai 2021. © DR



Anaïs Legros, étudiante aux Beaux-Arts de Paris, devant son installation pour Supersonique, juillet 2021.  
© Deborah Lopatin

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

Séminaire rencontre artistiques: Sébastien Roux (1<sup>er</sup> mars 2021), Georges Aperghis, Nicolas Donin (6 avril 2021).

Réalisation d'un film sous la forme d'un feuilleton en 4 épisodes rendant compte du processus d'élaboration des projets de la chaire Supersonique.

Réalisation: Gisèle Production – Arnaud Méthivier.

### ■ Parcours musique mixte 2020-2021

Encadrement pédagogique : Simone Conforti, Jean Lochard, Sébastien Naves (Ircam), Matteo Cesari (Pôle Sup'93). Siwoong Choi (accordéon), Volodia Lambert (contrebasse), Anna Killy (flûte), Shoko Ogoshi (piano), Augustin D'Oliveira, élèves musiciens du 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 travaillé tout au long d'un parcours déroulé sur plusieurs séances :

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 fin mars 2021.

Phase 2 : travail des pièces avec les RIMs stagiaires de l'atelier des musiques mixtes pendant l'académie ManiFeste. Concert donné dans la petite salle du Centre Pompidou le 25 juin 2021. Public : 80 personnes.



À l'auditorium du Pôle Sup'93 avec Siwoong Choi, accordéoniste, et l'équipe technique Ircam. © Alain Richard



Élèves ingénieurs du son à l'École Louis-Lumière et Sébastien Naves, RimCe, lors d'un atelier à l'Ircam, en studio, juin 2021 (académie-ManiFeste). © Murielle Ducas

### ■ Atelier de captation des musiques mixtes Académie ManiFeste-2021

Participants : Nicolas Akl, Léo Battle, Florent Goetgheluck, Valentin Marguery, Esteban Serna-Fluttaz, Samuel-Achkar Wade, élèves ingénieurs du son de l'ENS Louis-Lumière.

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, multi-canal et binaural.

### ■ Doctorat de musique : recherche en composition Journées de séminaire doctoral

Les thèses en recherche-création permettent d'articuler finement pratique artistique et approche théorique d'une part, recherche et création d'autre part. Ces premières journées, à destination des doctorants qui ont abouti à une thèse en « composition et technologie », visent à permettre leur rencontre, à partager leurs réflexions et leurs travaux autour des questions de recherche musicale, avec l'objectif de mieux faire connaître la communauté, partager les ressources et impulser une dynamique au niveau

national. Un temps de présentation leur permettra d'exposer leur sujet, les problématiques étudiées ainsi que les enjeux sur le plan technologique. Deux interventions méthodologiques permettront de mieux cerner les enjeux et les attentes actuelles de ce nouveau dispositif.

#### Mardi 29 juin

10h	Accueil, visite des locaux de l'Ircam	
10h30	Introduction (salle Stravinsky)	Jean-Louis Givatto
10h45	Présentation de thèse	Ariadna Adsina, Isotta Trastevere, Florent Caron Darras
11h45	Conférence : Qu'est-ce que la recherche en art ?	N. Donin, V. Tiffon
14h30	Présentation	Daphné Hejebri, Adrien Zani, Paul Goutman
15h30	Méthodologie : Qu'est-ce que n'est pas une thèse en composition ?	Mikhail Malt
16h15	Échanges	
17h	Présentation de thèse	Nicolas Medero Larrosa, Matias Fernandez Rosales, Sergio Rodrigo
18h	Démonstration Ambisonic/visite de la médiathèque	

#### Mercredi 30 juin

9h30	Présentation de thèse	Ludmila Postel, Adèle De Baudouin
10h30	Table ronde avec échanges dans la salle : intervention sur les aspects formels d'une inscription en thèse à l'université, intervention des institutions (CNSM, Strasbourg, PRISM, Paris 8, Évry)	Jean-Louis Givatto, Olivier Pasquet, CNSM, Strasbourg, Prism, Paris 8, Évry
14h30	Répétition de Répons Philharmonie	

## FORMATION PROFESSIONNELLE

### ■ Formations

Saison 2020/2021	Dates	Lieu	Durée	Stagiaires	Formateurs
Initiation Design d'expériences audio sur le web	11-13 janvier	Ircam	18h	4	B. Matuszewski
Max Initiation session 2 Certification Max niveau 1	1-6 février	Ircam	36h	6	G. Lorieux, S. Naves
Max Perfectionnement session 2 Certification Max niveau 2	15-20 mars	Ircam	36h	6	M. Malt, S. Naves
Initiation Modalys	1-3 avril	Ircam	18h	3	J. Lochard
Initiation Max4Live	6-10 avril	Ircam	30h	4	J. Lochard, S. Naves
Initiation Capteurs, interfaces et machine learning	4-7 mai	Ircam	24h	3	F. Bevilacqua, E. Fléty, J. Lochard
Saison 2021/2022	Dates	Lieu	Durée	Stagiaires	Formateurs
Max Initiation session 1 Certification Max niveau 1	15-20 novembre	Ircam	36h	10	C. J. Scroccaro, S. Naves
Initiation TS2 Transposition et stretching	14-15 octobre	Zoom	12h	3	J. Lochard
Max Initiation en anglais	2-3 novembre 8-9 novembre 29-30 novembre 6-7 décembre	Zoom	24h	6	S. Conforti
OpenMusic	8-11 décembre	Ircam	24h	4	G. Lorieux
<b>10 formations maintenues</b>	<b>39 jours et 8 demi-journées</b>		<b>258h</b>	<b>49 stagiaires</b>	<b>9 formateurs</b>

La présentation du programme de la formation professionnelle s'est déroulée le vendredi 17 septembre 2021, de 11h à 13h, retransmission en direct sur la chaîne YouTube de l'Ircam.

