

Ces lieux où ingénieurs et musiciens convergent Those Places where Engineers and Musicians Converge

Cléo Palacio-Quintin

Volume 24, numéro 2, 2014

La recherche musicale : aux croisements de l'art et de la science

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1026181ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1026181ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

1183-1693 (imprimé)

1488-9692 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Palacio-Quintin, C. (2014). Ces lieux où ingénieurs et musiciens convergent. *Circuit*, 24(2), 9–30. <https://doi.org/10.7202/1026181ar>

Résumé de l'article

Particulièrement au cours du xx^e siècle, le développement des technologies d'enregistrement du son, puis de l'informatique, ont révolutionné la pratique musicale de nombreux créateurs. Le musicien, intéressé par les possibilités sonores inouïes qu'offrent ces nouveaux outils, deviendra de plus en plus « technicien », « ingénieur » voire « programmeur », afin de réaliser ses oeuvres. La nécessité d'avoir accès à des équipements de pointe (au départ rares et très coûteux) et aux connaissances techniques pour s'en servir et les développer donne naissance à des centres de recherche et de création où vont se réunir ingénieurs et compositeurs. Cet article présente les premières institutions ayant posé d'importants jalons pour la discipline, en examinant particulièrement deux figures phares du développement de la musique-technologie, soit Pierre Schaeffer (GRM, France) et Max Mathews (Bell Labs, États-Unis), souvent respectivement qualifiés de « pères » de la musique électroacoustique et de la musique informatique. Les collaborateurs privilégiés de Mathews sont également présentés : Jean-Claude Risset et John Chowning (de l'Université de Stanford). Des parties thématiques soulignent l'historique des tout premiers studios fondés au sein de radios d'État, ainsi que plusieurs autres fondés au sein des universités nord-américaines à partir des années 1950. Ce survol se termine sur des institutions françaises fondées au cours des années 1960 et 1970. Ces lieux pionniers ont tous engagé des activités de recherche et de création significatives, qui ont permis le développement d'outils technologiques pour la création musicale.

Ces lieux où ingénieurs et musiciens convergent

Cléo Palacio-Quintin

Introduction

Aux XIX^e et XX^e siècles, l'avènement de l'électricité et ensuite de l'électronique transforment fondamentalement l'environnement dans lequel on vit, et influencent la perception, les outils et donc la pensée des compositeurs. Particulièrement depuis les années 1940-1950, le développement des technologies d'enregistrement du son, puis de l'informatique, révolutionnent la pratique musicale de nombreux créateurs. Le musicien, intéressé par les possibilités sonores inouïes qu'offrent ces nouveaux outils, deviendra de plus en plus « technicien », « ingénieur », voire « programmeur », afin de réaliser ses œuvres.

La nécessité d'avoir accès à des équipements de pointe (au départ rares et très coûteux) et aux connaissances techniques pour s'en servir et les développer donne naissance à des centres de recherche et de création, où vont se réunir ingénieurs et compositeurs pour collaborer à l'avancement des technologies autour du son. En Europe, ce sont principalement les radios d'État qui vont investir dans cette recherche, alors qu'en Amérique, la compagnie Bell Telephone et certaines universités participeront activement à cet essor.

Il serait impossible de répertorier ici tous les centres de recherche et création en technologies musicales qui ont existé et qui sont actifs en ce moment. Nous avons donc choisi de nous concentrer sur les premières institutions ayant posé d'importants jalons pour la discipline, en examinant particulièrement deux figures phares du développement de la musique-technologie, soit Pierre Schaeffer (France) et Max Mathews (États-Unis). Ces deux ingénieurs, à la fois musiciens, ont fait progresser les connaissances techniques et musicales en formant des équipes multidisciplinaires qui collaboraient

à la recherche et à la création. Souvent qualifiés de « pères » de la musique électroacoustique (Schaeffer) et de la musique informatique (Mathews), ils ont fait preuve de visions similaires en dirigeant des groupes de recherche au sein d'importantes institutions.

La première partie de cet article est dédiée à Pierre Schaeffer et au Groupe de recherches musicales (GRM) dont les origines remontent aux années 1940. Nous présentons ensuite d'autres studios fondés au sein de radios d'État, particulièrement ceux de Milan et Cologne (années 1950). La troisième partie est consacrée à Max Mathews, aux laboratoires de Bell Telephone, et ses collaborateurs Jean-Claude Risset et John Chowning de l'Université de Stanford, dont les travaux ont marqué le développement de l'informatique musicale (des années 1950 à 1970). Plusieurs autres studios fondés au sein des universités nord-américaines à partir des années 1950 sont ensuite brièvement présentés, pour terminer avec des institutions françaises fondées au cours des années 1960 et 1970. Ces lieux pionniers ont tous engagé des activités de recherche et de création significatives, qui ont permis le développement d'outils technologiques pour la création musicale aujourd'hui largement répandus.

Pierre Schaeffer : du Studio d'essai de la Radiodiffusion-télévision française (RTF) au Groupe de recherches musicales (GRM)

Pierre Schaeffer (1910-1995) a grandi auprès d'un père violoniste et d'une mère chanteuse. Il reçoit une formation musicale au Conservatoire de Nancy (violoncelle et solfège), puis se consacre à des études à l'École polytechnique (promotion 1929) pour ensuite se perfectionner à l'École supérieure d'électricité et des télécommunications (1931-1933). Parallèlement à ses études d'ingénieur, il s'intéresse fortement au théâtre, qu'il pratique au sein de la troupe des Comédiens Routiers dès 1929. À partir de 1932, il fréquente aussi la classe de Nadia Boulanger à l'École normale de Paris.

Schaeffer entre en 1936 à la direction de la RTF, à Paris, comme ingénieur. Il réalise rapidement le délicat rapport entre art et technique lorsqu'il est mis au défi de capter le son à l'Opéra de Paris pour des retransmissions en direct à la radio. Il cherche à transmettre l'aspect théâtral à travers le son, et cela, sans gêner la représentation sur scène. Cette recherche conduit peu après à la publication de *Vingt leçons et travaux pratiques destinés aux musiciens mélangeurs* (1938).

Avant d'être muté à la Radiodiffusion à Marseille en 1942, Schaeffer se consacre à un projet de Radio Jeunesse, et aux activités de Jeune France, une organisation qui produira des centaines de représentations pour donner accès

à la culture au public, en faisant travailler les acteurs, danseurs, musiciens et plasticiens relégués au chômage par la guerre. Ces premières années d'activités professionnelles ont forgé les fondements de sa réflexion, qu'il expose dans son essai « Esthétique et technique des arts relais¹ ». Tel que le décrit Évelyne Gayou, qui a étudié en détail les 50 ans d'histoire du GRM :

Pour Schaeffer le cinéma et radio sont des arts relais, entre le concret et l'abstrait. Il les oppose au langage qui selon lui est plus à l'aise dans l'abstraction que dans le concret. [...] le cinéma et la radio permettent de passer du concret à l'abstrait, aller de la chose à l'idée. « Ils expriment, au travers de leurs formes, ce qui ne pouvait se dire². »

Cette même année, inspiré par le *Hörspiel* (théâtre diffusé à la radio en Allemagne), Schaeffer organise un stage de formation à Beaune avec l'homme de théâtre Jacques Copeau. Un appel est lancé pour trouver des artistes polyvalents qui s'intéressent aussi aux techniques de la radio. Parmi 1000 candidats, ils sélectionneront quelques comédiens, un quatuor vocal, un musicien et des techniciens formant une équipe multidisciplinaire qui collaborera intensivement pendant un mois.

À la suite du succès du stage de Beaune, Schaeffer fonde le **Studio d'essai (1942-1946)** qui se veut à la fois un laboratoire d'art radiophonique et un centre de formation professionnelle. Pendant près d'un an (1943-1944), l'équipe travaille sur une colossale réalisation d'un opéra radiophonique de Schaeffer sur la musique de la compositrice Claude Arrieu : *La coquille à planètes, suite fantastique pour une voix et douze monstres*. Pierre Arnaud fait partie de l'équipe, en agissant à titre de réalisateur, technicien et conseiller. Ils produiront huit émissions radiophoniques d'une heure chacune. Schaeffer y interprète lui-même la voix du héros, Léonard (d'après Léonard de Vinci, homme de science et artiste) — « Léonard est un homme seul, qui cherche à s'orienter dans un monde imaginaire – abstrait –, symbolisé dans l'émission par un matériau sonore concret³ » —, alors que les 12 monstres sont inspirés des constellations des signes du zodiaque et s'expriment en sons et musique. À travers cette production, Schaeffer imagine un « art total » dans lequel sont amalgamées les techniques d'enregistrement et de traitement du son, du texte et de la musique. Ce travail avec les voix (multiples registres de jeu au micro) et les sons servant à créer le décor sont à l'origine de la musique concrète qui naîtra peu après.

