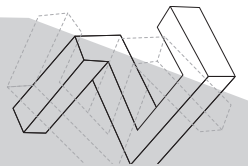


## Jean-Claude RISSET



*Jean-Claude RISSET a mené parallèlement une carrière de chercheur et de compositeur. Pionnier de la synthèse des sons avec Max MATHEWS aux Bell Laboratories dans les années 60, il a effectué des recherches sur le son musical et sa perception pour exploiter musicalement ses ressources nouvelles : synthèses imitatives, composition du son, musiques mixtes, paradoxes et illusions acoustiques. Ses compositions et ses recherches lui ont valu les plus hautes récompenses françaises - Grand Prix National de la Musique en 1990, médaille d'or du CNRS en 1999 - ainsi que le Prix Ars Electronica 1987. Ce texte est extrait de « Evolution des outils de création sonore » publié dans « Interfaces homme-machine et création musicale » sous la direction de Hugues Vinet et François Delalande - Hermès, Paris 1999.*

### INTRODUCTION

La musique électrique remonte au siècle dernier, la création électroacoustique remonte à cinquante ans et la musique numérique à plus de quarante ans. Dans cet article, qui s'appuiera sur des exemples issus de mon expérience personnelle, je souhaite évoquer la façon dont le musicien interagit avec les outils de création sonore.

L'exploitation des ressources du son de synthèse suppose une véritable recherche : on ne sait pas toujours comment produire tel effet sensible. Cette exploration du son musical a produit de réelles avancées scientifiques concernant le son et l'audition. Le savoir-faire engrangé est communicable. Le processus peut apparaître ouvrageux, mais l'enjeu musical est de taille : composer le son lui-même, faire jouer le temps dans le son au lieu d'agencer des sons dans le temps.

L'évolution technologique permet des performances accrues - elle entraîne aussi l'obsolescence des outils, ce qui pose de réels problèmes de survie pour les œuvres qui font appel à ces

outils pour leur présentation publique. Le temps réel réintroduit l'interprète dans la musique électroacoustique: il ouvre de nouvelles possibilités d'interactivité, mais il ne facilite pas nécessairement les opérations de composition.

### L'ÂGE NUMÉRIQUE

Vers 1956 sont présentées diverses expériences de composition assistée par ordinateur, notamment celles de Lejaren Hiller. Nous en parlerons peu, mais il est clair que l'intelligence musicale qu'on peut insuffler à l'ordinateur ne peut que renforcer sa capacité à mettre en œuvre des outils de création sonore

En 1957, Max Mathews et ses collaborateurs réalisent la première synthèse de sons par ordinateur : le son est calculé sous forme de nombres. Selon Michel Serres, «l'ordinateur peut se dire outil universel : instrument construit et concret sous la main, mais d'application ouverte et indéfinie comme un théorème.» Avec l'usage de l'ordinateur, il n'y a plus détournement,

mais simplement exploitation d'un potentiel très ouvert. C'est la programmation qui fait de l'ordinateur tel ou tel outil : le codage numérique l'habilite à la création sonore. Aussi François Bayle voit-il l'ordinateur plutôt comme un atelier - aidant à développer les outils d'un savoir-faire intellectuel autant que matériel. Le traitement du son numérique peut bénéficier des capacités mathématiques et logiques de l'ordinateur. Les contraintes semblent disparaître, ou plutôt on peut dans une large mesure les choisir ou les modifier.

### LE PROGRAMME MUSIC N : UNE BOÎTE À OUTILS LOGICIELLE

Max Mathews, le pionnier de la synthèse des sons par ordinateur, a marqué le domaine de son talent de concepteur. A partir de Music III (1959), ses programmes de synthèse - Music IV, 1961 ; Music V, 1967 - sont en fait des compilateurs, c'est-à-dire des programmes susceptibles d'engendrer une variété de programmes différents. L'utilisateur y est laissé libre de décider du type de synthèse sonore qu'il veut mettre en œuvre : il choisit des modules dont chacun correspond à une production ou une transformation sonore (oscillateur, filtre, additionneur), et il les assemble à loisir, comme s'il «patchait» un synthétiseur

modulaire - possibilité qui rappelle le fonctionnement du Meccano ou du Lego. Contrairement à ce que pensent beaucoup, la conception de Mathews ne copie pas celle des synthétiseurs : elle a au contraire inspiré les dispositifs de Moog et Buchla, réalisés analogiquement en tirant parti de la commande par tension ... mais seulement à partir de 1964, alors que Music III a été écrit en 1959. En fait la conception modulaire de Mathews a marqué la plupart des programmes de synthèse - comme Music 360, Music 11, CMusic, Csound - et des synthétiseurs analogiques ou numériques - comme Arp, DX7, 4A, 4B, 4C, 4X, SYTER - aussi bien que des langages de simulation de circuits électroniques, et plus tard un langage de création d'interactions temps réel comme Max.

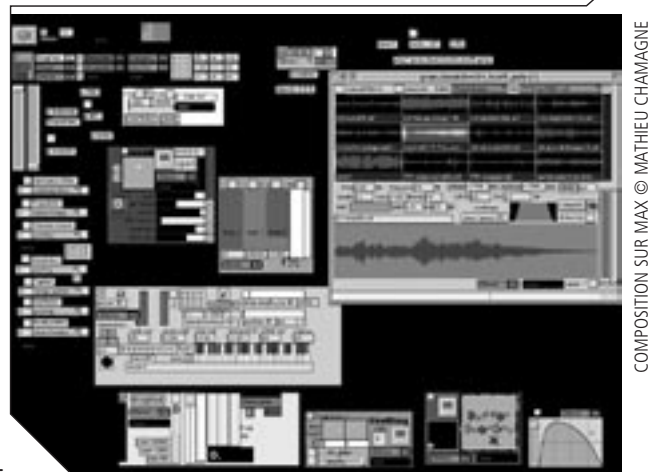
Jusqu'à il y a peu, la vitesse des ordinateurs ne permettait pas l'usage en temps réel de programmes comme Music III, IV ou V. Ces programmes peuvent être vus comme des boîtes à outil purement logicielles : les «modules» que l'utilisateur choisit et assemble sont virtuels, ils correspondent à des segments de programme. L'assemblage est stipulé par une déclaration