### ■ Certifications

Mise en place de deux certifications Max depuis septembre 2016 : Max niveau 1 et Max niveau 2. Ces certifications ont pour but d'évaluer le niveau des stagiaires sur Max en testant leur capacité à concevoir, implémenter et utiliser des applications créées avec le logiciel. Les résultats obtenus permettent de situer les stagiaires sur une échelle de compétences.

La certification Max niveau 1 est enregistrée au Répertoire spécifique des certifications et des habilitations (RSCH) qui remplace l'inventaire de la Commission nationale de la formation professionnelle (<http://inventaire.cncp.gouv.fr/fiches/2404/>) dans le cadre de la réforme professionnelle.

### ■ Qualité et certification



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

La marque « Qualiopi », créée dans le cadre de la loi du 5 septembre 2018 pour la liberté de choisir son avenir professionnel, a pour but d'attester de la qualité des processus mis en œuvre par les organismes de formation.

Pour les entreprises et les participants aux formations, elle offre un double avantage :

- une meilleure lisibilité de l'offre de formation ;
- la possibilité de continuer à accéder aux fonds publics et mutualisés pour le financement des formations après le 1<sup>er</sup> janvier 2022.

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

## ACTION CULTURELLE

### ■ Les ateliers de la création

Direction des publics, Centre Pompidou : Émilie Bonnet.

Département pédagogie et action culturelle : Sophie Chassard, Philippe Langlois.

### Chiffres clés

- 2 établissements scolaires
- 2 classes
- 55 élèves au total

### Journée de restitution à Grenoble

La journée de restitution nationale prévue initialement le 13 mai 2020 a été donnée localement à Grenoble en raison de la crise sanitaire et du confinement.



Restitution des ateliers de la création au musée de Grenoble, en présence de l'artiste. © Philippe Langlois

Ville	Établissement	Classe	Partenaire arts visuels	Partenaire arts du son	Œuvre
Grenoble	Lycée Guynemer de Grenoble	29 élèves de 1 <sup>re</sup> pro MMCM (Maintenance matériels construction et manutention)	Musée de Grenoble	Grame, Centre national de création musicale	Duncan Willie, <i>Cabin Fever</i> , 2009, huile sur toile, 207 × 300 cm.
Riom	Lycée professionnel Pierre Joël Bonté	2 <sup>de</sup> SAPAT : Service aux personnes et aux territoires 26 élèves	Musée Mandet de Riom	Festival Musiques démesurées	<i>Gaïa</i> de Julien Salaud au Musée Mandet

En raison de la crise sanitaire, le lycée de Riom n'a pas pu achever le projet qui a été reporté en 2021-2022.

## ■ Parcours d'éducation artistique et culturelle

### Chiffres clés

Trois projets mis en place en 2021, restitution mai et juin 2022 :

- 3 établissements scolaires (1 lycée, 1 collège, 1 école élémentaire)
- 2 établissements à Bagnaux avec le soutien du mécénat de la société Fiminco  
– Replay Cultural Heritage

Collège Joliot-Curie, Bagnaux (24 élèves).

Un projet européen (ULYSSES) à destination d'une classe de lycéens ou collégiens permettant d'appréhender, de s'approprier et de recréer une œuvre musicale contemporaine.

– Dessiner la musique

École élémentaire Maurice-Thorez, Bagnaux (28 élèves de CM2).

Un projet nouveau, ouvrant l'action pédagogique à un public plus jeune (classe niveau élémentaire).

- Musique-Fiction pédagogique  
Lycée Lucie-Aubrac de Pantin (28 élèves de 1<sup>re</sup> électro-technique).

Encadrement pédagogique, composition musicale et sonore : Grégoire Lorieux.

Mise en son : Nathalie Pivain.

Écriture : Nicolas Doutey.

Conduite de projet : Emmanuelle Zoll, Salomé Bazin.

Les PEAC avec la ville de Bagnaux sont des reports de 2020-2021 du fait de la crise sanitaire.

### ■ Rencontres métiers

En collaboration avec le service Communication et partenariats, le département Pédagogie et action culturelle propose des rencontres métiers, une action pédagogique donnant un accès personnalisé aux spécificités de l'institut, en présentant à des classes du collège, du lycée et de l'université des métiers au croisement entre création artistique et recherche scientifique.

Du fait de la crise sanitaire, les rencontres métiers ont été suspendues en 2021 et reprendront en 2022.

### ■ Dossier pédagogique

Le département Pédagogie et action culturelle, en collaboration avec le service Communication et partenariats, a lancé la réalisation d'une plateforme pédagogique à destination des scolaires, des enseignants et du grand public, 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. Sa mise en ligne est prévue pour le second semestre 2022.