Après la guerre, le Studio d'essai augmente ses activités et est rebaptisé **Club d'essai (1946-1960)**⁴. Schaeffer poursuit sa réflexion sur les arts relais tout en s'intéressant de plus en plus aux modalités de la perception sonore. Le Club réalise de multiples productions avec différents collaborateurs (compositeurs, musiciens, acteurs, techniciens...). Cette avant-garde musicale au

1. Ce texte est repris dans le livret du coffret de disques *Dix ans d'essais radiophoniques : du Studio au Club d'essai, 1942-1952* (1989). Mentionné par Gayou, 2007, p. 22.

2. Gayou, 2007, p. 23.

3. *Ibid.*, p. 26.

4. Pendant l'occupation allemande, le Studio sert à des activités clandestines en faisant des copies d'enregistrements de poètes ou musiciens interdits comme Éluard, Aragon, Camus et

Schoenberg. Il participe même à la libération de Paris en août 1944. Un émetteur clandestin est installé dans la chambre de bonne de l'immeuble du Studio, qui diffuse l'appel aux armes des chefs de la résistance. Dans la nuit du 24 au 25 août, sachant la libération imminente, Schaeffer a l'idée théâtrale de demander au micro qu'on fasse sonner toutes les cloches d'églises de Paris, ce qui sera fait. Quelques jours après, un militaire américain – qui, au civil, est président de la société RCA (Radio Corporation of America) – offre à Schaeffer un magnétophone à fil. Ce sera le premier appareil de ce type à entrer à la radio française.

5. Poullin va aider Schaeffer à concevoir de nouvelles machines permettant de manipuler les enregistrements plus librement, dont les phonogènes (1951) à coulisse (transposition continue des sons) et chromatique (transposition par demi-tons).

6. La liste complète est mentionnée dans Gayou, 2007, p. 102.

sein de la radio donnera naissance à la musique concrète. Il est difficile de marquer le moment exact où commence le genre électroacoustique ou de savoir quand le « décor sonore » bascule vers la « musique ». Le recours aux nouvelles technologies du son est dans l'air du temps. Cependant, la première diffusion qui marque la naissance officielle de la musique concrète en France a lieu le 5 octobre 1948 et s'intitule *Concert de bruits*. Schaeffer y présente ses fameuses *Études (aux tourniquets, aux chemins de fer, pour orchestre, au piano et aux casseroles)* composées en studio à l'aide de disques souples.

Le percussionniste et compositeur Pierre Henry (alors étudiant de Messiaen) rejoint le Club à la fin de l'année 1949, devenant le principal collaborateur de Pierre Schaeffer, avec le technicien du studio Jacques Poullin⁵. Les deux Pierre composent ensemble *Bidule en ut* et *Symphonie pour un homme seul* (1950), deux œuvres marquantes dans l'histoire du genre électroacoustique.

Peu après, le **Groupe de recherches de musique concrète (GRMC) (1951-1958)** est officiellement fondé au sein de la RTF, qui approuve ses statuts. Ceux-ci mentionnent six directions de recherche :

- Invention et réalisation d'appareils ;
- Procédés d'analyse, transformation et synthèse sonore ;
- Méthodologie ;
- Composition – Exécution d'œuvres ;
- Technique du concert (interprétation spatiale – projection publique) ;
- Applications.

Dès 1952, Schaeffer publie *À la recherche d'une musique concrète*, un journal dans lequel il relate ses expérimentations sonores. Il collabore alors avec Abraham (André) Moles, ingénieur en électricité et acoustique, ayant cette même année soutenu sa thèse doctorale sur *La structure physique du signal musical et phonétique*. L'intérêt de Schaeffer pour la recherche et l'expérimentation le pousse à réunir, en juin 1953, des chercheurs et compositeurs à la fine pointe des nouvelles tendances musicales, dans le cadre de la Première décennie internationale de musique expérimentale. Les sujets discutés sont : « Les machines à musique », « Musiques exotiques », « *Music for Tape* », « Conditionnements psychosociologiques de l'esthétique musicale », « Tendances de la musique récente », « Tendances de la musique électronique », « Tendances de la musique concrète », « La pensée et l'instrument », et les conférenciers sont tous des sommités dans ces différents domaines⁶.

Schaeffer s'éloigne ensuite quelques années pour travailler au développement international de la radio française. Il reprend les rênes du Groupe en 1958 et le réoriente vers davantage de recherche fondamentale et d'expérimentation en donnant moins d'importance à la composition, qu'il considère comme trop individuelle. À la suite des critiques sévères de Schaeffer, Philippe Arthuys, qui assumait la fonction de directeur délégué de 1953 à 1958, ainsi que Pierre Henry, alors chef des travaux, vont tous deux quitter le Groupe. « Cette rupture constitue une grande perte pour le Groupe ; selon nous elle marque la fin de l'avant-garde de la musique concrète, précise Évelyne Gayou, mais de nouveaux collaborateurs vont leur succéder et non des moindres : Iannis Xenakis, Luc Ferrari, Bernard Parmegiani⁷. »

7. Gayou, 2007, p. 106.

C'est donc à partir de 1958 que l'on retrouve l'équipe de Schaeffer sous l'appellation toujours utilisée aujourd'hui de **Groupe de recherches musicales (GRM)**. Pendant les années 1960, la RTF devient l'Office de radiodiffusion-télévision française (ORTF) et est dotée d'un important Service de la recherche dont la direction est confiée à Schaeffer qui embauche alors plus de 100 personnes. « La recherche, sans limite [*sic*], est alors de mise, en synergie avec la grande effervescence culturelle qui précède les événements de mai 1968⁸ », note Gayou. C'est pendant cette période que Schaeffer produit ses deux publications majeures. *Le Traité des objets musicaux* (1966), qui se penche sur les critères perceptifs des sons et leurs morphologies, deviendra un ouvrage de référence pour la musique sur supports, tout comme le *Solfège de l'objet sonore* (1967), qui en est le complément en présentant des exemples sonores sur trois disques vinyles accompagnés d'un livret en trois langues (français, anglais et allemand).

8. *Ibid.*, p. 113.

Les années 1960 donnent place à une effervescence créatrice et à de nombreux mouvements artistiques souvent contestataires⁹. La musique expérimentale du GRM est liée à ces tendances nouvelles et beaucoup d'artistes circulent au Service de la recherche de l'ORTF et y collaborent.

9. Nouveau réalisme, Art cinétique, Art/technologie, Happening, Fluxus, Pop'art, Minimalisme, Nouvelle Vague, etc.

Il faut bien sûr gommer chez Schaeffer tout projet politique révolutionnaire ; en revanche sa démarche à l'égard de la recherche musicale correspond à l'esprit du temps : sortir de l'ordre établi, pratiquer un travail artistique collectif, faire usage des instruments modernes et tester leurs limites pour dépasser la reproduction mécanique, au besoin par le détournement¹⁰.

10. Gayou, 2007, p. 130.

Le GRM permet la réalisation de multiples créations de musiques électro-acoustiques et présente des séries de concerts auxquels participeront Ivo Malec, Luc Ferrari, Iannis Xenakis, François-Bernard Mâche, Philippe

11. En 1961, François Bayle organise un concert complet dédié à Stockhausen à Paris.

12. Le compositeur américain Earle Brown, de l'École de New York, composera une seule œuvre au GRM, en 1963 : *Times Five*, pour bande 4 pistes et ensemble instrumental.

13. Jean-Claude Risset réalise *Mutations* en 1969 sur ordinateur, aux Bell Labs, avec le logiciel *Music V* en utilisant la technique de synthèse FM de John Chowning. Cette commande du GRM sera la première œuvre « numérique » à entrer au répertoire de l'institution.

14. François Bayle demeurera directeur du GRM jusqu'à son départ à la retraite en 1997.

15. Le premier Acousmonium (un orchestre de 80 haut-parleurs) est inauguré le 12 février 1974 avec l'*Expérience acoustique* de François Bayle.

16. François Delalande devient ensuite responsable des recherches en Sciences de la musique au GRM et ce, jusqu'en 2006. Il réalise des travaux importants sur l'analyse de la musique électroacoustique ainsi que sur des questions pédagogiques auprès des enfants. Son approche du phénomène sonore intègre plusieurs disciplines : sémiologie, phénoménologie, linguistique, psychologie, perception, épistémologie.

