Zeitschrift: Dissonanz = Dissonance

Herausgeber: Schweizerischer Tonkünstlerverein

Band: - (2008)

Heft: 101

Artikel: Trois décennies sur le chemin de l'ouverture : les logiciels de l'IRCAM : histoire et perspectives = Die Software des IRCAM : Geschichte und Perspektiven

Autor: Cipollone, Elvio

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-927378

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

TROIS DÉCENNIES SUR LE CHEMIN DE L'OUVERTURE

PAR ELVIO CIPOLLONE

Les logiciels de l'IRCAM : histoire et perspectives.[1]

Die Software des IRCAM — *Geschichte und Perspektiven*

Vor 30 Jahren begründete Pierre Boulez den Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique (IRCAM), der sich unter anderem der Kreation und Entwicklung neuer Software verschrieben hat. Welches sind die wesentlichen Errungenschaften dieser Vorzeige-Institution zeitgenössischen Musikschaffens in einem Bereich, der in konstanter Evolution begriffen ist und längst auch pädagogische Konzepte mit einbezieht?

Comme son acronyme *(Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique)* l'énonce, la mission de l'Institut fondé par Pierre Boulez en 1977 est de créer des passerelles entre la recherche scientifique et la création musicale. Pour ce faire, les activités de l'IRCAM se regroupent autour de cinq départements ; et si l'on ne saurait négliger l'importance dans la vie de l'Institut de la *Pédagogie et Action Culturelle* (qui a pour mission de faire connaître et de transmettre le savoir de l'IRCAM) et de la *Médiathèque* (qui coordonne les services de documentation), ce sont surtout les trois départements restants qui incarnent le programme inscrit dans l'acronyme. Le département *Médiations Recherche/Création* représente le point de rencontre idéal entre les deux pôles constitués par la *Création et Diffusion* (qui attribue les commandes et organise la saison de concerts) et par la *Recherche et Développement.*

En tenant donc compte des exigences de la création, le département *Recherche et Développement* joint à la recherche scientifique, dans les domaines reliés à la musique, le développement technologique issu des résultats de cette recherche. Mais que veut-on dire, plus précisément, quand on parle de « développement » ? Pendant les quinze premières années de l'histoire de l'IRCAM, la construction de « machines à musique », comme la station 4X de Giuseppe Di Giugno, représentait un enjeu majeur ; puis, la puissance des ordinateurs ayant augmenté de façon exponentielle et le développement matériel étant devenu désuet, c'est maintenant le développement logiciel qui occupe presque exclusivement les champs d'application des recherches.

Ces dernières peuvent être regroupées en quatre pôles principaux : *du côté de l'instrument*, comme dans une lutherie, des nouveaux sons sont créés soit à partir d'un modèle instrumental (synthèse par modèles physiques) soit, plus traditionnellement, à partir de signaux (synthèse tout court). *Du côté de l'interprétation*, l'utopie de l'interaction de l'instrumentiste avec l'ordinateur a mené aux techniques de captation du geste et, plus généralement, à la gestion du « temps réel ». *Du côté du lieu de concert*, l'étude des salles réelles permet de créer des espaces résonnants virtuels et d'y placer les sons ainsi spatialisés. Enfin, *du côté de la syntaxe du discours musical*, compositeurs et chercheurs se prodiguent dans l'effort de formaliser les processus complexes et fuyants de la création musicale.

Avant d'examiner en détail les aspects spécifiques des logiciels issus de chacun de ces domaines de recherche, quelques points communs à tous méritent d'être cités.

AUX ANTIPODES DU COMMERCE

Les logiciels de l'IRCAM sont des programmes de recherche et non des produits commerciaux. Le lien entre recherche et développement étant très étroit à l'IRCAM, les résultats des recherches sont tout de suite implémentés dans les logiciels. S'il est vrai que ceci est parfois à l'origine de quelques instabilités, celles-ci sont largement compensées par le fait d'être au cœur de la recherche musicale actuelle. C'est le rôle de l'utilisateur qui change : du statut de « client », il passe à celui de « membre actif » d'une communauté scientifique et musicale.

