

# PEUT-ON ENVISAGER UNE ORGANOLOGIE DES INSTRUMENTS VIRTUELS DE L'INFORMATIQUE MUSICALE ?

**Serge Lemouton**, IRCAM, [serge.lemouton@ircam.fr](mailto:serge.lemouton@ircam.fr)

**Alain Bonardi**, IRCAM, [alain.bonardi@ircam.fr](mailto:alain.bonardi@ircam.fr)

**Raffaele Ciavarella**, IRCAM, [raffaele.ciavarella@ircam.fr](mailto:raffaele.ciavarella@ircam.fr)

## RESUME

### Etat de l'art dans le domaine de la production de la musique temps réel mixte

On a souvent dit que l'utilisation de systèmes informatiques aurait permis au compositeur de la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle de dépasser sa pratique habituelle, en lui permettant de « composer les sons » et non plus seulement les « notes ». En programmant (ou en faisant programmer) ses instruments numériques, il fait appel à une nouvelle sorte de lutherie. Le problème qui se pose est le suivant : alors que par le passé, les instruments de musique constituaient un substrat relativement stable à l'échelle historique, ce qui permettait de construire une tradition, une culture, le répertoire des oeuvres mixtes de la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, associant instruments acoustiques et processus de transformation du son, est confronté à l'obsolescence accélérée des technologies numériques. Ce répertoire, largement représenté à l'IRCAM, va-t-il pouvoir se transmettre, se constituer en tant que tel, et se préserver ? Une organologie des traitements sonores temps réel va-t-elle émerger ?

### Etat de l'art dans le domaine de la préservation des œuvres numériques

Les possibilités offertes aux compositeurs par la synthèse temps réel étant infinies, toute tentative d'utilisation de langages conventionnels pour décrire une oeuvre faisant appel aux technologies est vouée à l'échec. La quantité d'information nécessaire pour reproduire une telle oeuvre est gigantesque ; de plus, ces informations dépendent complètement des technologies adoptées. De nombreux pionniers de la musique électronique ont eu recours à des notations et conventions personnelles pour leurs propres oeuvres. Les approches de la préservation ont d'abord été « muséales », c'est-à-dire fondées sur la conservation de tout ce qui est produit, y compris le matériel technologique, dans un endroit sûr afin d'avoir toutes les connaissances nécessaires pour de nouvelles performances ou interprétations ; elles s'appuient implicitement sur la possibilité de retour vers le compositeur, les techniciens et les musiciens impliqués lors des exécutions précédentes. De toute évidence, ces approches sont incomplètes, précaires et à haut risque. Au cours du temps, l'effort s'est porté en direction de la documentation structurée, selon des normes méthodologiques, comme OAIS. De cette façon, nous sommes en mesure de collecter et de connecter toutes (ou presque) les informations relatives aux oeuvres directement depuis la création. Les informations sont utilisées pour construire des réseaux sémantiques stockés dans des entrepôts sûrs et préservables. Partant de cet état de l'art, nos recherches actuelles vont dans le sens de la « virtualisation ». Le but sera de saisir les intentions du compositeur dans une oeuvre, quelle que soit la technologie adoptée pour les exprimer.

### Etat de l'art dans le domaine de l'analyse des œuvres temps réel

Les œuvres mixtes utilisant l'électronique temps réel sont dépendantes de la technologie. Ce qui signifie que des œuvres très récentes avec électronique risquent de ne plus pouvoir être lues, analysées, interprétées tout simplement par obsolescence de l'un de leurs composants techniques. Cette situation, d'apparence négative, peut également être considérée comme une opportunité. Tout d'abord, l'opportunité pour le compositeur de réécrire l'oeuvre lors d'importantes mutations technologiques : ainsi la partition d'*Anthèmes 2* de Boulez a subi des transformations à la double occasion de son enregistrement et de la modification de sa configuration technique, passant de la machine Next à la station Silicon Graphics. Mais également une opportunité pour le musicologue d'établir des éléments d'une musicologie homme-machine, différentielle et génétique fondée sur les conditions techniques de possibilité de l'oeuvre.

### Objectifs

Notre objectif est de fournir des éléments de méthodologie, des retours d'expérience, et des outils numériques dans le domaine de la préservation de la musique interactive temps réel mixte. Cela nécessite la collecte de connaissances, une modélisation théorique, et des études de cas de re-crétions d'oeuvres, dans le respect des standards.