textuelle suivant des conventions propres au programme. Un assemblage de modules correspond à un modèle particulier de synthèse : par analogie, on lui donne le nom d'instrument, un instrument pouvant jouer diverses «notes» - correspondant à des «instanciations» de cet instrument précisant les paramètres restés indéfinis (par exemple un instrument donnant des sons à hauteur déterminée pourra en général jouer plusieurs fréquences, voire un continuum de fréquences, correspondant à différentes notes possibles). Dans le cadre du programme, les notes seront donc définies par des instructions donnant leur instant de début, leur durée et la valeur des paramètres qu'on peut faire varier pour l'instrument.

Pour utiliser un programme de synthèse comme Music V, il faut donc définir des «instruments» et donner une liste de notes activant ces instruments. On peut représenter un assemblage de modules sur un diagramme. Certaines mises en œuvre permettent de définir un instrument graphiquement, de même qu'on définit un «patch» dans le langage Max : c'est aujourd'hui chose facile avec les outils graphiques dont on dispose. Il

faut donner aussi quelques spécifications additionnelles, par exemple stipuler certaines fonctions utilisées comme forme d'onde, enveloppe, schéma d'évolution d'un autre paramètres comme le tempo métronomique ... Jusqu'en 1977 environ, ces spécifications étaient faites le plus souvent à l'aide de cartes perforées. Et les ordinateurs dédiés à un seul utilisateur étaient exceptionnels jusqu'au milieu des années 70 : il fallait passer par la file d'attente du «traitement par lots» («batch processing») des centres de calcul - on pouvait attendre plusieurs heures le résultat du calcul des échantillons sonores, et il fallait alors avoir accès à un dispositif capable de convertir les nombres en son. Ainsi, dans les années 60, les musiciens effectuant des synthèses par ordinateur à Columbia ou à Princeton - Hubert Howe, Jim Randall, Geoffrey Winham, Charles Dodge - devaient apporter leurs bandes sur le «Hare-Gear» ou «Tapex» installé hors-ligne aux Bell Labs, à Murray Hill dans le New Jersey.

Avec des logiciels bien définis et structurés comme les programmes Music n, on peut envisager de construire pratique-





ment n'importe quelle structure sonore, en ajoutant au besoin un module supplémentaire mettant en œuvre un processus non envisagé antérieurement. On peut donc dire que les programmes Music n tirent parti du caractère universel de l'ordinateur, et qu'ils mettent à la disposition de l'utilisateur une très grande variété d'outils de création sonore virtuels. Le problème est déplacé du matériel vers le logiciel, de la technologie vers le savoir-faire : la difficulté n'est plus la construction d'un outil, mais sa définition, sa conception, qui doivent tenir compte des caractéristiques de la perception et des impératifs du propos musical.

La question du propos musical se pose différemment pour chaque utilisation. En revanche celle de la perception ne

peut être éludée, car la spécification d'un son se fait en le décrivant dans tous ses paramètres physiques, et non pas en stipulant l'effet recherché. Or la synthèse des sons par ordinateur nous montre que la relation entre cause et effet - entre structure physique et effet sensible - est bien plus complexe que ce qu'on croît. La structure physique du son est connue par construction, et l'écoute du son synthétisé permet de faire l'expérience de son effet sensible. Bien souvent, des relations prescrites en paramètres physiques ne se traduisent pas par des relations semblables - «isomorphes» - entre les attributs perceptifs correspondants. Ainsi on assimile généralement la hauteur perçue à la fréquence du signal physique : mais, pour certains types de sons, la hauteur peut baisser lorsqu'on double les fréquences qui les constituent (Risset, 1986). De tels paradoxes ou illusions acoustiques démontrent la spécificité de la perception et la nécessité d'en tenir compte si l'on ne veut pas que le propos musical soit complètement distordu par son incarnation sonore.

L'exploitation des ressources du son de synthèse suppose donc une véritable recherche : on ne sait pas toujours comment produire tel effet sensible. Cette exploration du son musical a produit de réelles avancées scientifiques concernant le son et l'audition, une meilleure compréhension du son musical et de sa *psychoacoustique*. Le savoir-faire engrangé est communicable. Le processus peut apparaître ouvragé, mais l'enjeu

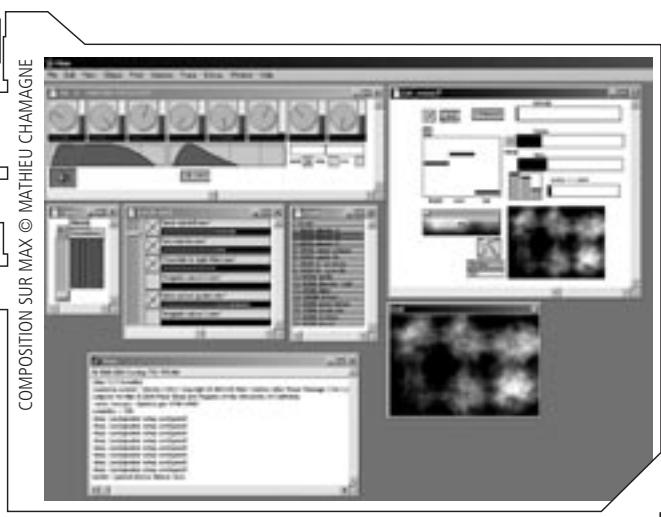
musical est de taille : composer le son lui-même, faire jouer le temps dans le son au lieu d'agencer des sons dans le temps. Et une boîte à outils logicielle comme Music IV, Music V ou CSound permet de transmettre le savoir-faire directement : la «partition» nécessaire pour la synthèse des sons est à 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 correspondante.