Les logiciels vivent à travers la communauté. En interprétant la particularité de ce statut de l'utilisateur, les logiciels de l'IRCAM ne sont pas vendus, mais distribués, depuis 1993, dans une sorte d'abonnement annuel : le *Forum*. L'abonnement au Forum donne accès au téléchargement d'un ou plusieurs logiciels pendant un an et ceci s'avère particulièrement utile quand, comme ici, les logiciels sont très souvent réactualisés. Comme son nom le suggère, le *Forum* est un véritable lieu d'échanges : virtuels (il est possible de signaler un *bug* ou de demander conseil en ligne) et réels (deux fois par an, les membres du Forum sont conviés à l'IRCAM pour être informés des dernières avancées de la recherche, pour rencontrer les développeurs, approfondir les logiciels, etc.).

Enfin, *les logiciels de l'IRCAM sont « ouverts »*. S'il y a une caractéristique prégnante des logiciels de l'IRCAM c'est bien leur « ouverture », et ceci à plusieurs niveaux. Premièrement, tout comme les pièces du fondateur de l'Institut, les logiciels en question sont des véritables *works in progress*. Si un logiciel ne connait plus de changements, de remises en question, de bouleversements souvent radicaux, c'est que son développement a été arrêté. Toutefois, l'ouverture dont il est question ne se limite pas à cela : elle est revendiquée, comme une sorte de programme, jusqu'au niveau le plus abstrait de la conception des logiciels. Ceci se traduit et par la modularité de certains d'entre eux (modularité qui simplifie la tâche d'implémentation des derniers résultats de la recherche) et par le fait qu'ils sont tout sauf une « boîte noire » qui donnerait toujours les mêmes résultats : des applications comme *OpenMusic* ou *Max* constituent, plus que des logiciels, de véritables environnements graphiques de programmation que le musicien averti peut façonner selon ses propres exigences poétiques.

Une dernière remarque doit être faite par rapport aux machines qui font fonctionner ces logiciels. Historiquement, c'est vers l'Apple Macintosh que, dès sa naissance, se sont

1. Cf. Hugues Vinet « Recent Research and Development at IRCAM » in *Computer Music Journal*, vol. 23, n° 3 (1999), p. 9–17. Je remercie Monsieur Hugues Vinet, Directeur scientifique de l'IRCAM, pour l'entretien qu'il m'a accordé au cours de la réalisation de cet article .

Coup d'œil dans le studio.

© IRCAM, Olivier Panier des Touches

dirigés les efforts de développement logiciel à l'IRCAM. Il y a une dizaine d'années encore, d'autres plateformes plus puissantes (comme la ISPW - IRCAM Signal Processing Workstation, ou les stations NeXT de NeXT Inc. et SGI de Silicon Graphics) étaient également employées ; puis, la puissance croissante des ordinateurs portables a rendu inutile l'utilisation de ces machines. Parallèlement, la gestion du son et des images s'étant énormément améliorée dans l'univers PC pendant la dernière décennie, certains logiciels comme *OpenMusic*, les suites *MusiqueLab* ou encore *Max/MSP* (bien que ce dernier ne soit plus développé à l'IRCAM) sont maintenant utilisées également sur les systèmes d'exploitation Windows et Linux.

DU CÔTÉ DE L'INSTRUMENT : *L'USINE À SONS MODALYS*

La compréhension du fonctionnement des instruments de musique est le fil conducteur des recherches menées au sein de l'équipe *Acoustique instrumentale*. Dans le laboratoire de l'équipe, on trouve toutes sortes d'instruments acoustiques dans des situations particulières : des violons sont suspendus et « tiraillés » afin d'en capter plus librement les modes vibratoires ; des trompettes ou des clarinettes sont jouées à l'aide de bouches artificielles qui permettent de quantifier l'excitation qu'un vrai trompettiste ou un vrai clarinettiste transmet à son instrument. L'élaboration des données issues de ces expériences et mesurations a donné naissance à une application originale qu'est la *synthèse par modèles physiques* — où, par *modèle physique*, il faut entendre un système d'équations reproduisant le comportement réel d'un instrument donné. Grâce à l'implémentation de ces modèles dans un logiciel, il est possible de reproduire les *modes vibratoires* d'un objet décrit et d'obtenir ainsi des sons synthétiques d'une grande richesse.