17. Le Conservatoire de Paris rapatriera son studio analogique en 1982 et cessera sa collaboration avec le GRM deux ans plus tard.

Carson, François Bayle, Karlheinz Stockhausen¹¹, Earle Brown¹², Bernard Parmegiani, Luciano Berio, Guy Reibel, Beatriz Ferreira, Catherine Bir, Francis Régner, Edgardo Canton, Jean-Claude Risset¹³. Cette liste de collaborateurs montre à quel point les compositeurs sont de plus en plus mobiles, facilitant ainsi le transfert des techniques de création propres à chaque studio.

À partir de 1966, François Bayle¹⁴ assume la direction du GRM, en y donnant plus de place à la création, alors que Schaeffer s'oriente vers la télévision. Les années 1970, période d'apogée de la musique électroacoustique, sont extrêmement fécondes au GRM, qui sera l'initiateur d'une multitude d'œuvres de nouveaux styles hybrides : musiques mixte, *live electronic*, acousmatique, etc. Bayle donne aussi ses lettres de noblesse à l'interprétation de la musique acousmatique avec l'Acousmonium¹⁵, orchestre de haut-parleurs qui, par analogie avec le cinéma, permet de projeter des images de sons.

La recherche n'est cependant pas négligée au GRM, car quatre nouveaux ateliers, dirigés par des chercheurs importants, sont instaurés en 1970. François Delalande¹⁶ s'intéresse au *solfège expérimental* et à l'*analyse musicale*. L'atelier sur les *musiques ethniques* est sous la responsabilité de Jean Schwarz (en lien avec les travaux des ethnomusicologues du musée de l'Homme) et Francis Régner s'occupe de l'*informatique musicale*.

Le GRM va contribuer à la création de la classe de musique électroacoustique du Conservatoire de Paris en 1968, alors que Schaeffer organise sa classe de « Musique fondamentale et appliquée à l'audiovisuel ». Ici encore, Schaeffer s'intéresse plus à la recherche qu'à la création, ce qui peu à peu déplaira aux étudiants compositeurs. En 1975, la classe devient celle de « Composition et recherche en musique électroacoustique » et les étudiants ont accès aux studios du GRM à la Maison de la Radio pour composer à toute heure du jour et de la nuit¹⁷. Cette année marque un tournant, puisque Schaeffer prend sa retraite lorsque l'ORTF est dissolu pour faire place à sept nouvelles sociétés audiovisuelles. Le GRM est alors rattaché à l'Institut national de l'audiovisuel (Ina) et le demeure aujourd'hui. Établi au sein de la Maison de la Radio, le GRM tisse des liens avec Radio France et bénéficie de nombreuses heures d'antenne pour présenter ses programmes de création et de recherche. Une saison de concerts du GRM, le « Cycle acousmatique », est diffusée à partir de 1978.

L'intérêt pour l'informatique musicale se développe progressivement au GRM après 1970, en particulier lorsque Jean-Claude Risset partage ses connaissances et le logiciel *Music V* de Max Mathews, développé aux Bell Labs. Les compositeurs et ingénieurs se côtoient au GRM depuis les débuts et les outils deviennent de plus en plus complexes, mais la philosophie du

groupe demeure toujours de simplifier l'accès aux outils technologiques pour que les compositeurs soient autonomes dans le studio. Dans l'esprit de Pierre Schaeffer, il est impératif de réduire la distance entre le faire et l'entendre.

À partir de 1975, les recherches sur la transcription graphique se développent autour des besoins pédagogiques de Delalande, qui travaille à l'analyse de la musique électroacoustique. La nécessité de la représenter pour pouvoir l'étudier mènera à la création du logiciel *Acousmographie* (1988). Le contrôle du son en direct sera aussi à l'ordre du jour avec le système SYTER (SYstème TEmps Réel, 1977) qui permet de spatialiser les sons en contrôlant la synthèse analogique en direct. Le GRM se procure son premier ordinateur en 1978 et démarre le développement de systèmes informatisés.

Depuis qu'il est lié à l'Ina, le GRM, en plus de ses activités de recherche et création, est aussi tenu de développer des activités commerciales pour générer des revenus. Une collection de disques y est lancée en 1978 et présente les réalisations du groupe depuis ses débuts jusqu'à aujourd'hui. Des publications diffusent également les travaux de recherche du groupe et font connaître la musique électroacoustique au public, avec, entre autres, la collection « Les portraits polychromes », qui présente des compositeurs et leurs œuvres. Le développement et la vente de logiciels de création musicale et d'analyse (dont les très réputés *GRM Tools* et *Acousmographie*) font également partie des activités du groupe.

Très présent sur la scène nationale et internationale, le GRM soulignait, il y a quelques années, ses 50 ans d'histoire (1958-2008). Sa série de concerts est encore présentée à Radio France, maintenant sous l'appellation « Multiphonies », et génère toujours une vingtaine de commandes d'œuvres par année. Le groupe présente aussi chaque printemps le Festival Présences électronique (10^e édition en mars 2014).

Radios d'État : le Studio de musique électronique de Cologne (Allemagne) et le Studio di fonologia de Milan (Italie)

Parallèlement au développement du GRM, d'autres centres de recherche musicale importants voient le jour au sein des radios d'État européennes au cours des années 1950, dont celles d'Allemagne et d'Italie. Le modèle sera aussi repris ailleurs dans le monde.

Les chercheurs allemands Werner Meyer-Eppler (physicien et phonéticien de l'Université de Bonn) et Robert Bayer (acousticien) s'intéressent aux domaines du sonore et du langage. Ils mènent des recherches sur la reconnaissance du langage et la traduction automatique (domaine utile pendant la guerre froide) et travaillent donc à l'analyse et la synthèse de la

18. Meyer-Eppler et Bayer sont d'ailleurs en contact avec certains chercheurs américains du Massachusetts Institute of Technology (MIT) et du Columbia-Princeton Electronic Music Center (CPEMC), lieux sur lesquels nous reviendrons plus loin.

voix¹⁸. À **Darmstadt**, en 1950 et 1951, Meyer-Eppler et Bayer organisent des conférences et cours d'été sur les thèmes « Le monde sonore de la musique électronique » et « Musique et technologie ». Parmi les auditeurs, on retrouve, entre autres, Herbert Eimert, Edgard Varèse et Karlheinz Stockhausen. La radio Nordwestdeutscher Rundfunk (NWDR) diffuse peu après une émission intitulée *Die Klangwelt der Elektronische Musik* (« Le monde sonore de la musique électronique »), dans laquelle Eimert, Meyer-Eppler et Bayer font entendre des exemples d'essais sonores de création de sons par synthèse analogique. Les trois hommes et Fritz Enkel fondent en 1951 le **Studio de musique électronique de Cologne (1953-1999)** dans le but de mettre les nouveaux moyens électroniques au service de l'exploration musicale. Herbert Eimert (1897-1972), compositeur, critique musical et producteur d'émissions de radio, en est le premier directeur. Pendant les premières années, le Studio de Cologne se distingue clairement du groupe de Schaeffer, car il se consacre principalement à la musique électronique générée par synthèse analogique, en intégrant les concepts de la musique sérielle. Peu à peu, les sons concrets enregistrés et manipulés vont s'y ajouter.

L'œuvre *Gesang der Jünglinge* (*Le chant des adolescents*), composée en 1956 par Karlheinz Stockhausen, est souvent considérée comme la première œuvre « électroacoustique », c'est-à-dire réalisée par la fusion de sons électroniques et de musique concrète. Stockhausen (1928-2007) sera la figure dominante du Studio de Cologne, qui demeurera un haut lieu de la création musicale d'avant-garde de la deuxième moitié du xx^e siècle, jusqu'à sa fermeture en 1999. Ce lieu de recherche et création sera à l'origine de nombreuses vocations de compositeurs électroacoustiques, et plusieurs y laisseront leur marque, comme : Karel Goeyvaerts, Franco Evangelisti, György Ligeti, Mauricio Kagel, Bruno Maderna, Henri Pousseur, Ernst Krenek, Johannes Fritsch, Peter Eötvös, Jean-Claude Éloy, Iannis Xenakis, York Höller (dernier directeur du studio) et Marco Stroppa ; ainsi que des ingénieurs et assistants (certains devenus compositeurs) : Heinz Schutz, Gottfried-Michael Koenig, Konrad Boehmer, Leopold von Knobelsdorff, Eugeniusz Rudnik, Volker Müller et Paulo Chagas.