Ainsi John Chowning m'a fait entendre en 1968 le résultat de ses premières expériences sur la modulation de fréquence (FM), et il m'a laissé ses données de synthèse : j'ai pu immédiatement reconstituer les sons, et j'ai utilisé le procédé dans

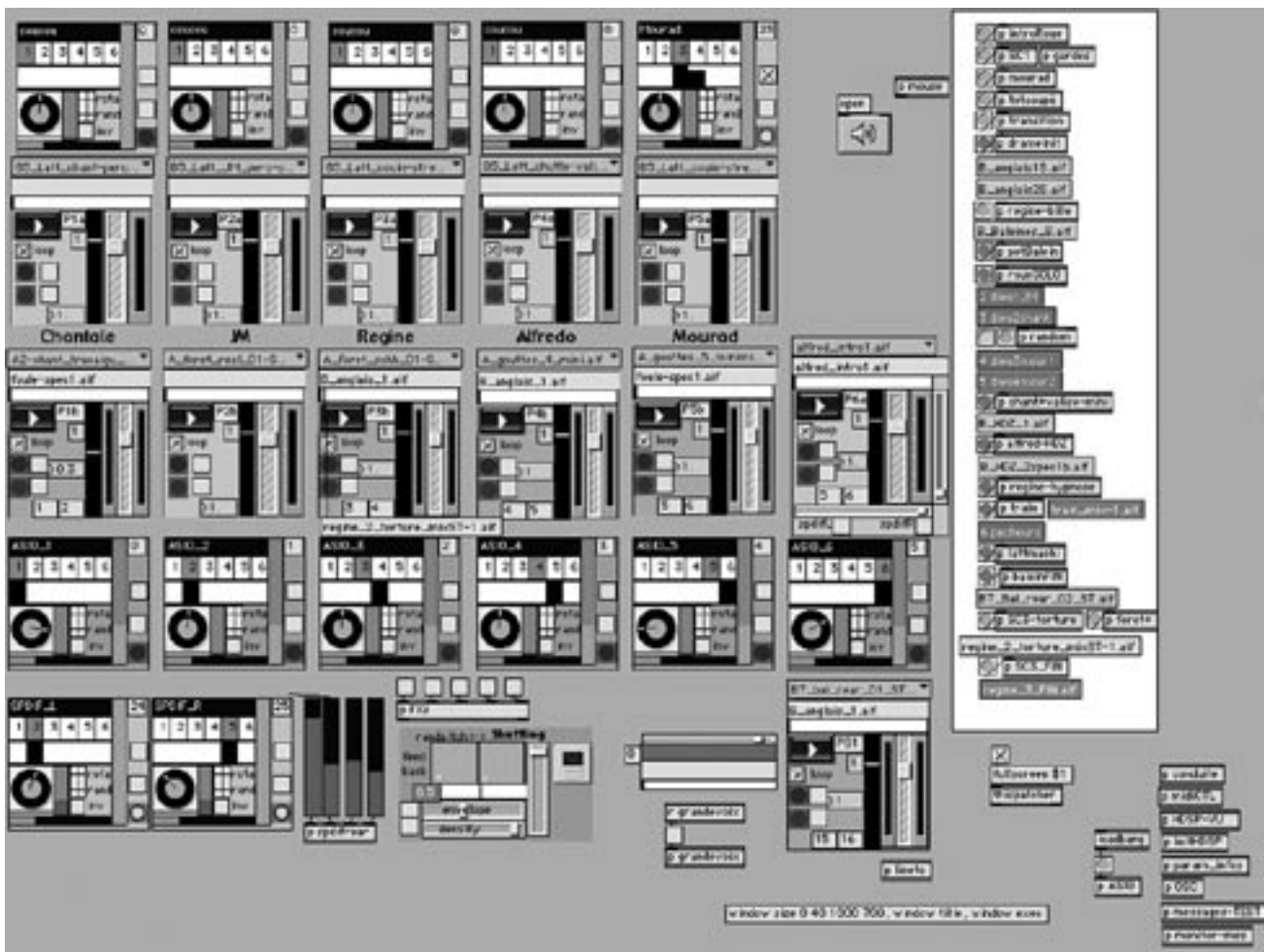
mon œuvre pour bande *Mutations* (entre 7mn41s et 8mn07s). Cette facilité de transmission m'a incité à assembler en 1969 un catalogue de sons synthétisés par ordinateur pour faciliter la transmission du savoir-faire que j'avais développé dans mon exploration de la synthèse du son. Ainsi mes propres données concernant la synthèse imitative de sons cuivrés, prescrivant un spectre s'enrichissant en fréquences aigües lorsque l'amplitude augmente, y compris dans la phase d'attaque, ont été utilisées par

James Beauchamp, Robert Moog - qui a construit des filtres à largeur de bande commandée par tension pour produire des sons cuivrés de façon analogique suivant le même procédé - et John Chowning, qui a pu mettre en œuvre le processus de façon élégante grâce à la FM - ce qui a élargi ses perspectives sur les possibilités de cette technique. On trouve dans mon catalogue une description concise de mes sons paradoxaux - descendant ou montant sans fin, ou montant et descendant à la fois - ce qui rend très facile leur reconstitution : ils sont par exemple disponibles et contrôlables en temps réel sur le processeur audio numérique SYTER, conçu à l'INA-GRM par Jean-François Allouis et commercialisé par Digilog dans les années 80 (cf. Teruggi, 1999).