Les recherches sur les modèles physiques ont été commencées à l'IRCAM par Jean-Marie Adrien au milieu des années quatre-vingts. Peu après, en 1988, grâce à Adrien et à Joseph Morrison, l'environnement Mosaic (rebaptisé par la suite *Modalys*) prend forme. Dans l'univers virtuel de *Modalys*, des objets virtuels (par exemple une corde, qui peut être plus ou moins tendue, plus ou moins épaisse, plus ou moins élastique) sont excités par des forces elles aussi virtuelles (un archet, un marteau, un souffle). Ce qui est bien réel, dans ce contexte de virtualité absolue, ce sont les sons ainsi synthétisés, qui sortent des haut-parleurs comme d'une porte magique qui mettrait en communication le monde des modèles avec notre univers. Et réel est aussi l'effort de programmation requis pour arriver à un résultat musicalement intéressant dans cet environnement : les objets et leurs interactions doivent être entièrement décrits dans un langage de programmation textuel qu'était le Schème (un dialecte de Lisp) et qui est devenu le Lisp depuis quelques années. Pour rendre plus directe l'interaction avec *Modalys* et faciliter pour ainsi dire la tâche aux compositeurs, il existe des librairies *OpenMusic* et des objets *Max* qui permettent non seulement de créer des objets de manière graphique, mais surtout de modifier dans le temps ces objets ainsi que la manière de les exciter.

Évidemment, *Modalys* peut servir à reproduire la facture et donc le son des instruments réels, mais son intérêt principal est qu'il permet de modéliser des instruments « impossibles » dans le monde réel : dans cet environnement, il est possible de percuter *fortissimo* une plaque de cristal d'une épaisseur d'un millimètre et d'un diamètre d'un kilomètre avec une grande mailloche en acier, ou de modifier en cours de route la longueur ou le diamètre du tuyau d'une clarinette. Si ces possibilités suscitent l'intérêt des scientifiques, elles n'en intéressent pas moins les compositeurs : avec *Modalys*, artistes et chercheurs travaillent dans la même *usine à sons*.

Mais l'aperçu de cette grande usine serait incomplet si on omettait le travail de l'équipe *Analyse-Synthèse*, une des équipes les plus anciennes de l'IRCAM dont l'objet est de mener des recherches et développements en analyse,

transformation et synthèse des signaux sonores. Axées sur la synthèse vocale, les premières recherches de ce groupe de scientifiques ont amené en 1979 au logiciel *Chant*. Ce logiciel a continué d'évoluer jusqu'au milieu des années 1990, en devenant peu à peu un logiciel de traitements et de synthèse, non seulement vocale mais *tout court*.

SUPERVP ET *AUDIOSCULPT*

L'expérience acquise progressivement par l'équipe a donné naissance à un autre logiciel qui est encore utilisé aujourd'hui et demeure, sans aucun doute, l'un des plus connus de l'IRCAM : *AudioSculpt*. Un des points forts de ce logiciel est sa structure en binôme : un puissant moteur de calcul est accessible non seulement par des lignes de commande textuelles, mais aussi par une interface graphique très efficace. Ce moteur est le renommé *Super Vocodeur* de Phase, plus brièvement *SuperVP*. *SuperVP* a été développé dès 1989 (et continue à l'être) dans le but de permettre l'analyse et la synthèse dans les domaines temporels/fréquentiels. Parmi les différentes fonctionnalités de ce moteur, rappelons la détection des transitoires, la synthèse croisée, le filtrage, l'élongation ou le raccourcissement des sons avec préservation des transitoires ainsi que la transposition des sons avec préservation du spectre.

L'interface graphique permet d'accéder à ces fonctions de manière intuitive : après une phase d'analyse, le son est « traduit » en une image en deux dimensions où le temps défile sur l'axe *x*, les fréquences étant représentées sur l'axe *y*. Les intensités des différentes fréquences sont indiquées par des tons de gris plus ou moins foncés. Les modifications ne se font pas directement sur le son, mais sur sa représentation graphique ; pour que le résultat devienne audible, ce graphisme, après avoir été modifié, est retransformé en son. Appliquer un traitement à un son est une opération assez simple dans *AudioSculpt* : dans le cas d'un filtre, par exemple, il suffit de dessiner un polygone en correspondance des fréquences à filtrer et d'indiquer le niveau d'atténuation ou d'amplification de cette surface.