### Portraits métiers

En 2021, 15 portraits d'Ircamiens ont été produits dans le cadre de la série vidéo *Les métiers de l'Ircam*, initiée en 2020 et réalisée par Véronique Caye.

La série a pour vocation d'intégrer la plateforme pédagogique.

Découvrir les métiers de l'Ircam : [https://www.youtube.com/playlist?list=PL6MqWe5aRuOD628iLy0axoP8Sv1q\\_3SQj](https://www.youtube.com/playlist?list=PL6MqWe5aRuOD628iLy0axoP8Sv1q_3SQj)

### En bref

<b>Format</b>	Plateforme numérique en ligne
<b>Public</b>	Scolaires, enseignants, grand public
<b>Type de ressources</b>	Vidéos, interviews, articles, activités pédagogiques...
<b>Partenaires</b>	Département Pédagogie et action culturelle Service Communication et partenariats

### Portraits métiers

Dans le cadre du dossier pédagogique et dans la continuité des rencontres métiers, lancement de la réalisation de la série vidéo

*Portraits métiers de l'Ircam*.

<b>Format</b>	Vidéos d'environ 3 minutes : interview d'une personne de l'Ircam présentant son métier et son parcours
<b>Public</b>	Scolaires, enseignants, grand public Personne souhaitant travailler à l'Ircam
<b>Partenaires</b>	Département Pédagogie et action culturelle (coordination) Service Communication et partenariats Service des Ressources humaines
<b>Réalisatrice</b>	Véronique Caye
<b>Pilote</b>	Métier de RIM, Serge Lemouton Début du tournage en décembre 2020 15 épisodes tournés en 2021.





Séance de travail avec Marta Gentilucci en studio à l'Ircam, juillet 2019.  
© Vivianne Perelmutter

#### MÉDIATION CULTURELLE

##### ■ Images d'une œuvre n° 27 : *Canzoniere Part I & II* de Marta Gentilucci

Film d'Isabelle Ingold et Vivianne Perelmutter, avec la collaboration de Michèle Tosi.

Durée : 26 minutes.

Diffusion du film en ligne à partir de février 2021.

Le film rend compte d'une manière très sensible et intime de son travail sur le vibrato, la distorsion, son exigence et sa volonté de faire entendre certaines parties des sons en les « magnifiant », sa force de travail avec les différents collaborateurs de l'Ircam (RIMs, scientifiques...) et son engagement à la fois dans le dialogue avec les chanteurs et dans sa maîtrise technique.

Coordination audiovisuelle : Murielle Ducas.



TACT © Zoe Aegerter

#### INGÉNIERIE CULTURELLE

##### ■ TACT - Toucher/auditionner/composer/transmettre Dispositif graphique et sonore interactif

Commande de l'Ircam – Centre Pompidou

Prototype présenté au Centre Pompidou du 24 au 29 novembre 2021, dans le cadre de son développement en vue d'une présentation au mois de juin 2022 au Centre Pompidou dans le cadre du festival ManiFeste.

TACT est un dispositif visuel et sonore conçu par un collectif de jeunes artistes qui propose au public un voyage virtuel dans le paysage parisien.

Pensé sous la forme d'un dispositif interactif sur écran tactile, le prototype de l'œuvre est installé au 6<sup>e</sup> étage du Centre Pompidou. Une fois passée l'ascension spectaculaire au-dessus des toits de Paris, les visiteurs sont invités à vivre une seconde expérience du panorama environnant, offerte par l'architecture numérique du dispositif.

À travers des gestes imaginés, seul ou collectivement, sur l'écran, vous déclencherez la métamorphose visuelle et sonore du dispositif et improviserez avec une partition ouverte.

L'équipe artistique du projet sera présente pour vous guider dans votre expérience et recueillir vos impressions, vos idées, vos cri-

tiques. Ce processus de création participatif est une part très importante de la réalisation de TACT, car vos retours nous permettront d'enrichir l'expérience artistique proposée.

Design : Zoé Aegerter

Création et design sonores : Romain Barthélémy

Développement : Pascal Vaccaro

Réalisateur en informatique musicale : Frédéric Voisin

Photos : Quentin Chevrier

Conduite de projet : Emmanuelle Zoll, Salomé Bazin

#### PÔLE DOCUMENTAIRE

##### ■ Médiathèque

La médiathèque a repris ses horaires normaux, en alternance avec des périodes de « drive » mises en place lors des confinements.

##### Nouvelles entrées au catalogue

194 documents ont intégré notre fonds, parmi lesquels 85 en dons (de particuliers, de compositeurs). La liste des 109 acquisitions et des abonnements peut être consultée à cette adresse : <https://www.ircam.fr/media/uploads/transmission/Ressources/nouveautes2021-mediathèque-ircam.pdf>

Livres	82
Partitions	11
CD-DVD	25
Abonnements	76
<b>Nombre total de documents entrés dans le catalogue (hors dons)</b>	<b>194</b>

##### Accueil des lecteurs

Nombre de lecteurs accueillis	505
-------------------------------	-----

Nous pouvons noter un rebond de fréquentation post-pandémie. Sur toute l'année, nous avons « reçu » 505 lecteurs, contre 430 en 2020.