On peut donc dire avec Marc Battier (1992) que l'usage de boîtes à outils logicielles que sont les programmes Music n et ses dérivés, un «environnement réticulé», a favorisé le développement d'une «économie d'échanges» concernant le savoir-faire sonore. L'accroissement du savoir-faire a donc fourni des pistes pour des outils de création sonore, ou, si



COMPOSITION SUR MAX "LE DRAME DES CONSTRUCTEURS" - MISE EN SCÈNE M-N. BRUN - CIE VENTS D'EST  
TRAITEMENT DU SON EN TEMPS RÉEL © MATHIEU CHAMAGNE



l'on préfère, des clés pour bâtir ses propres outils de création virtuels à l'aide de ces boîtes à outils logicielles. J'ai moi-même construit et utilisé ces outils au sein du logiciel Music V pour satisfaire dans mes œuvres certains désirs musicaux, par exemple la composition harmonique du son et le prolongement de l'harmonie dans le timbre (dans *Little Boy* et *Mutations*, réalisées aux Bell Laboratories), les transformations intimes de structures inharmoniques synchrones évoquant des cloches ou des gongs en textures fluides dévoilant «l'intérieur» du son (dans *Inharmonique*, réalisée à l'IRCAM). Chowning a procédé de même pour suggérer des trajectoires dans l'espace physique ou dans l'espace des timbres avec ses œuvres *Sabelith*, *Turenas* ou *Phone*.

On notera que dans le standard à venir MPEG4 pour le codage et la compression des messages audio-visuels, un codage sonore est prévu en termes d'un langage de synthèse voisin de Music V ou de CSound : cette mise en œuvre, effectuée par Eric Scheirer, permettra d'opérer des synthèses et des transformations directement.

Les environnements virtuels ont pu stimuler la création d'outils spécialisés de création sonore. Ainsi le «Graphic

System» démontré par Mathews et Rosler en 1966 pour synthétiser le son à partir de partitions graphiques a-t-il précédé et probablement inspiré l'UPIC de Xenakis, machine à «dessiner les sons musicaux». Dans les années 80, le synthétiseur DX7 a connu un très grand succès public : la qualité et la variété des sons qu'il permettait d'obtenir ne tenaient pas au seul développement technologique et industriel et au choix du procédé de synthèse FM. Il importe de ne pas l'oublier, c'est la recherche logiciel et hors temps réel sur la synthèse FM, effectuée principalement par John Chowning, qui a permis l'invention, l'exploitation sonore et musicale et la diffusion de cette technique dans des outils individuels.

#### TRAITEMENT DES SONS

En 1967, Sandra Pruzhansky a écrit aux Bell Laboratories un programme simple de montage et de traitement sonore, *SuperSplicer* (le «splicer» est un outil pour réaliser les collants de bande magnétique), à l'intention de Vladimir Ussachevsky, qui a composé en résidence *Computer Piece n° 1* (1968), comportant à la fois des sons concrets traités par ce programme et un mixage de sons de synthèse obtenus avec Music V.

Si la synthèse numérique est une forme de musique électronique, le traitement numérique des sons prolonge la musique concrète. Au studio 123 du GRM, Bénédicte Mailliard a développé au début des années 80 un ensemble de programmes de transformation des sons. Différents types de transformation y sont disponibles : mixage, modulation d'amplitude, spatialisation, filtrage, brassage temporel... Pour chaque transformation, l'utilisateur répond aux questions d'une interface qui lui demande de spécifier les paramètres de la transformation désirée. Il est intéressant de noter qu'un certain nombre de ces transformations utilisent le programme Music V<sup>1</sup>, mais de manière interne : l'utilisateur ne «voit» que la transformation, et il travaille donc dans des conditions plus proches de la tradition de la musique concrète. Il faut noter des batteries de filtres résonants, qu'on peut entendre animés par la voix dans *Erosphère* de François Bayle ; Paul Lansky a beaucoup utilisé cette démarche dans ses compositions.

Dans ma pièce *Sud*, réalisée au GRM en 1983-1984, j'ai tiré parti à la fois de la synthèse par Music V et du traitement par les programmes du studio 123. J'ai choisi des sons de synthèse à hauteurs déterminées appartenant à une échelle spécifique - un mode non octaviant, structure «hors-temps» comme celle d'un raga indien ; au contraire les sons concrets choisis n'avaient pas de hauteur déterminée, comme les sons de la mer, ou alors ils avaient une hauteur que je ne contrôlais pas, comme les sons d'insectes ou d'oiseaux. J'ai utilisé les outils du studio 123 pour opérer des transformations rapprochant sons concrets et électroniques : le filtrage résonant des sons de mer ou d'animaux par des filtres accordés suivant le mode choisi impose cette structure de hauteur sur les sons concrets, et la synthèse croisée de sons de synthèse et de sons de mer ou de percussion imprime le flux énergétique des sons naturels sur les harmonies synthétisées. De telles opérations faisant appel à des outils d'hybridation sonore évoquent la parole de Cézanne : «marier des courbes de femmes à des épaules de colline».

Lors d'une synthèse, on est à la source du son, on peut le modifier de façon intime, et par exemple changer sa durée indépendamment de sa fréquence. Il n'en va pas de même si l'on procède à des traitements, qui tendent à opérer des changements de façon plus globale. Ainsi le ralentissement de la vitesse d'une bande magnétique - ou du taux d'échantillonnage pour des sons numériques - modifie la durée et aussi, inséparablement, la fréquence. Pour effectuer des transformations plus intimes, il faut souvent se ramener à la situation de synthèse, en tirant parti de processus *analyse-synthèse* : on analyse le son en composantes élémentaires susceptibles

de se recombiner pour reconstituer le son initial. En modifiant certains éléments avant la resynthèse, on peut alors effectuer des transformations intimes, par exemple l'étirement temporel sans modification de fréquence. Plusieurs processus permettent ce type de traitement, par exemple le codage prédictif, le vocoder de phase, et la transformation de Gabor, mise en œuvre par Daniel Arfib dans le programme *Sound Mutations*<sup>2</sup>, et que j'ai utilisée dans *Invisible* pour étirer le son dans un rapport qui peut dépasser 100, ou pour réaliser des synthèses croisées de la voix et du vent, le souffle du vent prenant la place de la vibration des cordes vocales. Pour que la parole reste intelligible en dépit d'étirements, il faut ralentir les parties vocaliques mais garder le même débit temporel dans les segments comprenant des consonnes comme t, p ou k, pour lesquelles un étirement temporel interférerait avec l'identification. La transformation de Gabor a inspiré la transformation en ondelettes, développée par Morlet et Grossman et appliquée dans le domaine sonore par Kronland-Martinet, Guillemain, Boyer, Wickerhauser et d'autres.