### Contribution principale

Aucun paradigme dominant n'a émergé du domaine de la musique mixte avec électronique temps réel, que ce soit en termes de partitions ou bien en termes d'instruments. Les environnements utilisés, tels que Max/MSP ou PureData, encodent implicitement des connaissances musicales et des connaissances en traitement du signal qu'il est extrêmement difficile de récupérer. La seule approche possible est méthodologique. Il s'agit donc d'extraire des connaissances au moment de la création de l'oeuvre, ou pendant la préparation d'une nouvelle exécution. Nous proposons un ensemble de solutions destinées à expliciter les connaissances qui sont accessibles (nous ne pouvons rien

faire lorsqu'elles sont inaccessibles par exemple concernant le hardware, le système d'exploitation, etc.) en tentant de respecter les standards.

Notre travail de création de services pour la préservation des objets numériques nous a conduits à élaborer un ensemble logiciel appelé MustiCASPAR, conçu à partir de la base de données actuelle Mustica consacrée aux oeuvres mixtes de l'IRCAM, et intégrant le modèle OAIS. A ces outils s'ajoutent les applications de documentation permettant la modélisation organisationnelle et technique de l'œuvre mixte.

## Retombées

Les outils développés et la méthodologie affinée sont une première réponse, qui peut laisser espérer une amélioration non seulement de la préservation mais surtout de la constitution de connaissances permettant de remonter les œuvres avec électronique temps réel. Nous espérons qu'elle contribuera à des pratiques de préservation active des œuvres de notre patrimoine numérique.

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. Nouvelle lutherie versus nouveau répertoire

Pour le philosophe Bernard Stiegler [18], « nous vivons, en ce début de XXI<sup>ème</sup> siècle, un véritable bouillonnement organologique, où instruments acoustiques, technologies analogiques et technologies numériques issues de l'informatique forment un système de plus en plus intégré ». Grâce aux systèmes électroniques et informatiques, le compositeur de la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle a pu dépasser sa pratique habituelle, en « composant les sons » et non plus seulement les « notes ». En programmant (ou en faisant programmer) ses instruments numériques, il fait appel à une nouvelle sorte de lutherie. Le problème qui se pose est le suivant : alors que par le passé, les instruments de musique constituaient un substrat relativement stable à l'échelle historique, ce qui permettait de construire une tradition, une culture, le répertoire des oeuvres mixtes de la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, associant instruments acoustiques et processus de transformation du son, est confronté à l'obsolescence accélérée des technologies numériques. Si des lutheries nouvelles s'affirment indubitablement, nous sommes encore loin de conceptions organologiques, qui de toute façon ne viendront qu'*a posteriori*.

Face à la double contrainte de l'instabilité et de la dépendance technologiques, les premières approches ont été « muséales », visant la conservation des dispositifs technologiques pour garder à portée de main toutes les connaissances nécessaires à de nouvelles performances ou interprétations. Elles s'appuient implicitement sur la possibilité de retour vers le compositeur, les réalisateurs en informatique musicale et les musiciens impliqués lors des exécutions précédentes. Ce qui n'est pas sans risques. Les efforts actuels se portent en direction de la documentation structurée, selon des normes méthodologiques, comme OAIS. Il s'agirait, idéalement, de saisir les intentions du compositeur dans une œuvre, indépendamment de la technologie adoptée.

Mais ce qui apparaît comme un danger important pour la transmission voire même l'existence de notre culture laisse aussi pressentir de nouveaux horizons de compréhension de cette dernière. Se présentent de

nouvelles opportunités musicologiques, notamment une musicologie homme-machine, différentielle et génétique, fondée sur les conditions techniques de possibilité de l'œuvre. Plus précisément, cette musicologie devra faire une place à une organologie qui émergera des œuvres et de l'analyse de leur substrat informatique.

Dans cet article, nous ferons tout d'abord le bilan d'un quart de siècle de musique interactive temps réel du point de vue de la dépendance des œuvres aux contingences matérielles d'exécution, en tirant les conséquences organologiques de cette situation. Dans un deuxième temps, nous présenterons les solutions retenues en termes de préservation « proactive » des œuvres temps réel. Enfin, nous évoquerons les solutions proposées à l'IRCAM dans le cadre des projets CASPAR (Cultural, Artistic and Scientific Knowledge for Preservation, Access and Retrieval, projet européen, <http://www.casparpreserves.eu/>) et ASTREE (Analyse et Synthèse de Traitements Temps Réel, projet français soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche), ainsi que des travaux de préservation, migration et adaptation d'œuvres interactives soliste/dispositif technologique.