Un autre aspect remarquable d'*AudioSculpt* est sa capacité à segmenter automatiquement les sons. Dans une séquence percussive, par exemple, ce logiciel arrive à indiquer automatiquement le début de chaque coup et à le marquer par un signet. Ces signets peuvent ensuite être exportés vers d'autres logiciels capables de les lire, comme *OpenMusic* ou *Max/MSP*, et exploités musicalement, dans un souci de modularité et d'interaction entre les différents logiciels.

DIPHONE STUDIO

Le dernier logiciel que j'évoquerai dans ce contexte est aussi le plus récent, issu de l'équipe *Analyse-Synthèse*. *Diphone Studio*, qui a vu le jour en 1996, est un programme de *morphing* sonore. De même que dans le *morphing* graphique une image est transformée en une autre sans solution de continuité, dans le *morphing* sonore un son est transformé en un autre sans ruptures. Pour parvenir à ce résultat, *Diphone Studio* commence par analyser le ou les sons de départ et à les segmenter en petites unités appelées *diphones*. Il est ensuite possible d'assembler les diphones (qu'ils soient issus d'un même son ou de sons différents) pour former une sorte de chaîne : le logiciel opérera les transitions d'un diphone à l'autre de la manière la plus souple possible. Encore une fois, c'est l'étude de la voix qui est à l'origine de cette application ; le découpage en diphones, toutefois, fonctionne tout aussi bien avec des sons non vocaux tels que des sons instrumentaux. L'IRCAM estime que ce logiciel est arrivé à maturité : *Diphone Studio* n'est aujourd'hui plus développé, tout en restant en maintenance (la correction des bugs et les mises à jour pour les nouveaux systèmes se poursuivent).

DU CÔTÉ DE L'INTERPRÉTATION : LE *TEMPS RÉEL MAX/MSP*

Le *temps réel* est une des utopies de l'IRCAM dès sa fondation. C'est le rêve d'une véritable interaction des machines avec l'interprète, une interaction qui se passerait dans un laps de temps si réduit (de l'ordre de quelques millisecondes) qu'on pourrait parler d'un temps non plus *différé* mais « *contemporain* » ou *réel*. La puissance de calcul nécessaire pour effectuer en temps réel même les plus simples des traitements était, dans les années 1970 et 1980, conséquente. Pour cela, des machines dédiées ont été conçues et réalisées à l'IRCAM : la 4C (1978) et la 4X (1979) par Giuseppe Di Giugno de même que l'ISPW (IRCAM Signal Processing Workstation) par Eric Lindemann et son groupe vers la fin des années 1980. Cet appareil avait besoin de programmes pour le contrôler et c'est ici que Miller Puckette eut, vers le milieu des années 1980, l'idée d'un logiciel de programmation graphique et modulaire qui pouvait envoyer les instructions de contrôle aux machines. C'était la naissance de *Max*.

L'histoire de ce logiciel est longue et complexe : à partir de 1989, Puckette rajouta la partie *FTS*, une collection d'objets qui permettaient non seulement de contrôler l'audio, mais aussi de le générer. L'IRCAM continua le développement de la partie *FTS*, mais céda la partie *Max* à la société *Opcode* en 1990. Le milieu de ces années vit la naissance de trois branches « maxiennes » : Miller Puckette, désormais professeur à l'université de San Diego, commença en 1996 le développement du logiciel libre *Pure Data*, ou *Pd*, dont l'évolution continue. L'IRCAM lança en 1995 le projet *jMax* : dans l'idée de rendre le logiciel exécutable sur plusieurs architectures matérielles, le moteur de calcul fut séparé de son interface et cette dernière fut écrite dans le langage multiplateforme *Java*. Le projet *jMax* fut abandonné par l'IRCAM au début des années 2000 : bien que très rationnel dans sa conception, le logiciel était gourmand en ressources et l'interface *Java* était lente et instable. Les objets et les librairies que l'IRCAM avait développés sur *jMax* furent portés, à partir de 2002[2], vers *Max/MSP*, la troisième branche issue de l'idée originelle de Puckette. Développé par la société américaine *Cycling'74*, qui le racheta en 1999 à la société *Opcode*, ce logiciel est désormais proche de sa version 5.0. Techniquement parlant, cet environnement se décompose en une partie MIDI *(Max)*, une partie audio *(MSP)*, et une partie vidéo *(Jitter)*.