### 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 : Eric de Gélis (service production), Aurore Baudin et Jérôme Boutinot.

Nombre de fichiers médias ajoutés	184
-----------------------------------	-----

### ■ Valorisation documentaire

Expositions in situ

Une exposition s'est tenue en 2021 à la médiathèque. Cette exposition a permis de faire un focus sur la promotion 2020-2021 du Cursus.

Dates	Titre de l'exposition	En lien avec
Septembre-décembre 2021	Les compositeurs du Cursus 20-21	Rentrée du Cursus 2021-2022

Activité pédagogique

En octobre 2021, nous avons accueilli les étudiants du diplôme Ingénierie sonore de l'INA 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, pour des équipes de la Médiathèque musicale de Paris, ainsi que pour des étudiants en médiation culturelle de la Maison de la musique contemporaine.

### Base de données BRAHMS

Nombre d'utilisateurs	188 929
Nombre de sessions ouvertes	288 000
Pages vues	698 843

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 2020 et le premier trimestre 2021.

Les nouvelles commandes de dossiers avec parcours 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 (réalisateur en informatique musicale)  
Fanny Gribenski (musicologue)  
Michèle Tosi (musicologue)

L'ISSN de BRAHMS est 2557-8928.

Enrichissement	Compositeurs	Auteurs
30 nouveaux dossiers	Ann Cleare, Wendy Carlos, Ricardo Nillni, Ana Lara, Sofia Avramidou, Oren Boneh, Adrien Trybucki, Clemens Gaddenstätter, Tania Leon, Hanna Hartman, Maxime Mantovani, Malte Giesen, Mayu Hirano, Rachel Beja, Mirela Ivcevic, Jug Markovic, Pasquale Corrado, Arturo Fuentes, Gordon Kampe, Dmitri Kourliandski, Kirsten Milenko, Yves Chauris, Fernando Garneró, Arthur Lavandier, Johannes Boris Borowski, Feliz Anne Reyes Macahis, Alvin Lucier, Christopher Fox, Meredith Monk, Fabio Nieder	Aurore Baudin, Jérôme Boutinot, Sandra El-Fakhouri, Chloé Breillot
7 nouveaux parcours de l'œuvre	Friedrich Cerha, Ivo Malec, Bernard Heidsieck, Horacio Vaggione, Betsy Jolas, Alvin Lucier, Cristobal Halffter	Pierre Rigaudière, Michèle Tosi, Anne-Christine Royère, Makis Solomos, Alban Rameau, Matthieu Saladin, German Gan Quesada,
61 dossiers mis à jour		Aurore Baudin, Jérôme Boutinot
2 analyses d'œuvres	Jean-Claude Risset ( <i>Songes</i> ), Jesper Nordin ( <i>Sculpting the Air</i> )	Vincent Tiffon, João Svidzinski, François-Xavier Féron, Baptiste Bacot

### ■ Ressources 2.0

Lancement et avancée du chantier pour l'élaboration du nouveau portail (réalisation de prototypes avec le POW et la Com, et le graphiste Jérémie Paul).

### ■ Traduction de BRAHMS

Lancement de la campagne de traduction de la base BRAHMS (38 % traduits en 2021, date de mise en ligne à déterminer en 2022).



Visite d'une classe élémentaire  
à la médiathèque de l'Ircam.  
© Philippe Langlois

## Informatique

Le service informatique assure la mise en place et la maintenance de l'infrastructure informatique et réseaux de l'Ircam. Il 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 certains projets de recherche ou artistiques.

En collaboration avec l'ensemble des services et équipes de l'Ircam, il 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.

Les principaux projets menés en 2021 sont résumés ci-après.

### ■ Fin de la migration des services de partage de fichiers et d'authentification des utilisateurs

Le changement de solution logicielle de partage de fichiers a permis l'évolution de notre système d'authentification des utilisateurs. Cette nouvelle solution de partage est basée sur un logiciel libre (Samba) et un nouveau système de fichiers (ZFS) sur des serveurs Linux (Debian). Ces choix apportent une meilleure visibilité en matière d'évolution, ainsi qu'un grand nombre d'avantages technologiques.

La base utilisateur et l'authentification sont maintenant unifiées avec le reste des services de l'Ircam et répliquées sur plusieurs serveurs. De plus, le nouveau système de fichiers permet de gagner en performance au niveau du stockage, en implémentant une compression des données sur disque à la volée, et en fiabilité grâce à la prise d'instantanés (snapshots ZFS), permettant de restaurer et sauvegarder les données de façon beaucoup plus souple. Enfin, toute l'architecture et les données hébergées sont redondantes.

### ■ Développement d'un système d'authentification pour le Web

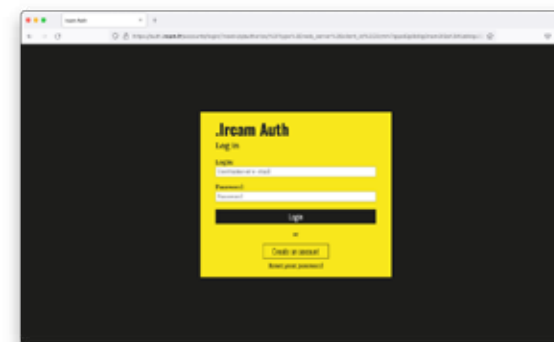
Un travail collaboratif a été mené avec le pôle Web (POW) afin de faire converger nos bases utilisateur et proposer une authentification unique (Ircam Auth).