### 1.2. Une étude de cas : *Diadèmes de Dalbavie*

Dans notre démarche de bilan et de propositions, nous reviendrons à plusieurs occasions sur l'œuvre *Diadèmes* de Marc-André Dalbavie, qui a permis une exploration des problématiques et des approches méthodologiques en situation de préservation. *Diadèmes* de Marc-André Dalbavie est une pièce en trois mouvements pour alto, ensemble instrumental et électronique temps réel créée il y a 23 ans, à l'IRCAM le 16 juin 1986 (Centre Georges Pompidou, Paris, Nathalie Baudoin (alto), Ensemble Itinéraire, direction: Arturo Tamayo). Cette oeuvre a été jouée pour la dernière fois en 1992 à l'occasion de l'enregistrement du CD (Adès 205 202 (1996, recorded 1992) Accord 465 313-2 (1996)). Elle a été distinguée par le jury du prix *Ars Electronica* en 1987 en raison de « *the integration of traditional instruments with digitally-generated sound.* »

*Diadèmes* a été créée lors du colloque « systèmes personnels » qui s'est tenu à l'IRCAM en 1986. A l'époque, on désignait par « systèmes personnels » toutes

les nouvelles machines permettant de mettre à la portée du grand public les dispositifs de synthèse et de traitement sonores jusqu'alors réservés aux institutions. Yamaha avec ses synthétiseurs DX7, ses modules de réverbération et ses processeurs d'effets était l'un des principaux fabricants de ces « systèmes personnels ». A cette époque, l'IRCAM disposait d'un studio équipé spécialement par Yamaha.

Suite à la demande d'un organisateur de concert et de l'éditeur (Lemoine) concernant la création de cette pièce aux Etats-Unis en décembre 2008 ont été recensés les problèmes posés par l'exécution en concert de la partie technologique de cette œuvre (« âgée » de 23 ans). Serge Lemouton, réalisateur en informatique musicale, a étudié avec un certain nombre de chercheurs<sup>1</sup> de l'IRCAM participant au projet européen CASPAR les mesures à envisager pour la mise à jour de cette pièce, puis réalisé une nouvelle version. Ils ont également tenté de réaliser une sauvegarde des éléments constitutifs de cette pièce en vue d'en faciliter des réalisations ultérieures.

## 2. APRES UN QUART DE SIECLE D'OEUVRES INTERACTIVES TEMPS REEL

Les premières œuvres interactives associant instrumentistes et modulation électronique temps réel de leurs parties remontent au milieu des années 1980. Nous disposons donc d'un certain recul historique. L'informatique a investi plusieurs configurations musicales : le duo instrument-machine, avec par exemple les œuvres de Philippe Manoury (*Jupiter*, pour flûte et ordinateur, 1987-1992 ; *En Echo*, pour voix et ordinateur, 1993-1994) ; les œuvres pour ensemble et électronique, comme *Fragment de lune* (1985-1987) de Philippe Hurel ; les œuvres pour solistes, ensemble et électronique, comme *Répons* (1981-1988) de Pierre Boulez ou *Diadèmes* (1986) de Marc-André Dalbavie, que nous avons déjà évoquée. A l'issue d'un quart de siècle de création, un répertoire émerge (par exemple à l'IRCAM, une soixantaine d'œuvres ont été répertoriées) et de ce fait des actions de préservation et de pérennisation deviennent nécessaires.

Nous pouvons aujourd'hui dresser un double constat lié à l'instabilité des supports techniques nécessaires à l'exécution de ces œuvres : tout d'abord, est apparue une dépendance nouvelle, inconnue jusqu'alors, aux circonstances d'exécution des œuvres ; ensuite, la principale conséquence en termes musicologiques en est l'émergence d'une lutherie sans organologie.

<sup>1</sup> L'ensemble de cette étude a été documenté en interne à l'IRCAM par Karin Weissenbrunner, étudiante de l'Université de Berlin alors en stage dans l'institution parisienne.