En Italie, les compositeurs Luciano Berio et Bruno Maderna fondent le **Studio di fonologia (1955-1983)** au sein de la Radio italienne de Milan, avec, à l'arrière-scène, le technicien de haute volée Marino Zuccheri dont la collaboration sera déterminante, en particulier dans la réalisation de certaines œuvres ultérieures de Luigi Nono. L'apport scientifique et technique d'Alfredo Lietti permet d'offrir aux compositeurs des outils électroniques de pointe dans ce studio moderne qui exploite à la fois le traitement des sons

enregistrés et les ressources de la synthèse électronique. La recherche musicale de ce laboratoire est alimentée par une discussion scientifique sur la phonologie, la phonétique et la sémantique menée, entre autres, avec Umberto Eco. Là aussi, la voix est un centre d'intérêt pour la recherche sonore, mais elle sera abordée de façon beaucoup plus dramatique. Les collaborations de Berio avec la chanteuse Cathy Berberian en sont des exemples édifiants, dont *Thema (Omaggio a Joyce)* (1958) composé à partir d'enregistrements de textes extraits de *l'Ulysse* de James Joyce. Plusieurs autres compositeurs vont y réaliser des œuvres marquantes du répertoire électroacoustique, dont: Luigi Nono, Niccolò Castiglioni, Aldo Clementi, John Cage et André Boucourechliev.

Ailleurs dans le monde, le modèle des studios de Cologne et de Milan donne lieu à l'implantation d'autres laboratoires de musique électronique au sein de stations de radio, comme ceux de Tokyo¹⁹ (Denshi Ongaku Studio, NHK, 1956) et de Varsovie (Studio expérimental de la radio, 1957). Pendant ce temps, de l'autre côté de l'Atlantique, la recherche autour de la musique électroacoustique (*Tape Music*) se développe aussi, et en particulier l'informatique musicale qui fait ses débuts aux États-Unis dès les années 1950.

19. Le compositeur Toru Takemitsu avait cependant déjà formé un atelier expérimental (*Jikken Kōbō*) dès 1951 à Tokyo, dont les activités ont mené au premier concert public de musique électronique au Japon (1956), au Yamaha Hall de Tokyo.

Max Mathews, Jean-Claude Risset et John Chowning : des laboratoires de Bell Telephone (Murray Hill, New Jersey) à l'Université de Stanford (Californie)

L'invention du téléphone en 1876 marque l'avènement du son électrique et de la transmission à distance, qui révolutionneront le développement des technologies musicales. Alexander Graham Bell, inventeur et chercheur, fondera dès 1880 son laboratoire de recherche pour travailler à l'analyse, l'enregistrement et la diffusion du son.

La compagnie Bell Telephone, ayant presque le monopole téléphonique aux États-Unis à l'époque, consacre une petite partie de son (immense) budget à la recherche fondamentale. Pendant l'âge d'or de la recherche aux **Bell Labs (1960-1980)**, plus d'un millier de chercheurs (la majorité ayant des doctorats) font de la recherche sous la direction de William O. Baker. On y regroupe des équipes d'experts en mathématique, physique, chimie, acoustique, ingénierie, linguistique et psychologie expérimentale. Toute recherche concernant les principes et dispositifs de télécommunications est admissible, car aucune orientation précise n'est dictée par la compagnie. Les chercheurs ont accès au plus puissant ordinateur existant. Jusqu'aux années 1980, il s'agit d'un des plus grands laboratoires de recherche fondamentale du monde et il est à la source de multiples inventions significatives, dont le transistor, la

communication par satellite, les piles solaires, la fibre optique, la découverte du bruit de fond fossile du big bang, le système informatique Unix, le langage de programmation C, les processeurs numériques spécialisés, la synthèse et le traitement numérique des sons et des images. C'est au sein de ce laboratoire que Max Mathews donnera son envol à la musique numérique.

Né aux États-Unis en 1926, et décédé en 2011, **Max Mathews** est souvent présenté comme le père de l'informatique musicale, bien qu'il ne se considère pas comme un compositeur, mais plutôt comme un « simple » inventeur. Il a étudié le violon au cours de ses études secondaires au Nebraska et a toujours continué à en jouer par la suite. Initié à la technique de la radio dans la marine, il a ensuite poursuivi des études d'ingénieur électricien au California Institute of Technology (1946-1950), puis un doctorat au Massachusetts Institute of Technology (MIT) (1954). Il est alors engagé comme chercheur en acoustique aux laboratoires Bell Telephone, à Murray Hill au New Jersey, dont il devient ensuite le directeur du département d'acoustique.

Au départ, ses recherches visent à améliorer le codage de la voix pour superposer davantage de canaux sur le seul câble téléphonique transatlantique existant à l'époque. Mathews réalise rapidement que les techniques électriques ne suffisent pas et qu'il faut recourir au numérique pour avancer dans ce domaine. Le mathématicien **Claude Shannon**, professeur au MIT, avait déjà défini le chiffre binaire (*Binary digiT*: « bit ») et jeté les bases de la théorie de l'information. En 1949, il présente le cadre théorique de l'enregistrement numérique dans son livre *The Mathematical Theory of Communication*. Ce théorème d'échantillonnage sous-entend la possibilité de produire, à l'aide d'échantillons numériques, tous les sons audibles par l'humain, mais il n'explique pas exactement comment faire. Dès son arrivée aux Bell Labs, Mathews va chercher à réaliser cette théorie. Il va se consacrer à encoder la parole et le son sous forme de chiffres dans un ordinateur, afin que la machine puisse ensuite les reproduire. Son travail sera un apport déterminant pour toutes les télécommunications.

Pendant les années 1950, le brillant inventeur et mélomane **John Pierce**²⁰ est le supérieur immédiat de Mathews chez Bell. Il va encourager ce dernier, qu'il accompagne souvent aux concerts, à développer l'informatique musicale. En 1957, Mathews crée le logiciel *Music I*, qui permet la création de musique synthétisée par ordinateur. Composée par son collaborateur Newman Guttman (psychologue, linguiste et acousticien), la première pièce réalisée, d'une durée de 17 secondes, est intitulée *In the Silver Scale*. Pouvant au départ créer uniquement une mélodie monophonique en contrôlant trois paramètres (durée, hauteur, intensité), ce logiciel va ensuite connaître

20. Une centaine de brevets, dont celui de la communication par satellite, ont été attribués à l'ingénieur John Robinson Pierce (1910-2002), également connu comme écrivain de science-fiction sous le pseudonyme de J. J. Coupling.

plusieurs développements. *Music II* (1959) permet de synthétiser des polyphonies à quatre voix et de contrôler sommairement le timbre en choisissant des formes d'onde. *Music III* (1960) sera le véritable tournant, en offrant des outils (modules) que l'on peut assembler librement pour créer des timbres uniques : oscillateurs à forme d'ondes arbitraires, mélangeurs, générateurs de bruit et d'enveloppe. Ce logiciel est considéré comme le précurseur des synthétiseurs modulaires et de la programmation-objet. La version *Music IV* de l'année suivante sera principalement une mise à jour pour la nouvelle génération d'ordinateurs et, finalement, *Music V* (1967) sera une version compilateur permettant ensuite de transporter le logiciel sur les futures générations d'ordinateurs.

En 1963, la publication de l'article « The Digital Computer as a Musical Instrument » fait découvrir le travail de Mathews à des compositeurs intéressés par les nouvelles possibilités qu'introduit l'informatique. Les ordinateurs sont cependant inaccessibles en dehors des grandes institutions et peu de musiciens ont les expertises nécessaires pour faire avancer la discipline ; plusieurs compositeurs viendront donc cogner à la porte des Bell Labs pour collaborer avec Mathews. C'est le cas de James Tenney, Edgard Varèse, Vladimir Ussachevsky, Bülent Arel et particulièrement de Jean-Claude Risset et John Chowning, dont on reparlera plus loin, qui deviendront des collègues proches et amis de Mathews.

Après *Music V*, Mathews devient directeur du Département de recherche sur l'acoustique et le comportement. Il oriente alors de plus en plus sa recherche vers la musique informatique en direct. Souhaitant « jouer » de l'ordinateur, comme il joue du violon, il crée le premier système hybride *Groove* en 1968, dans lequel l'ordinateur génère les signaux déclencheurs et des modules analogiques synthétisent le son – la synthèse numérique est encore impossible en direct étant donné la lenteur de calcul des ordinateurs. L'ordinateur est contrôlé par un clavier et des détecteurs de mouvements, dont un levier de commande tridimensionnel²¹. Mathews fait aussi usage de graphes comme partitions, pour dessiner des formes d'ondes, par exemple, et ce, bien avant l'invention de l'Unité Polyagogique Informatique du CEMAMU (UPIC) de Xenakis, sur lequel on reviendra plus loin. Il s'intéresse particulièrement à l'interaction homme-machine et mettra en œuvre des technologies permettant une interprétation de la musique électronique²². Il tente ainsi de créer un continuum entre l'improvisation, la composition, la réalisation sonore et l'interprétation.