Jusqu'à présent, le service informatique gérait les utilisateurs internes et le pôle Web les externes (forum.ircam.fr, formations.ircam.fr).

L'interfaçage de nos bases utilisateur permet de proposer une authentification avec un compte unique sur nos différents services, qu'ils soient développés par le pôle Web ou l'équipe système, et donc que l'utilisateur soit interne ou externe à l'Ircam.

Par ailleurs, un travail coordonné avec le pôle Web a permis de mettre à jour et de déployer de nouvelles versions de plusieurs sites majeurs (medias.ircam.fr, stms-lab.ircam.fr, forum.ircam.fr)

et de continuer l'intégration des outils développés par le pôle Web dans notre écosystème logiciel.



Fenêtre de connexion via le système d'authentification à compte unique Ircam Auth

### ■ Évolution de la sauvegarde des postes utilisateur

Les multiples confinements ont conduit à la généralisation de l'utilisation d'ordinateurs portables.

De ce fait, l'ancienne stratégie consistant à sauvegarder les postes par un serveur central (à l'initiative de celui-ci) ne fonctionne plus. Pour y remédier, nous avons doté chaque utilisateur d'un ordinateur portable et d'un disque externe pour qu'il puisse assurer ses propres sauvegardes (avec la technologie TimeMachine d'Apple). En complément, nous avons testé cette même technologie en réseau sur un serveur dédié. Cette solution fonctionne en réseau filaire, en wifi et en VPN (à l'initiative du client) et sera déployée en 2022.



Évolution de la sauvegarde des postes utilisateur.

### ■ Refonte de l'Intranet

En lien avec le service des Ressources humaines et avec l'aide d'un groupe de travail constitué de représentants des différents services, nous avons travaillé à la refonte de notre site Intranet.

En conservant un système de wiki, une nouvelle technologie a été choisie (Dokuwiki).

Ce nouveau site est plus simple d'utilisation pour les utilisateurs et permet la mise en ligne de contenus plus riches et plus dynamiques (vidéo, galerie d'images...).

Par ailleurs, l'arborescence et les contenus ont été revus et mis à jour afin d'être plus adaptés aux besoins exprimés (fiches pratiques, actualités, documentation des différents outils...). Nous avons également développé un trombinoscope et un organigramme intégrés au nouveau site.

Outre ces avantages utilisateur, cette nouvelle technologie est également plus simple à maintenir et à interfacer avec nos autres outils.

Nous avons également initié des formations afin d'accompagner nos utilisateurs dans la prise en main de ce nouvel Intranet, ainsi que des différents outils qui lui sont associés (messagerie instantanée, service de visioconférence, cloud de partage de fichiers).



Refonte de l'Intranet.

### ■ Cloisonnement et rationalisation des réseaux

La refonte du réseau informatique est terminée pour le bâtiment A (espace Recherche et production). L'idée générale est de scinder le réseau en sous-zones géographiques et/ou logiques pour éviter la propagation d'éventuels incidents, dus à des expérimentations de recherche, de création artistique ou à des pannes.

Par exemple, les studios de la production sont dans une zone réseau isolée leur permettant l'utilisation de protocoles et technologies (Dante, OSC, DHCP) entre plusieurs studios, sans risquer d'impacter les autres espaces et utilisateurs.

Ce cloisonnement doit maintenant se continuer dans les autres espaces.

Par ailleurs, un réseau audio numérique (Dante) privé et cloisonné a été déployé dans différents espaces. Il permet de créer des groupes physiques d'équipements et d'interconnecter les studios de production, la salle Stravinsky, les espaces ingénieurs du son et RIM, la Vigie, et prochainement l'Espace de projection. Il est également possible au besoin d'étendre ce réseau aux Grande Salle et Petite Salle du Centre Pompidou.

De manière similaire, nous avons commencé la mise en place d'un réseau vidéo optique.

Pour l'instant, il relie le studio 5 de la production à la salle Stravinsky, et bientôt l'Espace de projection. Il permet de récupérer le signal et de piloter des caméras dans ces différents espaces depuis un lieu unique.

Enfin, un travail de standardisation et d'installation de patch réseau dans les studios est en cours afin de faciliter leur exploitation par les différentes équipes.



Cloisonnement et rationalisation des réseaux

### ■ Hébergement serveurs

Une rationalisation du matériel et du logiciel d'hébergement a été initiée. L'objectif étant d'optimiser l'utilisation de l'espace d'hébergement disponible, tout en répondant aux besoins de serveurs et services croissants (principalement calcul GPU, stockage de données et hébergement web).

Les serveurs physiques d'infrastructure sont hébergés, ou en cours de migration, vers des « micro-lames » permettant de mutualiser l'alimentation électrique et les accès réseau en optimisant l'espace, et sont doublés d'une copie virtualisée.