### 2.1. Une nouvelle dépendance aux conditions matérielles d'exécution des œuvres

Les œuvres interactives temps réel ont comme particularité d'être dépendantes à un point jusque-là inconnu de leurs conditions matérielles de manifestation, à savoir l'ensemble des systèmes électroniques ou informatiques nécessaires à leur exécution. Ainsi, pour *Diadèmes* de Marc-André Dalbavie, s'est posé lors de sa récente reprise 23 ans après sa création, le problème de l'obsolescence des synthétiseurs FM TX 816 utilisés initialement (synthétiseurs utilisant le procédé de modulation de fréquence). La situation est pour le moins difficile : les synthétiseurs Yamaha TX 816 ne sont plus fabriqués, ceux que possède l'IRCAM sont dans un état proche de la rupture ; le compositeur a essayé plusieurs solutions d'émulation logicielle, sans qu'aucune ne lui donne satisfaction au niveau du résultat sonore.



**Figure 1.** A l'IRCAM, un synthétiseur d'origine Yamaha TX 816, dont une grande partie des modules ne fonctionne plus. Source : Serge Lemouton.

En avril 2008, le réalisateur en informatique musicale Serge Lemouton a conçu une nouvelle version de la partie électronique de l'œuvre. Il a choisi de faire « revivre » ces synthétiseurs et les claviers qui les déclenchent en constituant ce que l'on appelle un *sampler*. Il s'agit en quelque sorte d'une base de données de sons d'un instrument, correspondant à son enregistrement à différentes hauteurs jouées avec différentes intensités sonores. En l'occurrence ont été enregistrées sur le « vieux » TX 816 (fonctionnant partiellement) les notes demandées par le compositeur dans la partition, avec différents programmes (c'est-à-dire instruments ou sons générés) et différentes vitesses (correspondant à la force d'appui sur la touche du clavier).

Cette situation est tout à fait nouvelle : ces œuvres ne peuvent plus s'appuyer sur les paradigmes culturels stables de ce que nous appelons au sens large la « musique classique occidentale », tels que la notation et l'organisation en familles instrumentales. Ce que l'on

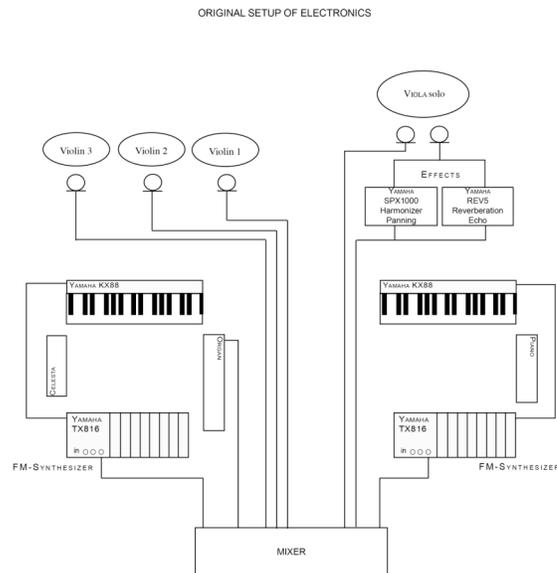
pourrait appeler le recul de l'universalité de l'écriture musicale, faisant face à l'explosion des notations voire à l'émergence de systèmes musicaux sans notation, s'étend désormais à la lutherie. Chaque œuvre devient un système en soi.

Ces nouvelles modalités d'œuvres sont d'une certaine manière pénalisées en termes de diffusion. En effet, les organisateurs de concerts hésitent à programmer des pièces telles que *Diadèmes*, pour des raisons techniques. Des exécutions récentes de cette œuvre ont été annulées. Tout un pan de répertoire de la musique électronique est menacé, les œuvres de cette époque sont en péril.

## 2.2. Une nouvelle lutherie sans organologie

Les œuvres interactives temps réel introduisent de nouveaux moyens de production sonore. En termes de fonctions musicales, leurs modules informatiques se positionnent entre le paradigme de la partition et celui de l'instrument [5] [14]. L'émergence d'une importante communauté dans le domaine des interfaces technologiques dédiées à l'expression musicale (se dotant d'une conférence importante appelée NIME, ce qui signifie New Interfaces for Musical Expression) témoigne d'une profusion d'inventions et de l'émergence d'une « nouvelle » lutherie. Mais il n'est pas encore possible de bâtir des classifications organologiques de ces systèmes, notamment de constituer des familles d'instruments.