Au début des années 1960, **Jean-Claude Risset** poursuit en parallèle des études scientifiques (physique et mathématique) à la Faculté des sciences

21. Premier prototype de ce qui deviendra le *joystick* des consoles de jeux ultérieures.

22. Mentionnons le violon électrique et le *Radio Baton*.

d'Orsay et des études musicales au Conservatoire national supérieur de Paris. Sa thèse en physique est dirigée par Pierre Grivet, grand promoteur de l'électronique en France, qui l'encourage à traiter d'un sujet musical. Abraham Moles suggère alors à Risset de réaliser une simulation de l'audition humaine par ordinateur, mais cela est loin d'être évident. L'article publié par Mathews en 1963 révèle à Risset la piste à suivre. Son directeur Grivet, qui connaît bien Pierce, le contacte pour suggérer que Risset aille poursuivre ses travaux de recherche auprès de Mathews.

Risset s'intéresse à la qualité sonore et souhaite perfectionner la synthèse numérique qui donne encore des résultats sonores peu probants. Il décide alors, avec Mathews, de travailler à des analyses d'enregistrements d'instruments acoustiques pour ensuite les synthétiser le plus fidèlement possible et ainsi insuffler vie et identité aux sons de synthèse. Il débute avec les sons cuivrés de trompette, très difficiles à reproduire, et grâce aux outils performants disponibles aux Bell Labs – dont *Music IV* et *Music V* –, il réussit à créer des sons de synthèse d'une telle qualité qu'ils peuvent leurrer l'auditeur. Sa thèse de doctorat en sciences, soutenue en 1967, porte sur l'analyse, la synthèse et la perception des sons musicaux et met donc en lien les disciplines de la physique du son, la psychoacoustique et la musique. Le jeune compositeur français arrivé aux Bell Labs en septembre 1964 devient un des plus importants collaborateurs de Mathews.

Une autre importante publication de Mathews marque le développement de la musique numérique en 1969. Le livre *The Technology of Computer Music*, avec la collaboration de Joan E. Miller, F. Richard Moore, John Pierce et Jean-Claude Risset, permet de partager les avancements technologiques dans le milieu musical²³.

Étonnamment, c'est seulement en 1970, lors d'un colloque à Stockholm, que Mathews découvre la musique concrète et la musique électronique qui se fait en Europe. Il va ensuite se rapprocher de plusieurs chercheurs européens, partager ses logiciels et participer à l'implantation de l'Ircam à Paris. Lorsqu'il prend sa retraite des Bell Labs en 1987, Mathews va enseigner à l'Université de Stanford²⁴, auprès de John Chowning.

John Chowning a, comme Mathews, une formation en violon, ainsi qu'en percussions. Il a joué de la batterie jazz dans la marine et a obtenu un baccalauréat en musique de l'Université Wittenberg en Ohio, avant de s'envoler vers l'Europe. Pendant ses études de composition à Paris auprès de Nadia Boulanger (1959-1962), Chowning découvre les musiques électroniques de Berio et Stockhausen et s'intéresse à la projection du son dans l'espace. Il fait ensuite son doctorat auprès de Leyland Smith à l'Université de Stanford (1962-

23. Les découvertes de Mathews et son équipe étaient auparavant principalement présentées dans des revues et conférences scientifiques, moins accessibles aux musiciens.

24. John Pierce y enseigne alors depuis quelques années déjà.

1966). L'Université n'a pas de studio de musique électronique, mais possède alors un ordinateur PDP-10²⁵ au Stanford Artificial Intelligence Laboratory.

Peu après la parution du fameux article de Mathews en 1963, Chowning le contacte et le rencontre pour la première fois aux Bell Labs. Il ressort aussitôt avec une copie du logiciel *Music IV*. Son université lui donne accès à l'ordinateur la nuit et les fins de semaine pour se lancer dans la programmation musicale. Il reviendra régulièrement aux Bell Labs pour collaborer avec Mathews et son équipe de chercheurs et y découvre, entre autres, l'importance de la psychoacoustique.

En 1968, Chowning visite les Bell Labs pour partager les exemples et les données de ses premières expérimentations de synthèse par modulation de fréquence (FM). Il a découvert cette technique presque par hasard, alors qu'il s'intéressait à la création d'espace et de réverbération à l'aide de l'ordinateur. Reconnue seulement de nombreuses années plus tard, cette technique va révolutionner la musique informatique en permettant la synthèse en temps réel. Ce transfert d'informations est précieux pour Risset, qui témoigne :

J'ai pu immédiatement reconstituer les exemples entendus [...]. Un programme de synthèse comme Music IV, Music V ou CSound, véritable *boîte à outils logicielle* [...] permet de transmettre le savoir-faire directement: la «partition» nécessaire pour la synthèse des sons est à la fois une recette de production et une description exhaustive; on peut connaître dans tous ses détails le mode de production d'un effet sonore à partir de l'examen de la partition correspondante²⁶.

Au printemps 1969, Chowning organise un stage d'introduction à la synthèse sonore à l'Université de Stanford et invite Mathews à y enseigner. Risset prépare alors un catalogue de synthèses d'imitations instrumentales qui détaille ses «recettes» de synthèses à l'aide de partitions du programme *Music V*, d'exemples sonores et d'explications. Ce document deviendra la référence en synthèse instrumentale et permettra, entre autres, à Chowning de perfectionner sa technique de synthèse FM et à Robert Moog de parfaire sa synthèse analogique.

La première publication remarquée de Chowning, en 1971, concerne son sujet de prédilection, soit «The Simulation of Moving Sound Sources». C'est seulement en 1973 qu'il publie l'article fondateur de la synthèse FM: «The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation». Cette technique remarquable attire l'attention de la compagnie Yamaha, qui, à partir de 1976, commence à fabriquer des puces électroniques implémentant cette technique, qui donneront ensuite naissance au fameux synthétiseur DX7. Commercialisé en 1983, il s'agit du tout premier synthétiseur numérique à prix abordable²⁷ qui se répandra en dehors des institutions.

25. Le « Programmed Data Processor Model 10 » est créé par Digital Equipment Corporation.

26. Risset, cité in Collectif, 2007, p. 34.

27. Le coût du DX7 est d'environ 2000 \$ lors de son apparition sur le marché.

L'Université de Stanford sera la première à former des experts en informatique musicale. Encore aujourd'hui, le **Stanford Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA)**, fondé par Chowning en 1975, est un centre pluridisciplinaire où les compositeurs et chercheurs travaillent ensemble sur les technologies assistées par ordinateur, tant comme moyen artistique que comme outil de recherche. Les départements activement représentés incluent les disciplines de la musique, l'ingénierie électrique, l'ingénierie mécanique, les sciences informatiques, la physique, l'art, le théâtre et la psychologie.

Universités nord-américaines : les premiers studios de musiques électroacoustique et informatique

À partir des années 1950, plusieurs institutions d'enseignement développent peu à peu leurs studios de composition utilisant les nouvelles technologies analogiques et ensuite numériques. Nous survolerons ici brièvement les principaux studios qui ont marqué l'histoire en Amérique du Nord.

Mais avant tout, notons que l'apparition de la musique électronique aux États-Unis revient cependant à John Cage qui, dès 1951, fonde à New York le *Project of Music for Magnetic Tape* avec David Tudor, aventure qui durera seulement trois ans. Les musiciens collaborent alors avec les techniciens Louis et Bebe Baron (engagés grâce à une bourse). Ils seront ensuite rejoints par les compositeurs Earle Brown, Christian Wolff et Morton Feldman. Leur première grande réalisation est la pièce *Williams Mix* (1952), montée à partir d'innombrables fragments de bande magnétique. La pièce est finalement présentée en concert avec huit magnétophones sur scène – démarche audacieuse pour l'époque et très étonnante pour le public – lors d'un festival à l'Université d'Illinois, en mars 1953.