Les principes de fonctionnement de *Max* sont ceux de la programmation orientée objets. Un *objet* est une entité abstraite, un *noumène* en termes platoniciens. La manifestation concrète de ces *objets*, le *phénomène*, est ce que les informaticiens appellent *instaciation* et qui coïncide dans *Max* avec la création d'une petite boîte sur l'écran. L'utilisateur de *Max* ne connaît pas la structure intime des *objets*, mais se limite à en connaître leur fonctionnement. Ces *objets* ont des entrées et des sorties : des messages entrent dans les *objets*, sont traités, et le résultat de ces traitement sort, toujours sous forme de *messages*. Les *messages* sont acheminés d'un objet à l'autre grâce une sorte de câble dit *connection*. L'ensemble des *objets* et de leurs *connections* s'appelle *patch*. Visuellement, un patch ressemble à un circuit électronique ;

2. Un résumé détaillé de l'histoire de *jMax* se trouve en ligne à l'adresse : http://knorretje.hku.nl/wiki/jMax-english

L'IRCAM sous la protection de Niki de Saint Phalle et Jean Tinguely.

© IRCAM, Olivier Panier des Touches

fonctionnellement, il rappelle le jeu japonais *pachinko* : une information est donnée sous forme de *message* et elle parcourt le *patch* de haut en bas pour ainsi dire « trouver une sortie » dans le dédale. L'art d'un programmeur *Max* consiste dans l'effort de différencier son *patch* le plus possible du jeu japonais et de rendre le parcours des *messages* le moins aléatoire possible. *MSP*, la partie audio de *Max*, partage les mêmes principes ; la seule différence substantielle est le fait qu'il n'y a pas besoin de « lancer » chaque message : une fois le moteur audio allumé, l'information circule en continu dans les câbles, comme le ferait un courant électrique.

À l'IRCAM, les travaux de recherche les plus récents emploient cet environnement pour gérer le *suivi de partition*, et le *suivi et l'analyse du geste*. La finalité est toujours d'adapter l'électronique au jeu instrumental, mais dans le premier cas, le logiciel analyse le résultat sonore issu d'une exécution pour l'associer à la partition préalablement rentrée dans l'ordinateur ; dans le second cas, le logiciel détecte et reconnaît non plus les sons mais les gestes de l'interprète ou du danseur sur la scène. Au-delà de ces deux cas particuliers, les utilisations de *Max* sont des plus disparates : cet environnement peut être utilisé pour générer des sons de synthèse, pour gérer l'interaction entre instrumentiste et électronique en temps réel, pour effectuer des performances « live », pour contrôler des installations, etc. Du moment où une information externe peut être traduite en *message*, *Max* sait la traiter.

Aujourd'hui, *Max* est employé à l'IRCAM dans deux contextes : d'un côté, les *Assistants Musicaux*, dernièrement rebaptisés *Réalisateurs en Informatique Musicale*, programment des *patches* de synthèse ou de « scène » pour les compositeurs qui écrivent à l'IRCAM : c'est l'approche finalisée à la création et au concert. De l'autre côté, l'équipe *Interactions musicales temps réel* utilise *Max* comme un environnement dans lequel créer et faire tourner ses propres *objets* tels que la librairie *FTM*. La finalité est ici plus scientifique ; toutefois, ces *objets* sont utilisés lors des créations, car le travail des *Réalisateurs en Informatique Musicale* est souvent aussi un travail de recherche… Il est décidément difficile de séparer les rôles à l'IRCAM !