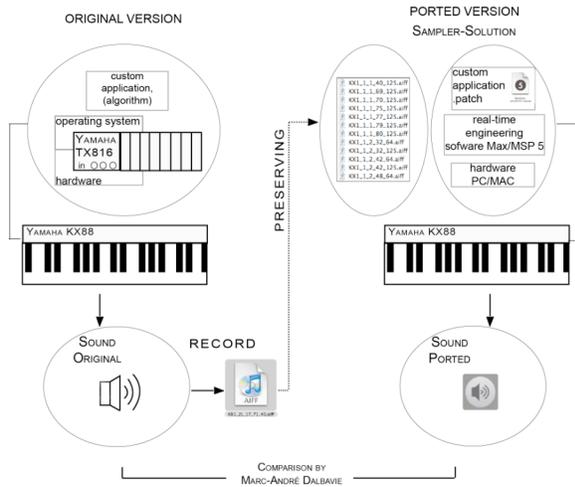
L'expérience récente du portage de *Diadèmes* de Marc-André Dalbavie illustre la difficulté de l'établissement de savoirs et de savoir-faire concernant ce type d'œuvres et les dispositifs mis en œuvre. Les problèmes techniques rencontrés dans *Diadèmes* ont concerné pour l'essentiel deux dispositifs : d'une part, les synthétiseurs FM TX816 générant un certain type de sons électroniques ; et d'autre part les fonctions temps réel de transformation du son de l'alto solo : harmonizer (pour la transposition), réverbération, panning (pour la diffusion gauche/droite), écho. La figure 2 ci-dessous montre le schéma d'ensemble de l'œuvre.



**Figure 2.** Schéma d'ensemble du dispositif électronique de *Diadèmes*. Source : Karin Weissenbrunner.

Les solutions adoptées par le compositeur dans chacun des cas vont diverger, comme le montre la figure 3. D'un côté, le compositeur va abandonner la synthèse FM au profit d'une solution pérenne, celle de la préservation de tous les échantillons sonores générés par l'appareil, et leur organisation grâce à un sampler. De l'autre, le compositeur va simplement optimiser les dispositifs existants, en passant d'une solution matérielle à une solution logicielle. Cette différence d'approche n'est pas uniquement technique. Elle correspond fondamentalement à une différence ontologique : alors que l'harmonizer et la réverbération opèrent selon des catégories musicales (d'une part la reprise transposée d'une idée musicale ; d'autre part, un type de conduite du son dans le temps), la synthèse de sons selon les techniques FM est perçue comme une technique particulière, presque caractéristique d'une époque.

PORTING OF THE FM-SYNTHESIZER YAMAHA TX816



**Figure 3.** Schéma du portage du dispositif électronique de *Diadèmes*. Source : Karin Weissenbrunner.

Qu'ils opèrent ou non selon des catégories musicales, comment toutefois positionner ces modules dans une classification ?

### 3. ETAT DE L'ART DE LA PRESERVATION « ACTIVE » DES ŒUVRES TEMPS REEL

#### 3.1. Les différents types d'actions

Un tour d'horizon des différentes démarches entreprises dans les différentes institutions concernées par la préservation des œuvres interactives montre que les efforts se répartissent selon quatre types<sup>1</sup> :

- la préservation au sens de la sauvegarde matérielle d'éléments liés aux œuvres, que nous n'étudierons pas ici, ce type de processus étant le plus largement documenté. Nous avons par exemple décrit la base Mustica dans des publications précédentes [4] [6] ;

- l'émulation de dispositifs techniques disparus ;
- la migration d'une plateforme technique à une autre ;
- la virtualisation des processus.

##### 3.1.1. Les approches d'émulation et de migration

L'émulation est certainement l'une des approches les plus difficiles. Nicola Bernardini et ses collaborateurs au centre Tempo Reale citent [3] l'exemple d'*Oktophonie* de Stockhausen, qui nécessite pour son exécution un ordinateur ATARI-1040 ST qui n'existe plus (sauf chez les collectionneurs). Il existe des émulateurs de cet ordinateur sur d'autres machines, mais personne ne sait si

<sup>1</sup> Nous n'évoquons pas ici les démarches de réarrangement, visant en général à re-crée une œuvre, comme proposé dans [20].

le programme Notator utilisé par Stockhausen à l'époque fonctionne sur un émulateur. Les communautés d'utilisateurs/collectionneurs d'ATARI sur le Web pourraient être d'une grande utilité dans ces démarches d'expérimentation pour remonter l'œuvre.