Le traitement musical des sons est en pleine expansion, et il importe de maîtriser ses ressources musicales. Le domaine des effets audionumériques est l'un des secteurs importants de la création sonore : il faut noter l'existence d'une action européenne COST suscitée par Daniel Arfib, et qui associe certains de ces acteurs pour constituer une documentation et organiser des colloques «DAFx» (Digital Audio Effects).

Le traitement des sons se prête moins bien que la synthèse à la spécification d'un programme général. Pourtant on peut considérer qu'un environnement logiciel comme MATLAB correspond assez bien dans le domaine du traitement à ce que Music n proposait pour la synthèse, dans la mesure où il définit un certain nombre de «primitives», de fonctions de base dont la combinaison peut permettre la mise en œuvre d'un traitement. Là encore, les logiciels permettent de définir des outils virtuels, qui peuvent être «réifiés», matérialisés en unités de traitement tels que les boîtes d'effet Lexicon ou les unités de traitement du signal SPX. Les simulations informatiques de réverbération sans coloration par Schroeder et Logan, Chowning et Moorer ont permis la mise en œuvre de réverbérations numériques de haute qualité. Les circuits numériques spécialisés permettent d'accélérer les traitements et d'accéder au «temps réel», ce qui dispense de stocker les sons, gourmands en place mémoire, et qui rend possible la réaction et la commande en «temps réel» le traitement par des gestes.

## TEMPS RÉEL

La dialectique temps réel/temps différé est importante en ce qui concerne les outils de création sonore. Traditionnellement, la composition est plutôt une activité hors-temps : en revanche l'interprétation suppose l'écoute, elle implique donc le « temps réel ». Or les techniques de studio supposent toute une préparation, et l'usage de l'ordinateur n'atteint au temps réel que si les calculs requis par la synthèse peuvent se faire assez rapidement pour permettre la modification du résultat à l'écoute sans délai appréciable ou gênant.

Qui peut le plus peut le moins : si le temps réel permet les mêmes opérations que le temps différé, pourquoi s'en priver et ne pas profiter de ses avantages possibles ? La notion de boîte à outils logiciel peut s'étendre aux processus temps réel. On voit souvent des logiciels spécifiques d'effets sonores susceptibles d'être inclus dans le cadre de boîtes à outils plus générales. Certains des programmes du studio 123 ont été portés sur le synthétiseur audionumérique SYTER, ou dans le logiciel GRM-Tools. Ce logiciel peut être utilisé séparément pour la transformation de sons, mais il peut aussi être inséré comme « plug-in » dans des langages généraux de montage, mixage et transformations tels que Pro-Tools et CuBase<sup>3</sup>. Il s'agit d'une possibilité actuelle et probablement d'avenir (cf. Arfib, 1998). La mise en œuvre de structures gigogne en temps réel pose toutefois de délicats problèmes de compatibilité des protocoles. Ainsi un logiciel comme MidiShare, écrit par Yann Orlarey du GRAME, facilite-t-il la compatibilité de différents programmes.

Le temps réel réintroduit l'interprète dans la musique électroacoustique : il ouvre de nouvelles possibilités d'interactivité. Déjà l'électronique avait permis l'apparition de nouveaux instruments, mais ces instruments supposaient des interprètes virtuoses. Avec l'informatique, la combinatoire et la présence de mémoires permettent de relayer l'instrumentiste dans ses fonctions de déclenchement et de commande, et donc d'instaurer des modes plus complexes de contrôle en temps réel du rendu musical.

Dès la fin des années 60, le recours à des systèmes hybrides avait permis d'allier ordinateur et temps réel : la commande de VCO et VCA (oscillateurs/amplificateurs commandés par tension - voltage-controlled oscillators/amplifiers) demande un taux d'information considérablement plus faible que la spécification de l'onde sonore dans tous ses détails temporels ; ainsi la spécification d'une onde sinusoïdale à fréquence constante ne demande que deux nombres - fréquence et amplitude - au lieu de dizaines de milliers de nombres par seconde. Avec le système temps réel hybride Groove, datant de la fin des années

60, Max Mathews et Richard Moore ont spécialement étudié les possibilités de contrôle par le musicien, offrant une gamme étendue, depuis le jeu instrumental (comme un organiste qui fait un geste par note : il contrôle tout, mais l'exigence technique est très grande) jusqu'au geste unique d'un auditeur qui ne fait que déclencher l'écoute d'un enregistrement (il n'a pas d'exigence technique à satisfaire, mais il ne dispose que d'un contrôle réduit aux équilibres d'intensité, sans possibilité de jouer sur le temps). Des modes de contrôle intermédiaires offrent un grand intérêt, par exemple un mode *Music minus one* où le musicien ajoute une voix à un texte musical déjà réalisé et mémorisé dans la machine - mais le musicien n'est plus ici assujéti au temps implacable d'une bande - ou un mode *chef d'orchestre* dans lequel le musicien, sans jouer aucune note, « bat la mesure », déterminant le tempo et veillant en même temps à l'équilibre entre les voix (un processus qui avait suscité l'intérêt de Pierre Boulez). Dans l'usage de Groove, on peut élaborer une interprétation « par couches », en effectuant plusieurs sessions successives faisant se succéder différents modes de commande. Le contrôle du tempo par des battues, que Mathews a repris dans son « radio drum », joue un rôle important pour l'animation rythmique de la musique.