Le cluster de virtualisation (OpenNebula) est basé sur deux technologies (KVM et LxC) en fonction de la taille des services et des ressources nécessaires. La migration de ce cluster sur une infrastructure réseau plus rapide (10 Gb/s) a commencé cette année.

Un nouvel espace a été équipé afin d'accueillir les nouvelles et futures machines de calcul GPU des équipes de recherche.

### ■ Enseignement à distance

Nos équipements et technologies d'enseignement à distance ont été mises à jour cette année.

La plateforme d'enseignement en ligne (Moodle) a été migrée d'une machine virtuelle à une machine physique, améliorant ainsi les performances et la capacité de stockage.

Un travail a été mené avec le service Pédagogie sur l'intégration de solutions de visioconférences (JitsiMeet, BigBlueButton, Zoom) dans cette plateforme, avec un effort particulier apporté à la qualité audio et la possibilité de transmission multicanale.

Enfin, des solutions d'enseignement à distance et de visioconférences ont été proposées et déployées dans les salles de cours et de réunion.



Enseignement à distance.

### ■ Participation à la diffusion des événements Ircam en ligne

En lien avec la Production, un travail a été réalisé sur la mise en place de solutions de diffusion audio et/ou vidéo (Web radio ou streaming vidéo) des événements, conférences et concerts de l'Ircam.

Les besoins du festival ManiFeste, cette année mixte (ouvert au public et en ligne), nous ont amenés à déployer des réseaux informatiques dans différents lieux partenaires (Centre Pompidou, CENTQUATRE-PARIS, Théâtre de Gennevilliers...).

Nous avons également étudié et validé la possibilité de diffuser les concerts via une connexion 4G, comme méthode secondaire pour nos concerts hors les murs.

L'équipe a également participé à la mise en place de réseaux et de serveurs dans le cadre du concert augmenté *Music of Choices* en lien avec l'équipe ISMM, permettant au public de voter et influencer sur le contenu du concert, au Centre Pompidou dans le cadre du festival ManiFeste.

## Pôle web (POW)

Le pôle Web (PoW) assure la coordination, le développement et la maintenance des applications orientées web et data pour l'ensemble des services de l'Ircam dans le cadre de projets collaboratifs internes ou externes de recherche, de développement et d'innovation ouverte. Ce pôle s'inscrit dans une volonté de mutualisation des ressources en développement agile, de factorisation des moyens technologiques pérennes et d'optimisation des flux de données numériques sociales, scientifiques et musicales entre les équipes et les communautés.

### ■ Missions

- Gestion de projet, expertise, assistance à la maîtrise d'ouvrage pour le développement d'applications web dédiées.
- Architecture, ingénierie et développement logiciel.
- Administration, documentation, déploiement et maintenance des applications et de leurs données.
- Recherche et veille technologique, notamment des briques open source et des outils administratifs.

### ■ Membres

- Guillaume Pellerin (responsable)
- Martin Desrumaux
- Clément Gérard
- Denis Rouiller (stagiaire)
- Romain Herbelleau (stagiaire)

### ■ Projets et activités

#### Pôle Documentaire (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 activée pour :

- consolider l'intégration au site [www.ircam.fr](http://www.ircam.fr);
  - intégrer de nouvelles fonctionnalités de gestion de données (traduction collaborative, téléversement de fichiers lourds, monitoring du stockage, nouveau système de transcodage audio-visuel);
  - automatiser le test et le déploiement des applications (CI/CD).
- Dans l'objectif d'une unification totale de l'interface utilisateur pour la recherche de contenus, une nouvelle interface a été conçue avec un designer. Cette nouvelle version du *frontend*, adjointe à un moteur de recherche unifié basé sur GraphQL, permettra de rendre les bases de données plus interopérables, de faciliter la recherche et la découverte croisée et de proposer une nouvelle expérience de lecture sonifiée.

### ■ WWW/STMS

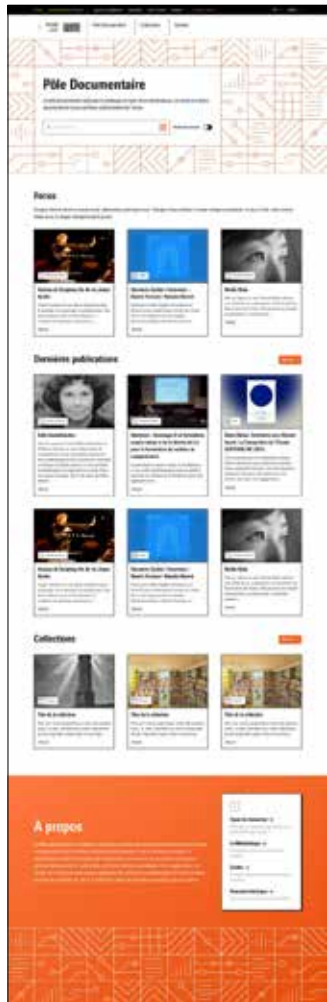
<https://www.ircam.fr/>

<https://www.stms-lab.fr/>

Sur l'instance Mezzo commune au site web de l'institut et celui du laboratoire STMS, les activités se sont concentrées sur des corrections de bugs et une mise à jour de l'ensemble des composants dont les frameworks Django et Mezzanine dans leurs dernières versions stables. Une automatisation des tests et du déploiement a été instaurée.