C'est aussi à l'**Université d'Illinois (Urbana-Champaign)** que sera fondé l'un des plus anciens studios de musique expérimentale aux États-Unis, en 1958, par Lejaren Hiller (musicien ayant une formation scientifique). Les **Experimental Music Studios (EMS)**, toujours actifs aujourd'hui, sont le lieu de naissance de la première composition automatique par ordinateur, *Illiac Suite* pour quatuor à cordes, réalisée par Hiller et le mathématicien Leonard Isaacson en 1957, à l'aide de l'ordinateur Illiac. Cette œuvre marque l'entrée de l'ordinateur dans l'art par l'application du nouveau champ de recherche qu'est l'intelligence artificielle, domaine qui lie l'informatique et les sciences cognitives.

D'autres studios se développent simultanément autour des technologies analogiques. Après plusieurs années d'expérimentations avec des magné-

tophones Ampex pour créer la *Tape Music* américaine, les compositeurs Otto Luening et Vladimir Ussachevsky, tous deux professeurs à l'Université Columbia, fondent le **Columbia-Princeton Electronic Music Center (CPEMC)** en 1958, où ils seront rapidement rejoints par Milton Babbitt, de Princeton. Une bourse de la Rockefeller Foundation leur permet d'acquérir un *RCA Mark II Sound Synthesizer* et ainsi d'étendre leurs recherches à la synthèse sonore. L'équipement comprend un mur complet de composantes de synthèse sonore interconnectées, avec plus de flexibilité et le double d'oscillateurs que le modèle précédent *Mark I*. Un système de séquenceur binaire permet la création de « partitions » à l'aide de bandes perforées, comme pour un piano mécanique. De nombreux compositeurs vont travailler dans ce studio, dont au cours des 20 premières années : Jon Appleton, Bülent Arel, Luciano Berio, Wendy Carlos, Charles Dodge, Halim El-Dabh, Daria Semegen, Alice Shields, Pril Smiley, Edgard Varèse et Charles Wuorinen. Aujourd'hui appelé le **Computer Music Center at Columbia University (CMC)**, la mission principale du centre est d'agir à l'intersection de l'expression musicale et des développements technologiques²⁸.

Le **Bregman Electronic Music Studio du Dartmouth College** (New Hampshire) a entrepris ses activités en 1967 avec un studio analogique monté par le compositeur Jon Appleton²⁹, autour d'un synthétiseur Moog et des enregistreuses à bande. Le Dartmouth College organise la première compétition internationale de musique électronique dès 1968, et offre ensuite une académie d'été (Summer Electronic Music Institute), première du genre aux États-Unis (1972). En 1974, le studio déménage dans les locaux de l'école d'ingénierie et un projet conjoint sur la synthèse numérique se développe entre Appleton et les ingénieurs Sydney Alonso (électronique) et Cameron Jones (informatique). Leur collaboration mène à la création d'un premier prototype de synthétiseur numérique en 1972, qui sera suivie de l'invention du Synclavier®, premier synthétiseur numérique portable commercialisé en 1975. Aujourd'hui dénommé **Bregman Music & Audio Research Studio**³⁰, et resitué dans le Hopkins Arts Center depuis 1980, les activités de recherche-crédation et d'éducation en musique numérique y sont multiples.

Fondé en 1862, le **Massachusetts Institute of Technology (MIT)** est la première institution à offrir un curriculum d'ingénierie électrique aux États-Unis en 1882. Leur premier ordinateur analogique y sera opérationnel en 1927 et le premier ordinateur numérique en 1951. Un curriculum de musique y est instauré dès 1947³¹. Depuis 1961, on y développe une tradition de convergence entre musique, science et ingénierie. Misant sur la créativité de ses chercheurs, l'institution est toujours à l'avant-garde des développements

28. Pour plus d'informations sur le Computer Music Center, voir : <<http://music.columbia.edu/cmcc/about/>> (consulté le 29 avril 2014).

29. Appleton avait auparavant travaillé au Columbia-Princeton Electronic Music Center.

30. À propos du Bregman Electronic Music Studio, voir : <<http://eamusic.dartmouth.edu/>> (consulté le 29 avril 2014).

31. Voir : <<http://mitstory.mit.edu/mit-highlights-timeline/>> (consulté le 29 avril 2014).

32. Pour plus d'informations sur le MIT Media Lab, voir : <www.media.mit.edu> (consulté le 29 avril 2014).

33. Pour plus de détails sur cette avant-garde canadienne, nous invitons le lecteur à consulter la revue *Circuit*, vol. 19, n° 3 (2009) sur les *Pionniers canadiens de la lutherie électronique*.

34. Pour plus de détails sur les débuts de la musique électroacoustique au Québec, voir : *Électroacoustique-Québec : l'essor*, dossier thématique de *Circuit*, vol. 4, n° 1-2 (1993).

technologiques et favorise les collaborations entre disciplines. Depuis 1985, le MIT Media Lab³² rassemble de nombreux groupes de recherche dont plusieurs s'intéressent particulièrement à la musique. Fondé par Barry Vercoe, le « Music, Mind and Machine Group », axé sur la cognition et l'informatique musicale, a largement contribué à l'avancement de l'encodage numérique du son en participant, entre autres, au développement du standard international MPEG-4. Vercoe est un pionnier de la musique numérique avec le développement du logiciel de synthèse *Csound* (équivalent actuel des logiciels *Music* de Mathews) et a formé toute une génération de compositeurs. Soulignons l'intérêt des laboratoires actuels : « Responsive Environments », dirigé par Joseph Paradiso, qui développe des interfaces interactives ; et le « Opera of the Future », dirigé par le compositeur Todd Machover, qui explore l'invention de nouveaux instruments.

Mentionnons brièvement ce qui se passe un peu plus au nord, au Canada, où les studios de recherche-crédation universitaires en musique électronique se développent aussi à partir de la fin des années 1950. Le **University of Toronto Electronic Music Studio (UTEMS)** est fondé en 1959, puis l'**Electronic Music Studio de McGill University** en 1964. Leurs équipements se développent grâce à l'inventeur légendaire Hugh Lecaine³³. Sur la côte ouest, les universités de Colombie-Britannique (UBC) et Simon Fraser (SFU) seront les premières à établir leurs studios en 1965.

Au Québec, le premier studio francophone voit le jour à l'Université Laval en 1969. L'Université Concordia suit de près en 1971. La Faculté de musique de l'Université de Montréal se penche alors déjà sur l'informatique, avec son Groupe informatique-musique de 1969 à 1975 et son secteur électroacoustique est créé en 1974. Ses studios de composition seront développés à la fois du côté analogique et numérique. Plus tard, le compositeur Francis Dhomont, venu de France et porteur de la tradition de musique concrète, y contribuera largement à développer ce que l'on appelle « l'École de Montréal » en électroacoustique. Les volets multimédias et informatiques s'y développent largement aussi³⁴.

À partir de ces premiers studios de création liés aux enseignements en composition, les institutions canadiennes développent différents programmes d'études connexes et multiplient les activités de recherche liées aux technologies musicales. Par exemple, à l'Université McGill (Montréal), les **Sound Recording Studios** sont fondés en 1979, et les **Computer Applications in Music Laboratories** en 1987. La Faculté de musique comprend maintenant un département de *Music Technology* et un nouvel édifice y abrite l'important **Centre interdisciplinaire de recherche en musique, médias et technologie**

(CIRMMT), qui regroupe des chercheurs et artistes de différentes institutions. On y retrouve l'esprit de collaborations interdisciplinaires tel que l'appréciait Mathews aux Bell Labs.

Institutions françaises : les retombées du GRM et les autres initiatives

Au cours des années 1960 et 1970, d'autres organisations intéressées par la musique électroacoustique et la recherche autour des technologies du son voient le jour un peu partout en France. Certaines émanent de musiciens ayant fréquenté le GRM auparavant.

À la fois ingénieur, architecte et compositeur visionnaire, Iannis Xenakis³⁵ a composé de multiples œuvres fondées sur des procédés et formalisations mathématiques, pour ensuite se servir de l'ordinateur pour les réaliser. Xenakis a collaboré avec Schaeffer jusqu'en 1963, mais leurs différences de vues, en particulier sur l'informatique, vont pousser le compositeur à se retirer du GRM pour ensuite fonder son propre groupe de recherche : l'**Équipe de mathématique et automatique musicales (EMAMU) (1966)**, devenu le Centre d'études de mathématique et automatique musicales (CEMAMU) en 1972. En parallèle, Xenakis crée les **Ateliers UPIC (1985)** qui adopteront ensuite différentes appellations, soit le Centre de Création Musicale Iannis Xenakis (2001), devenu simplement le **Centre Iannis Xenakis (2007)**. Cette organisation est particulièrement reconnue pour la promotion et le rayonnement de l'UPIC : Unité Polyagogique Informatique CEMAMU. Cet outil, conçu par Xenakis en 1977, permet aux compositeurs de dessiner tous les paramètres du son qui sont ensuite synthétisés par ordinateur. L'activité upicienne et toutes ses archives sont aujourd'hui regroupées au Centre Iannis Xenakis, en résidence à l'Université de Rouen depuis 2009³⁶.