Le Synclavier, premier synthétiseur numérique conçu par Jon Appleton et Sydney Alonso dans les années 70, a bien pris en compte pour le contrôle en temps réel certains concepts dégagés dans Groove : Appleton, Frank Royon Le Mée et d'autres ont démontré l'usage musical du Synclavier pour la scène aussi bien que pour la composition. Joel Chadabe a « détourné » le Disklavier pour contrôler en temps réel certains aspects de la composition elle-même : dédaignant le clavier, il a utilisé une antenne Theremin pour déterminer en fonction de gestes manuels des paramètres compositionnels comme la densité ou la consonance.

L'IRCAM, créée par Pierre Boulez dans les années 70, a comporté à ses débuts plusieurs départements - instrument, électronique, ordinateur, pédagogie : mais la présence du numérique s'imposera vite dans tous les départements et toutes les activités ou presque. La préoccupation des possibilités temps réel y a joué un rôle particulièrement important dans les années 70 et 80 : les machines 4A, 4B, 4C, ..., 4X, ont été conçues à l'IRCAM par Peppino Di Giugno en vue du fonctionnement temps réel, parfois déclaré seule voie d'avenir - même si nombre d'œuvres importantes réalisées à cette époque, comme *Arcus* de York Höller, *Mortuos Plango Vivos Voco* de Jonathan Harvey, *Désintégrations* de Tristan Murail, *Archipelago* de Roger Reynolds, ont été réalisées hors temps réel.

Le protocole MIDI (Musical Instrument Digital Interface),



apparu au début des années 80 à l'initiative des constructeurs d'instruments numériques, a beaucoup facilité l'essor du temps réel en imposant un standard de description numérique d'évènements musicaux simples. Cet essor s'est d'ailleurs fait au détriment de la variété, de la richesse et de la possibilité de contrôle interne des sons utilisés. Il faut néanmoins mentionner que MIDI prévoit la transmission d'informations «data exclusive» correspondant à des appareillages spécifiques. D'autre part le codage des hauteurs est discret, mais pas nécessairement tempéré chromatique comme on le pense souvent : les notes sont numérotées, mais on peut associer ces numéros à des fréquences arbitrairement choisies. A Marseille, Frédéric Boyer a réalisé dans les années 80 une interface MIDI - Music V qui permet de jouer une séquence en temps réel sur un périphérique MIDI (par exemple un clavier chromatique DX7) et de transcrire les données d'interprétation en code MUSIC V avec des fréquences *ad libitum*. (par défaut, les fréquences tempérées). Cette interface permet d'effectuer des synthèses en temps différé tirant parti des paramètres d'exécution définis par l'interprétation en temps réel, comme je l'ai fait pour mes pièces *Voilements* et *Attracteurs étranges*.

En 1983, Barry Vercoe, compositeur-chercheur du M.I.T., alors en résidence à l'IRCAM, et Larry Beaugregard, flûtiste à l'Ensemble Intercontemporain, ont mis en œuvre le concept de *l'accompagnateur synthétique (synthetic performer)* - un dispositif de synthèse musicale capable d'assujettir son propre tempo à celui d'un interprète vivant en suivant la partition (*score following*).

En vue de faciliter ce type d'applications, Miller Puckette a conçu le logiciel Max, une boîte à outils d'interactions temps réel très remarquable, comme l'atteste son succès au delà même du domaine musical. Max recourt à un langage modulaire structuré qui permet à l'utilisateur de construire graphiquement ses propres interactions temps réel, de même que les programmes MUSIC n de Max Mathews donnaient le loisir de configurer son propre modèle de synthèse. Récemment des ressources de synthèse et traitement du signal numérique ont été associées aux possibilités de contrôle de Max, dans des langages comme FTS et MSP : ainsi peut-on construire des outils virtuels capables d'allier synthèse, traitement et contrôle.

Philippe Manoury, collaborant avec Miller Puckette, a réalisé à l'IRCAM des pièces mixtes comme *Jupiter* et *Pluton* alliant un instrument acoustique et un processeur numérique suivant l'interprète à la trace. Robert Rowe a cherché à associer aux programmes de suivi de la partition des stratégies informatiques «intelligentes» donnant à l'ordinateur des informations