#### ManiFeste-2021

Le site du festival ManiFeste-2021 a été produit sur une base Mezzo, dans la continuité des versions de 2017 à 2020. Des fonctionnalités de gestion et d'affichage de flux YouTube ont été ajoutées. Comme prévu, le thème de l'interface 2020 a été réutilisé et les styles actualisés.



Design de la page d'accueil de la future application du pôle Documentaire (partie haute et partie basse).



Page d'accueil du site web ManiFeste-2021.



## Forum

La plateforme Forum est un ensemble applicatif au service des développeurs et usagers des logiciels Ircam, mais aussi d'autres projets technologiques et/ou artistiques. Elle rassemble une large communauté dont chaque membre peut créer un compte, s'abonner et interagir. Il s'agit donc tout d'abord d'établir un support régulier aux utilisateurs et aux administrateurs. Une grande opération de *refactoring* technique a été menée pour faciliter la maintenance à long terme des composants de *frontend* :

- réécriture du *front-end* avec Vue 3, Typescript ;
- remplacement des *inline-templates* par des *web components* ;
- ajout du typage pour une plus grande robustesse et une meilleure maintenance ;
- remplacement de Webpack par Vite : facilité de développement (HMR), simplification de la configuration de *build* ;
- mises à jour : Vue (2->3), SASS (node-sass dart-sass).

Parallèlement, la boutique (le Shop) a été largement déboguée et agrémentée d'outils d'export permettant la mise en conformité comptable des opérations d'abonnement. De nombreux tests et mise en production ont été automatisés de sorte à contrôler continûment la chaîne de production. Un cahier des charges a été produit pour améliorer la qualité éditoriale et ergonomique de l'application. Plus spécifiquement, un nouveau design de gestion de *releases* a été défini en collaboration avec les usagers pour affiner la description, la granularité et la traçabilité des *assets* des logiciels publiés.



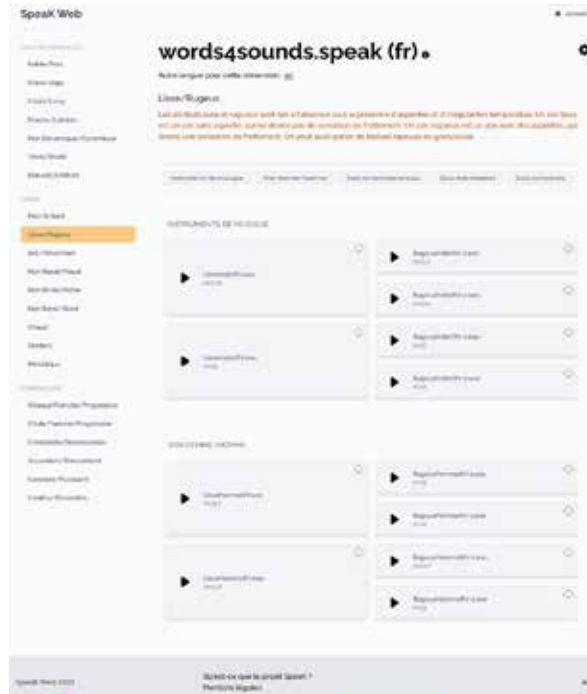
### [Ircam-Auth](#)

Le système d'authentification initialement développé pour le Forum a été consolidé et étendu dans le cadre du stage de Denis Rouiller en liaison avec le service Informatique. Il est désormais intégré à WWW, STMS et Ressources. Nous avons mis en œuvre un protocole qui permet de prendre en compte les allers et venues de collaborateurs vers et hors de l'Ircam. Par exemple, une personne ayant un compte Ircam-Auth et qui rejoindrait le laboratoire pendant une certaine période pourra garder le même profil avant, pendant et après son séjour. Cette continuité permet d'assurer une fidélisation des communautés à long terme à travers nos applications collaboratives et sociales (Forum et Mattermost par exemple).

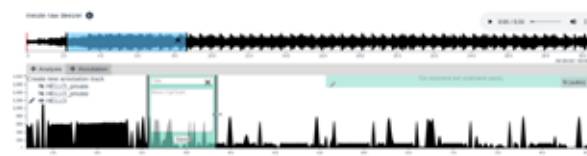
### [SpeaK-Web](#)

Le projet SpeaK est une plateforme d'organisation, de présentation et de partage de lexiques sonores développée sous la supervision de l'équipe Perception et design sonores dans le cadre d'une Unité projet innovation (UPI) 2019. Nous avons assuré la gestion agile du projet, la coordination technique d'un prestataire pour le développement du *frontend* et mis en place le déploiement automatisé sur l'infrastructure du Forum. Ce développement a été l'occasion de tester et mettre en œuvre un nouveau type d'architecture dite *Headless* qui permet de séparer la partie *backend* du CMS dynamique de la partie *frontend* compilée. L'application obtenue est alors statique et beaucoup plus facile à maintenir dans le temps, quand bien même le *backend* s'avérerait obsolète ou les producteurs de contenus non actifs.

Si la première version réserve l'édition à l'équipe PDS et ses proches partenaires qui ont produit le premier lexique *words4sounds.speak*, il s'agit de proposer à moyen terme un mode d'édition collaboratif ouvert à d'autres communautés de designers.