Le **Groupe de musique expérimentale de Bourges (GMEB)** est fondé en 1970 par Françoise Barrière et Christian Clozier (anciens du GRM) et développe rapidement son orchestre de haut-parleurs, le Gmebaphone (avant même l'Acousmonium du GRM). Dès 1971, le groupe présentera son Festival international et ensuite le prestigieux Concours international de musique électroacoustique (1973), et ce, jusqu'en 2009. En 1994, cette organisation phare de la diffusion électroacoustique est rebaptisée l'**Institut international de musique électroacoustique de Bourges (IMEB)**³⁷. À la suite de restrictions budgétaires du ministère de la Culture français, le centre a malheureusement été fermé en juin 2011.

Le **Groupe de musique expérimentale de Marseille (GMEM)**, fondé vers 1969, s'intéresse très tôt à la synthèse et se procurera les premiers synthé-

35. Pour plus de détails sur Iannis Xenakis (1921-2001), voir : *Espace Xenakis*, dossier thématique de *Circuit*, vol. 5, n° 2 (1994).

36. Sur le Centre Iannis Xenakis, voir : <www.centre-iannis-xenakis.org> (consulté le 29 avril 2014).

37. Sur l'IMEB, voir : <www.imeb.net> (consulté le 29 avril 2014).

38. Avec le Grame de Lyon, le CIRM de Nice, le GMEA d'Albi, le CÉSARÉ de Reims et La Muse en Circuit d'Alfortville, le GMEM fait partie des six organisations auxquelles le ministère de la Culture de France a attribué le titre de « Centre National de Création Musicale » en 2006, et qui bénéficient de soutien financier pour réaliser leurs activités de création et de recherche.

39. Notons que Max Mathews est le président d'honneur du Conseil d'administration depuis 1977 et que Jean-Claude Risset en a pris la présidence en 1987.

40. Voir : <<http://acroe.imag.fr/ACROE/statuts.html>> (consulté le 29 avril 2014).

41. Mathews fait des séjours de quelques semaines à l'Ircam, trois ou quatre fois par année.

42. L'équipe de chercheurs de départ comprend aussi Vinko Globokar, compositeur et instrumentiste, qui dirige les questions touchant l'interprétation, ainsi que Michel DeCoust, chargé de la pédagogie.

tiseurs numériques commerciaux Synclavier® I et II, à la fin des années 1970. Toujours actif et voué à la production, la création et la recherche, le groupe présente un festival depuis 1983 et développe, entre autres, le logiciel de spatialisation *Holophon*. Il participe également à de nombreuses activités de transmission et de pédagogie³⁸.

L'Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression (ACROE) est fondée en 1976-1977 à Grenoble et vise le rapprochement Art-Science-Technologie³⁹. Comme l'explicitent clairement ses statuts :

Les modes de création et d'expression instrumentaux en général constituent le centre d'intérêt fondamental de l'ACROE. Son action s'articulera selon 3 axes principaux : Recherche fondamentale en liaison avec les sciences de l'homme, Recherche technologique en liaison avec les sciences exactes, Création artistique⁴⁰.

L'ingénieur Claude Cadoz en est la figure de proue depuis sa fondation et ses activités de recherche en interactions homme-machine ont apporté des avancements significatifs dans les domaines de la synthèse par modélisation physique, la simulation multisensorielle et le contrôle gestuel à retour d'effort. L'ACROE est associée à l'Université de Grenoble – institution essentiellement vouée aux domaines scientifiques – par son laboratoire « Informatique et Création Artistique ».

L'Institut de recherche et coordination acoustique/musique (Ircam) est établi au cours de la décennie 1970, alors que Pierre Boulez est chargé par le président Georges Pompidou de créer et diriger un institut de recherche et création musicales associé au Centre Pompidou à Paris. Un bâtiment est spécialement conçu par Renzo Piano pour accueillir l'Ircam en plein cœur de Paris. Les premières manifestations publiques s'y tiendront en 1977 et 1978.

Dès le départ, Boulez invite Jean-Claude Risset à contribuer au développement informatique de l'institution. Celui-ci suggère de faire appel à Max Mathews, qui en devient le premier directeur scientifique. De 1975 à 1980, Mathews travaille à mi-temps pour l'Ircam⁴¹ et conserve son poste chez Bell Labs. Il fournit son programme *Music V* et fait acheter un ordinateur PDP-10 pour démarrer les activités de composition informatique.

Luciano Berio s'occupe alors du volet musique électronique⁴² et rêve de faire construire un grand synthétiseur avec un millier de filtres simples. Mathews fait des simulations par ordinateur pour le convaincre qu'il devrait envisager des filtres numériques complexes. Le physicien italien Peppino Di Giugno de l'Université de Naples, qui a déjà construit un synthétiseur analogique, est choisi pour travailler à ce projet pour l'Ircam. Mathews l'invite aux Bell Labs pour collaborer avec le spécialiste Hal Alles (inventeur d'une

technique de synthèse numérique pour le téléphone). Leur collaboration se poursuivra à l'Ircam pour créer des petits synthétiseurs numériques spécialisés pour la musique (les séries 4A, 4C, 4X) qui serviront à réaliser les premières œuvres avec traitement audionumérique en direct de l'institution.

Ce développement technologique effectué autour de la création de *Répons* de Pierre Boulez, à partir de 1980, marque les débuts de la musique avec traitement numérique en direct. Au sein de l'Ircam, 20 ans après *Music III* de Mathews, Miller Puckette va créer le logiciel *Max*⁴³, programme de contrôle graphique qui permet d'afficher des modules à l'écran et de les relier par des fils. Avec sa contrepartie audio *MSP*⁴⁴ développée plus tard par David Zicarelli, *Max* devient rapidement un incontournable pour le traitement du son en temps réel. Les activités de recherche et de développement de technologies sont nombreuses, et, au fil des ans, l'Ircam, qui accueille de nombreux compositeurs, permet la création d'une multitude d'œuvres à la composition assistée par ordinateur⁴⁵.

Centre de recherche public dédié à la recherche scientifique et à la création musicale, l'Ircam est aujourd'hui un des plus grands centres de production et de diffusion de la musique contemporaine en Europe⁴⁶. Il est associé à de multiples institutions universitaires et regroupe plus de 150 collaborateurs. Les équipes de recherche y sont regroupées sous sept thématiques : acoustique instrumentale, espaces acoustiques et cognitifs, perception et design sonores, analyse et synthèse des sons, représentations musicales, analyse des pratiques musicales et interaction son-musique-mouvement.

Conclusion

Tous ces lieux de recherche et de création musicales ont en commun d'offrir un espace de rencontre, non seulement entre musiciens et scientifiques, mais aussi entre compositeurs, encourageant ainsi les échanges d'idées musicales, ce qui permet de développer des connaissances générales qui profitent à tous. C'est ce que mentionnait Tod Machover à propos de l'Ircam dans son introduction du tout premier numéro de la *Contemporary Music Review* (1984) consacré à l'institution. Il ajoutait que les compositeurs y bénéficient d'assistance technique leur permettant d'explorer de nouveaux outils informatiques – qui sont alors encore inaccessibles en dehors des grandes institutions.

La réalité de la pratique a beaucoup changé au cours des trois dernières décennies, puisqu'aujourd'hui les musiciens ont tous accès à des studios personnels informatisés et les expertises en technologies musicales sont beaucoup plus répandues. Ces lieux de recherche et de création demeurent toutefois essentiels, car ils jouent toujours un rôle de catalyseur et permettent de

43. Nommé *Patcher* au départ, le logiciel est ensuite baptisé en l'honneur de Max Mathews.

44. Le sigle MSP correspond à *Max Sound Processing*, mais aussi aux initiales de Miller S. Puckette. Il s'agit également du code de l'aéroport de Minneapolis où David Zicarelli a grandi. Les logiciels *Max/MSP* sont distribués et développés par la compagnie Cycling '74 (fondée par Zicarelli) depuis 1999.