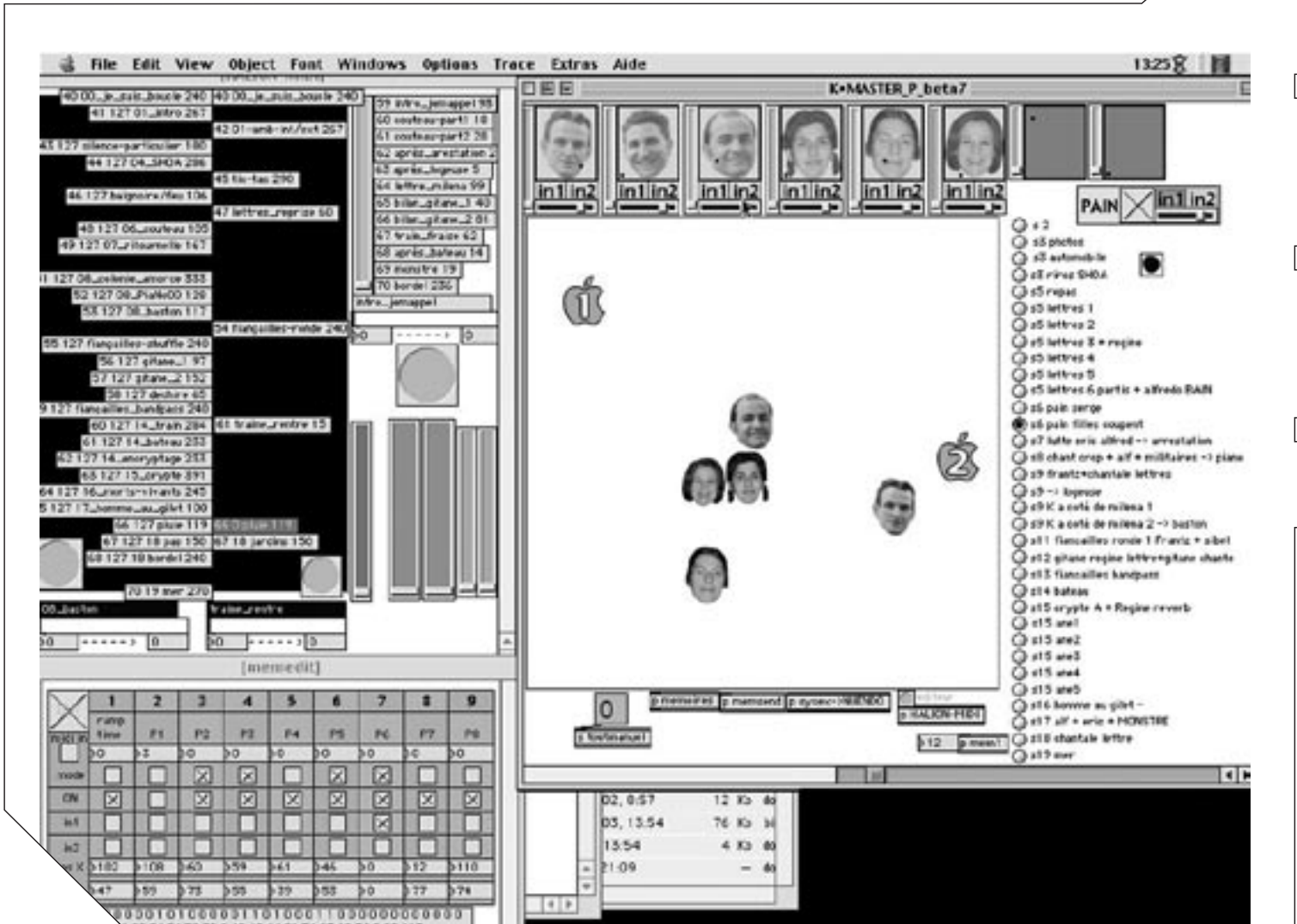
sur la structure musicale du passage, de façon à permettre à un programme d'élaborer un accompagnement suivant des principes musicaux généraux plutôt que des règles détaillées et impératives.

C'est en tirant parti de MAX que j'ai pu moi-même, avec l'aide précieuse de Scott Van Duyne, mettre en œuvre le premier *duo pour un seul pianiste*, instaurant une relation en «temps réel» entre un pianiste et son double informatique. Cette pièce, réalisée au M.I.T. en 1989, recourt à un piano acoustique, le Disklavier Yamaha, pourvu de capteurs électro-optiques et de moteurs électromagnétiques : les mouvements des touches et des pédales, codés MIDI, sont transmis à un programme qui élabore un «accompagnement» également codé MIDI et qui sera joué sur le même piano. La programmation détermine la relation entre ce que joue le pianiste et l'accompagnement : la partie jouée par le programme accompagnateur dépend ce que joue le pianiste et de la façon dont il joue. Le pianiste a donc un partenaire virtuel programmé mais sensible. L'interprète vivant reste le maître du jeu et du temps musical : ses doigts peuvent déclencher des effets très différents suivant des interactions tout à fait nouvelles dans le domaine acoustique - si par exemple joue plus fort, l'accompagnateur peut jouer plus vite, ou moins vite, ou encore plus dissonant.

Le temps réel permet donc de mettre en œuvre de nouvelles possibilités d'interaction, pouvant brouiller les frontières entre interprétation et composition. L'adéquation du contrôle en temps réel au propos musical est essentielle<sup>4</sup>. Les modes de commande utilisés jouent un rôle très important : il s'agit d'un domaine de recherche qui reste brûlant (Cf. Genevois & de Vivo, 1999), après les démarches originales de Max Mathews, avec Groove et la baguette radio, Claude Cadoz, avec ses capteurs gestuels à retour d'effort<sup>5</sup>, et les travaux et réalisations de David Wessel, Michael Waiswiz, Jean Hauray, Serge de Laubier et Marcelo Wanderley.

## PROBLÈME DE LA PERMANENCE DES ŒUVRES - PORTAGE, COMPATIBILITÉ

L'évolution technologique conduit au développement de nouveaux outils permettant des performances accrues : elle entraîne aussi l'obsolescence des outils, ce qui pose de réels problèmes de survie pour les œuvres dont la présentation publique nécessite ces outils. Il n'en va pas de même avec les œuvres sur support, dont la présentation pose moins de problèmes : on peut être assuré que les fonctions enregistrement et reproduction, après avoir été mises en œuvre sur le magnétophone analogique, le magnétophone numérique DAT, l'enregistreur-lecteur de disques compacts, les mémoires de



masse informatiques, seront actualisées pour les technologies émergentes.

On l'a bien vu pour les pièces conçues pour le processeur 4X de l'IRCAM : les œuvres faisant appel à un dispositif temps réel nécessitent en général un travail important (plus d'un homme-année pour *Répons* de Pierre Boulez) pour être «portées» sur des dispositifs ultérieurs, les technologies anciennes étant vite dépassées et inutilisables. Les centres et les musiciens sont maintenant bien conscients de ce problème - qui sera sans doute de moins en moins aigu à mesure de l'augmentation de la puissance des ordinateurs, permettant d'assurer avec le seul logiciel des performances qui, il y a peu encore, nécessitaient le recours à des circuits ou des cartes DSP spécialisées, éphémères et difficiles à programmer.