DU CÔTÉ DU LIEU DE CONCERT : *L'ESPACE VIRTUEL*

Max est un logiciel tellement polyvalent que d'autres chercheurs de l'IRCAM en font un usage intensif : l'équipe *Acoustique des salles*, qui travaille sur l'analyse, la reproduction et la synthèse de scènes sonores, a développé une *librairie*, c'est-à-dire une collection d'objets, du nom de *Spat*.

Le *Spat* simule la spatialisation de sources sonores. Quiconque possède un système de reproduction audio a au moins expérimenté la forme la plus simple de spatialisation : changer le *panoramique* dans une chaîne hi-fi stéréo déplace graduellement les sons du côté droit ou gauche, bien que l'espace acoustique dans lequel ces sons se trouvent reste celui de notre pièce. Les travaux sur la réverbération artificielle et la perception acoustique de l'équipe *Acoustique des salles* ont porté à l'élaboration d'algorithmes qui permettent d'aller beaucoup plus loin dans la spatialisation : non seulement il est possible de déplacer un son tout autour de l'auditeur, mais on peut aussi donner l'illusion de toutes sortes d'espaces réverbérants. Le plus impressionnant est que ce résultat peut être obtenu indépendamment du nombre de haut-parleurs : le système s'adapte et reste crédible tant en casque que dans une configuration stéréo, quadriphonique, 5.1, etc.

DU CÔTÉ DE LA SYNTAXE DU DISCOURS MUSICAL : LA *CAO*

La dernière famille de logiciels développés à l'IRCAM n'est pas axée sur le son, mais sur la représentation de structures musicales ; en d'autres mots, ces logiciels manipulent les *notes* au sens traditionnel du terme. Travailler non pas sur

les sons mais sur une de leurs représentations conceptuelles permet de dégager, produire et reproduire des règles syntaxiques qui peuvent aider le compositeur à écrire des pièces instrumentales : c'est le domaine de la *CAO*, ou *Composition Assistée par Ordinateur*. Les travaux théoriques qui sont à l'origine de la *CAO* et de son implémentation logicielle naissent au sein de l'équipe *Représentations musicales*. Le premier logiciel graphique issu de ce groupe de chercheurs est né en 1989 : *Patchwork*.

Dans l'histoire des logiciels de l'IRCAM, *Patchwork* est l'ancêtre d'*OpenMusic*. Il s'agit d'un environnement interactif pour la création et la manipulation du matériau pré-compositionnel, une sorte de *« puissante calculette pour compositeurs »*[3]. Ses concepts clés se retrouvent, améliorés, dans le logiciel ultérieur de l'équipe. Développé à partir de 1996, *OpenMusic* est bien plus que *Patchwork* avec un affichage en couleurs : sur *OpenMusic*, des objets informatiques complexes peuvent être créés en s'appuyant sur l'interface graphique et les séquences musicales issues des *patches* peuvent être agencées dans le temps à l'aide d'un environnement dans l'environnement appelé *maquette*.

S'il est impensable de rentrer dans les détails de cet univers complexe que constitue *OpenMusic*, il est possible au moins d'en tracer les caractéristiques principales. Au premier abord, *OpenMusic* et *Max* paraissent très similaires. Dans les deux logiciels, tous deux environnements graphiques de programmation, l'information circule dans des « câbles » et parvient ainsi à des *objets* qui la traitent. Les similitudes, toutefois, s'arrêtent là. *OpenMusic* est une représentation graphique de Lisp, un des premiers langages de programmation qui aujourd'hui est surtout utilisé dans les recherches sur l'intelligence artificielle. La particularité du LISt Processor ou Lisp est de gérer avec grande aisance des listes de données, ce qui, du moment où l'on arrive à décomposer une phrase musicale en une série de listes, se révèle de grand intérêt. Hauteurs, durées, intensités, etc. peuvent ainsi être extraites d'une séquence musicale et soumises à des modifications et à des contraintes.

Une autre différence majeure par rapport à *Max* est que l'ordre de calcul est inversé : il faut solliciter le dernier *objet* de la chaîne pour qu'il lance la computation et celui-ci s'adressera à l'avant-dernier et ainsi de suite, jusqu'à atteindre, à rebours, le premier *objet*. Cette manière de procéder, dont la logique peut paraître sinueuse au premier abord, est directement issue du mode de fonctionnement du Lisp. Enfin, par rapport à *Max, OpenMusic* fonctionne résolument en temps différé : c'est un outil conçu pour aider le compositeur lors de la composition et non lors de la représentation sur scène.