45. En dehors des créations réalisées à l'Ircam même, nombre de compositeurs utilisent les logiciels de création musicale qui sont distribués sur un forum d'utilisateurs. Le site indique 1717 usagers actifs au 25 avril 2014. Voir : <<http://forumnet.ircam.fr/members>> (consulté le 25 avril 2014).

46. Pour plus d'informations sur l'Ircam, voir : <www.ircam.fr> (consulté le 29 avril 2014).

réunir de multiples expertises sous un même toit. On pourrait difficilement dénombrer tous les centres de recherche et de création musicales qui ont vu le jour depuis le début des années 1980. La majorité des universités ont maintenant des départements dédiés aux technologies musicales et les groupes de recherche se multiplient. Tous offrent des laboratoires expérimentaux où les musiciens sont invités à enrichir leur expérience musicale en conjonction avec des recherches scientifiques et de nouveaux outils technologiques.

Quand il parlait de son travail aux Bell Labs, Max Mathews soulignait toujours l'importance du travail multidisciplinaire et de la dynamique d'équipe qui faisaient avancer les recherches alors que plusieurs chercheurs, aux formations différentes, participaient à la réalisation d'un même projet. L'équipe que Schaeffer fondait à Beaune en 1942 affichait ce même parti pris pour la collaboration d'experts de différentes disciplines. Évelyne Gayou mentionne d'ailleurs que : « Pour Schaeffer, le stage de Beaune constitue un modèle de réussite de la symbiose entre art et technique, entre recherche et création ; l'interdisciplinarité s'y révèle très productive. Par la suite, tout au long de sa carrière, il ne fera que parfaire ce modèle⁴⁷. »

47. Gayou, 2007, p. 25.

L'interdisciplinarité en recherche fait aujourd'hui partie des priorités de plusieurs institutions. Les technologies numériques génèrent de plus en plus d'interactions entre les différents médias artistiques et les sciences. Il est de plus en plus fréquent de voir l'artiste et l'ingénieur partager leurs préoccupations, comme l'exprime si bien cette citation d'Édouard Glissant, choisie par Jean-Claude Risset en hommage à Max Mathews dans son « Portrait polychrome » :

Le créateur ratifie et l'homme de science suppose : deux dimensions de la manière d'inventer. L'artiste a besoin d'avoir raison au moment où il pétrit sa création, le scientifique a besoin de douter, même quand il a prouvé. Ils investissent de la sorte l'inconnu, à partir du monde connaissable. Leurs rapports sont d'incertitude concertée, de certitudes rêvées⁴⁸.

48. Extrait de : Édouard Glissant (1997), *Traité du Tout-Monde, Poétique IV*, Paris, Gallimard, cité in Collectif, 2007, p. 56.

BIBLIOGRAPHIE

- BATTIER, Marc (2003), « Science et technologie comme sources d'inspiration » et « Laboratoires », in Jean-Jacques Nattiez (dir.), *Musiques du XX^e siècle*, vol. 1 de *Musiques : une encyclopédie pour le XXI^e siècle*, Paris, Actes Sud, p. 512-532 et 558-574.
- BATTISTI, Emanuele, « The Experimental Music Studio at the University of Illinois, 1958-68: Environment, People, Activities », <<http://ems.music.illinois.edu/ems/articles/battisti.html>> (consulté le 28 avril 2014).
- BÉROS, Cyril (2010), « La recherche à l'Ircam, un modèle collaboratif? », in Jehanne Dautrey (dir.), *La recherche en art(s)*, France, Éditions MF, p. 135-154.
- CHOWNING, John (1971), « The Simulation of Moving Sound Sources », *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 19, n° 1, p. 2-6.

- CHOWNING, John (1973), « The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation », *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 21, n° 7, p. 526-534.
- COLLECTIF (2001), « Jean-Claude Risset », *Portraits polychromes*, n° 2, Paris, Ina-GRM.
- COLLECTIF (2005), « John Chowning », *Portraits polychromes*, n° 7, Paris, Ina-GRM.
- COLLECTIF (2007), « Max Mathews », *Portraits polychromes*, n° 11, Paris, Ina-GRM.
- CONT, Arshia (2013), « Introduction: Musical Research at IRCAM », *Contemporary Music Review*, vol. 32, n° 1, p. 1-3.
- DHOMONT, Francis (dir.) (1993), *Électroacoustique-Québec: l'essor*, dossier thématique de *Circuit: revue nord-américaine de musique du XX^e siècle*, vol. 4, n° 1-2.
- FOURMENTRAUX, Jean-Paul (2011), *Artistes de laboratoire: recherche et création à l'ère numérique*, Paris, Hermann.
- GAYOU, Évelyne (2007), *Le GRM – Groupe de recherches musicales: cinquante ans d'histoire*, Paris, Fayard.
- GERZSO, Andrew (2013), « Aspects of Musical Research at IRCAM », *Contemporary Music Review*, vol. 32, n° 1, p. 5-15.
- GOLDMAN, Jonathan (dir.) (2009), *Pionniers canadiens de la lutherie électronique*, dossier thématique de *Circuit, musiques contemporaines*, vol. 19, n° 3.
- GUÉRIN, François (1993), « Aperçu du genre électroacoustique au Québec », *Circuit: revue nord-américaine de musique du XX^e siècle*, vol. 4, n° 1-2, p. 9-31.
- HEINRICH, Marie-Noëlle (2003), *Création musicale et technologies nouvelles: mutation des instruments et des relations*, Paris, L'Harmattan.
- LÉVY-LEBLOND, Jean-Marc (2010), *La science n'est pas l'art: brèves rencontres*, Paris, Hermann.
- LYON, Eric (2000), « The Bregman Electronic Music Studio at Dartmouth College », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, vol. 2000, <<http://quod.lib.umich.edu/cgi/p/pod/dod-idx/bregman-electronic-music-studio-at-dartmouth-college.pdf?c=icmc;idno=bbp2372.2000.188>> (consulté le 29 avril 2014).
- MACHOVER, Tod (1984), « A View of Music at IRCAM », *Contemporary Music Review*, vol. 1, n° 1, p. 1-10.
- MATHEWS, Max V. (1963), « The Digital Computer as a Musical Instrument », *Science*, New Series, vol. 142, n° 3592 (1^{er} novembre), p. 553-557.
- MATHEWS, Max V. (1969), *The Technology of Computer Music*, Cambridge, MIT Press.
- MOLES, Abraham (1952), *La structure physique du signal musical et phonétique*, thèse de doctorat, Université Paris-Sorbonne.
- PROVOST, Serge (dir.) (1994), *Espace Xenakis*, dossier thématique de *Circuit: revue nord-américaine de musique du XX^e siècle*, vol. 5, n° 2.
- PUCKETTE, Miller (2002), « Max at Seventeen », *Computer Music Journal*, vol. 26, n° 4, p. 31-43.
- RISSET, Jean-Claude (1967), *Sur l'analyse, la synthèse et la perception des sons, étudiées à l'aide de calculateurs électroniques*, thèse de doctorat, Université de Paris.
- SCALETTI, Carla (1985), « The CERL Music Project at the University of Illinois », *Computer Music Journal*, vol. 9, n° 1, p. 45-58.
- SCHAEFFER, Pierre (1938), *Vingt leçons et travaux pratiques destinés aux musiciens mélangeurs*, Paris, éd. interne de la Radio Française.
- SCHAEFFER, Pierre (1952), *À la recherche d'une musique concrète*, Paris, Éditions du Seuil.
- SCHAEFFER, Pierre (1966), *Traité des objets musicaux: essai interdisciplines*, Paris, Éditions du Seuil.
- SCHAEFFER, Pierre (1967), *Solfège de l'objet sonore*, Paris, Groupe de recherches musicales de l'O.R.T.F.

SHANNON, Claude (1949), *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana, University of Illinois Press.

PENNYCOOK, Bruce (1997), « Music, Media and Technology at McGill University: Studio Report », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, vol. 1997, <<http://quod.lib.umich.edu/cgi/p/pod/dod-idx/music-media-and-technology-at-mcgill-university-studio.pdf?c=icmc;idno=bbp2372.1997.026>> (consulté le 29 avril 2014).

DISCOGRAPHIE

SCHAEFFER, Pierre (1989), *Dix ans d'essais radiophoniques : du Studio au Club d'essai, 1942-1952*, Arles, Phonurgia Nova ; Bry-sur-Marne, Ina.



Andrée-Anne Dupuis Bourret, *Papier, fiction*, 2011-2013. Papiers sérigraphiés, fil de nylon, punaises, gommettes, dimensions variables. Centre d'exposition de Val-David, Québec.
Photo : Andrée-Anne Dupuis Bourret.