## CONCLUSION

Nous assistons à une extraordinaire course à la vitesse et à la performance dans le secteur de l'informatique, dont les progrès ouvrent des possibilités nouvelles. La téléinformatique - le travail à distance en réseau, tirant parti du World Wide

Web - va faciliter la diffusion de nouveaux outils de création sonore à des utilisateurs de plus en plus nombreux.

Cependant il ne faut pas oublier la nécessité du savoir-faire, du discernement et de la réflexion. Le temps réel ne facilite pas nécessairement les opérations de composition. Composer, c'est en un sens s'affranchir des contraintes du temps réel, concevoir soigneusement un parcours dans le temps - en prenant son temps. L'originalité des nouvelles possibilités de création sonore est de nous permettre de composer le son lui-même : pas seulement de disposer des sons dans le temps, mais de disposer du temps dans le son... ce qui ne peut se faire que hors temps.

## Jean-Claude RISSET

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique - CNRS - Marseille

Ce texte est extrait de :

*"Interfaces homme-machine et création musicale"*

Vinet H. © Hermès Science Publications, 1999





- 1 ➔ Il a été prévu dès la conception du programme Music V la possibilité de l'utiliser pour des transformations sonores et pas seulement pour la synthèse : je l'ai fait moi-même à l'IRCAM avec *Songes* et à Marseille avec *Attrac-teurs étranges et Invisible*. Cette possibilité existe aussi dans CSound.
- 2 ➔ Ce programme, boîte à outils permettant certaines transformations sonores, présente certaines analogies avec Audiosculpt, un programme disponible dans le cadre du Forum IRCAM et très utilisé.
- 3 ➔ J'ai utilisé Pro-Tools, muni des plug-in GRM-Tools, pour la réalisation au GRM de ma pièce *Elementa* (1998) - le mouvement Focus tire parti tout spécialement du plug-in de spatialisation.
- 4 ➔ Dans cet ordre d'idées, il paraît souhaitable de développer l'usage musical de tablettes graphiques, commodes pour spécifier des courbes pouvant définir ou modifier des gestes de contrôle.
- 5 ➔ Depuis plus de vingt ans, le groupe formé à Grenoble par Claude Cadoz, Jean-Louis Florens et Annie Luciani porte le nom d'ACROE - Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression.

#### Bibliographie sélective

- *Actes de l'Académie de Bourges*, III (1998). Composition/diffusion en musique électroacoustique. Editions Mnemosyne, Bourges.
- Battier, M. (1992). *Sculpter la transparence*. Les cahiers de l'IRCAM, n° 1 : Composition et environnements informatiques, 57-75.
- Battier, M. (1995). *Une nouvelle géométrie du son - le paradoxe de la lutherie électronique*. Les cahiers de l'IRCAM, n° 7 : Instruments, 43-56.
- Bayle, F. (1993). *Musique acousmatique - positions, propositions*. INA-GRM/Buchet-Chastel, Paris.
- Chion, M. (1982). *La musique électroacoustique*. Que sais-je n° 1990, P.U.F., Paris.
- Fatus, C. (1994). *Vocabulaire des nouvelles technologies musicales*. Minerve, Paris.
- Genevois, H., & de Vivo, R., ed. (1999). *Les nouveaux gestes de la musique* (comptes rendus du Colloque GMEM 1997). Editions Parenthèses, Marseille.
- Leipp, E. (1971). *Acoustique et musique*. Masson, Paris.
- Mathews, M.V. (1969). *The technology of computer music*. M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- Mathews, M.V., and Pierce, J.R., editors (1989). *Current Directions in Computer Music Research* (avec exemples sonores sur disque compact). M.I.T. Press, Cambridge, Mass, pp. 263-289.
- Moles, A. (1960). *Les musiques expérimentales*. Ed. du Cercle d'Art Contemporain, Paris/Zurich/ Bruxelles.
- Risset, J.C. (1971). *Paradoxes de hauteur : le concept de hauteur n'est pas le même pour tout le monde*. Proceedings of the 7th International Congress on Acoustics, Budapest, 613-616.
- Risset, J.C. (1993). *Synthèse et matériau musical*. Les cahiers de l'IRCAM, n° 2: La synthèse sonore, 43-65.

- Risset, J.C. (1997). Problèmes d'analyse : quelques clés pour mes premières pièces numériques, *Little Bay* et *Mutations*. In «Analyse en musique électroacoustique», Actes de l'Académie Internationale de Musique Electroacoustique 1996 (avec exemples sonores sur disque compact). Acréon-Mnémosyme, Bourges , 169-177.
- Schaeffer, P. (1952/1998). *A la recherche d'une musique concrète*. Editions du Seuil, Paris.
- Schaeffer, P. (1966). *Traité des objets musicaux*. Editions du Seuil, Paris.
- Varèse, E. (1983). *Ecrits*. Textes réunis par Louise Hirbour. Christian Bourgois, Paris.

Une bibliographie importante (280 références) sur le geste musical - problématique liée à celle des nouveaux outils de création sonore - est disponible sur le site :

[http://www.ircam.fr/equipes/analyse-synthese/wanderle/Gestes/Externe/references\\_list.html](http://www.ircam.fr/equipes/analyse-synthese/wanderle/Gestes/Externe/references_list.html)

#### Discographie (extrait) de Jean-Claude Risset

- «Risset-Mutations», collection INA-GRM AM 564 09 (MFA)
- «Risset : Sud, Dialogues», INA C1003 (distribution Harmonia Mundi)
- «Jean-Claude Risset», Wergo 2013-50 (distribution Harmonia Mundi).
- «Risset : Elementa», INA (INA-GRM, 2002)