Page de lecture comparée du timbre lisse/rugueux du lexique *words4sounds.speak* dans l'application *Speak Web*.



Page de lecture d'un item sonore avec une pistes d'analyse f0 et d'annotation superposée dans l'application *timeside-player*.

### ■ TimeSide

<https://github.com/Ircam-RnD/TimeSide>  
<https://github.com/Ircam-Web/timeside-player>  
<https://github.com/Ircam-Web/timeside-sdk-js>

Le développement du framework et de l'API d'analyse audio a fait l'objet d'un stage de fin d'étude de Romain Herbelleau. De nombreux tests unitaires ont été ajoutés pour consolider la partie calculatoire (core) et faciliter la production de plugins. L'API RESTful a été optimisée pour faciliter la production d'analyse depuis une application externe grâce notamment au SDK JavaScript dédié. Le player a été agrémenté d'un nouveau système d'annotation textuelle en superposition des *tracks* d'analyse qui ont elles-mêmes été étendues à l'ensemble des types d'analyzers (vectoriel, bitmap, valeur absolue, etc.). Un partenariat a été initié avec la BnF à travers Ircam Amplify pour tenter d'intégrer un player augmenté aux interfaces web de recherche et de lecture documentaire audiovisuelle.

### ■ Infrastructure et outillage

Dans l'optique de faciliter le développement, pérenniser les bonnes pratiques, limiter les régressions et rendre plus robustes et reproductibles nos applications, des techniques d'intégration et le déploiement continu (CI/CD) orientées *devops* ont été mises en œuvre. Les images applicatives sont désormais automatiquement produites, testées (*linting*, *unittests*, *security reports*, *e2e tests*) et déployées à chaque *commit*, potentiellement sans coupure de service (Docker Swarm, *blue/green deployment*). Des registres d'images ont été déployés et outillés de sorte à ne garder que les versions applicatives majeures. Le monitoring et l'observabilité des applications ont été améliorés pour prévenir les bugs dans un temps minimal.

## Les travaux de l'Espace de Projection

Le chantier de désamiantage de l'Espace de Projection s'est poursuivi tout au long de l'année 2021.

Passées quelques difficultés techniques, l'OPPIC qui assure depuis 2014 la maîtrise d'ouvrage, en collaboration avec le cabinet d'architecte Clé Millet, livrera le chantier au premier trimestre 2022.

À la livraison du chantier, les équipes du service production de l'Ircam intégreront les espaces afin de préparer la future exploitation de la salle sur l'ensemble du pilotage des éléments scéniques. L'Espace de Projection devrait ainsi retrouver son public pour le concert d'ouverture du festival ManiFeste-2022.

Rappel des objectifs :

### ■ Volet 1 – Contraintes liées à l'amiante

Le scénario retenu au terme des études de faisabilité prévoit le retrait des matériaux amiantés de l'Espro et des locaux annexes ainsi que le remplacement des réseaux CVCD.

### ■ Volet 2 – Mise en conformité et entretien

Une rénovation, mise en conformité de l'environnement et des équipements :

- La totalité des câbles courant fort de la machinerie, des PC, de l'éclairage, des prises et autres appareils de puissance sera remplacée ;
- L'installation courant faible sera renouvelée et mise aux normes ;

- La plomberie, tant en ce qui concerne les alimentations que les évacuations, sera revue, permettant un dimensionnement adéquat et une meilleure maîtrise des consommations ;
- Le revêtement de sol de l'Espro sera remplacé ainsi que ses menuiseries (portes) présentant des dysfonctionnements ; les habillages métalliques du foyer et les cloisonnements dégradés seront changés ;
- Tous les équipements immobiliers solidaires du gros œuvre seront contrôlés et mis en conformité.

### ■ Volet 3 – Intégration numérique

Il s'agit de faire évoluer les équipements de l'Espro pour en conserver les potentialités d'adaptation :

- Remplacement des moteurs de périactes, des modules et interfaces de commande, des réseaux courants fort et faible ;
- Création d'un nodal cœur numérique.

## Le schéma directeur du Centre Georges Pompidou – côté Ircam

Le Centre Pompidou a développé un schéma directeur pour assurer la rénovation et la pérennité de ses bâtiments auxquels l'Ircam est intégré.

L'objectif principal des travaux est d'optimiser l'étanchéité des bâtiments et d'améliorer le bilan énergétique (électricité et climatisation).

Ce plan fera aussi l'objet d'une opération de désamiantage pour le bâtiment C et de travaux liés à l'accessibilité des personnes en situation de handicap (Ad'AP).

Le Centre, sous le pilotage de l'OPPIC, a arrêté le scénario de travaux en site fermé.

Pour l'Ircam, la durée des travaux est estimée à un an et demi et la coordination est toujours en réflexion :

À ce jour, deux scénarios sont encore à l'étude :

- Travaux réalisés in situ en conservant une activité de l'Ircam en parallèle sur site ;
- Travaux réalisés ex situ avec une activité Ircam déportée dans un site temporaire pour la durée des travaux.

La réponse de ces études sera rendue publique au second semestre de l'année 2022.

**ircam**  
Centre  
Pompidou