OMAX

Une voie nouvelle et intéressante mérite encore d'être citée. Les tous derniers travaux de l'équipe *Représentations musicales* se concentrent sur *OMax*, un environnement hybride qui fait communiquer les deux logiciels pour profiter du meilleur des deux mondes : le calcul en temps réel de *Max* avec la gestion des listes et des contraintes d'*OpenMusic*. La finalité d'*OMax* est de faire improviser l'ordinateur avec un instrumentiste : la machine essaie de comprendre la syntaxe de l'être humain et de la reproduire, de la varier, de la contrer… le tout dans un saisissant exemple de recherche qui devient musique vivante.

OUVERTURES PÉDAGOGIQUES : *MUSIQUELAB*

Nous avons parcouru, bien que sommairement, l'histoire des logiciels développés à l'IRCAM, décrit leur état actuel et esquissé quelques unes de leurs perspectives. Une dernière considération, en guise d'appendice, s'impose : l'*ouverture* des logiciels de l'IRCAM jointe à leur *caractère de recherche* fait que *Max, OpenMusic* et, dans une moindre mesure, les *logiciels* de synthèse, sont complexes à apprendre et à utiliser. Si cet aspect est secondaire pour des professionnels qui savent que le temps et les énergies investis seront rentabilisés, cela devient un souci majeur pour les non-professionnels.

En effet, quand l'IRCAM s'est rendu compte que ses logiciels pouvaient être utilisés non seulement pour la recherche, la composition ou la production professionnelle des œuvres, mais aussi pour introduire les concepts clés de la musique ou les éléments importants du langage d'un compositeur auprès des jeunes, son souci principal a été de les simplifier. Pour que leur « prise en main » soit rapide et leur usage comme outils d'apprentissage efficace, il fallait limiter les possibilités des logiciels et en simplifier l'interface : en d'autres termes, il fallait transformer les environnements de programmation en logiciels. Les suites *MusiqueLab 1* et *MusiqueLab 2* sont les fruits de cet effort.

Le développement de *MusiqueLab 1* a commencé vers la fin des années 1990 et se voit réalisé conjointement par l'IRCAM et le Ministère de l'Education Nationale français. Il s'agit d'une série de six applications basées sur *Max/MSP* et qui permettent d'aborder des aspects particuliers de la musique : *Hauteur et Intensité* ainsi qu'*Échelles et Modes* (dont les noms sont assez explicites), *Construction Rythmique* et *PolyCycles* (qui se destinent à l'étude des rythmes et de la polyrythmie), *Nuages* (qui permet de manipuler des nappes à la Ligeti) et enfin *Montage* (qui rend possible l'agencement des éléments musicaux produits avec les cinq applications précédentes).

Les réflexions autour du projet *MusiqueLab 2* ont commencé en 2004. Le projet est en cours de réalisation et aucune application n'est disponible au public pour l'instant. La suite devrait se composer de trois logiciels : *ML-Audio* se base sur *Max/MSP* et servira pour la visualisation et le traitement de fichiers sons ; *ML-Maquette* est par contre axé sur *OpenMusic* et servira à manipuler des représentations symboliques des sons ; *ML-Annotation* permettra de scanner une partition, de la synchroniser avec un fichier audio, et de faire ressortir graphiquement certains éléments plutôt que d'autres. Les suites *MusiqueLab 1* et *MusiqueLab 2* (dès qu'elles seront finalisées) seront téléchargeables gratuitement par tous les membres de l'Education Nationale.[4]

3. Mikhail Malt, *Les mathématiques et la composition assistée par ordinateur*, thèse de doctorat sous la direction de Marc Battier, Université Paris IV-Sorbonne, 2000 (inédite), p. 177.

4. Le site internet de l'IRCAM (http://www.ircam.fr) est très riche en informations. Nombre d'articles scientifiques issus du travail des équipes sont consultables sur la page http://recherche.ircam.fr