La migration est un processus qui consiste à reprendre une version précédente d'un patch pour l'adapter à une évolution technique, comme le changement de système d'exploitation, une évolution technique majeure permettant de nouveaux traitements, ou encore une incompatibilité entre versions d'un même logiciel. L'activité de migration est la plus répandue lorsque l'on remonte des œuvres. De nombreux compositeurs ont eu leurs œuvres portées d'un environnement technique à un autre. Toutes les institutions dans le champ des arts électroniques font face à des nécessités de migration. À l'IRCAM, les pièces importantes utilisant des ordinateurs Next ont été migrées vers des ordinateurs Macintosh à la fin des années 1990. Avec des résultats jugés de manière très variable selon les compositeurs : la même procédure de migration a ainsi abouti pour certains à un résultat trop proche de l'original (et du coup ne tirant pas assez parti des nouvelles technologies mises en œuvre) ; d'autres le trouvent trop éloigné, n'ayant pas assez à voir avec l'original.

La migration, en général motivée par des raisons techniques, peut également être perçue comme un appel à re-création pour le compositeur. Le compositeur et théoricien Jean-Claude Risset [16] a créé une nouvelle œuvre, *Resonant Sound Spaces*, avec l'aide d'Antonio de Sousa Dias, Daniel Arfib, Denis Lorrain et Laurent Pottier, qui avaient formalisé informatiquement certains aspects de ses œuvres précédentes. Le travail de Sousa Dias [10] a été fondamental pour Risset, tout particulièrement sa programmation de structures harmoniques avec des outils temps réel.

Au cours des dernières années, les migrations ont essayé d'éviter les solutions propriétaires. Bullock et Coccioli [9], ainsi que Miller Puckette [15] ont mis l'accent sur la nécessité de standards et de formats ouverts pour sauvegarder tous les fichiers impliqués dans un processus de création. Ils recommandent par exemple de sauvegarder les *patches* produits dans Max/MSP au format texte ASCII plutôt qu'en binaire, certes plus rapide à charger ; de même, toute la documentation devrait être écrite en format « text » ; enfin, les contenus sonores devraient être sauvegardés sous un format de fichier WAV de base.

##### 3.1.2. La virtualisation

Dans la perspective d'une préservation à long terme des processus numériques, la virtualisation des processus devrait être privilégiée, en tant que technique qui permet de rendre l'objet numérique indépendant d'une implémentation particulière sous-jacente.

Cette approche n'est pas toutefois sans poser de nombreux problèmes. En première analyse, et en matière d'exécution de programmes temps réel, de nombreux comportements ne sont pas documentés, ou insuffisamment. Par exemple les programmes temps réel emploient un « scheduler » (ordonnanceur) qui régule l'exécution des différents composants du programme dans le temps. L'algorithme employé par le scheduler est la plupart du temps non documenté dans le cas de logiciels tels que Max/MSP ou PureData. Toutefois, les résultats obtenus sont dépendants de cet ordonnanceur. Il importera donc, en complément de la virtualisation, de documenter les résultats attendus du processus, et de manière à permettre la comparaison avec une exécution ultérieure du processus sur une machine différente.

Au-delà des ces problèmes pratiques, il apparaît à l'évidence une difficulté majeure : en effet, tout processus de virtualisation implique une série de modifications majeures apportées au document original, aussi bien en termes de forme (syntaxe) que, potentiellement du moins, en termes de sémantique. C'est pourquoi il est nécessaire de développer une méthodologie précise, afin de garantir la conformité de cette représentation virtuelle à l'original, conformité qui passe notamment par l'établissement d'une relation biunivoque entre l'original et la représentation virtuelle. Nous en donnerons quelques aspects dans le paragraphe consacré aux propositions faites à l'IRCAM.

### 3.2. Projets et standards internationaux

Les centres de création ont rapidement pris la mesure du problème, se rendant compte que leurs archives des créations étaient pour l'essentiel constituées de partitions [8], les parties électroniques manquant souvent à l'appel. Des projets internationaux ont émergé, commençant par des enquêtes détaillées sur les pratiques de préservation des œuvres avec électronique : le projet INTER PARES a ainsi interrogé compositeurs et institutions sur le sujet [13]. Quant à l'initiative de recherche Mustica, il s'agit d'un projet international coordonné par l'Université de Technologie de Compiègne, associant deux institutions de musique contemporaine - l'IRCAM et le Groupe de Recherches Musicales de l'Institut National de l'Audiovisuel (INA). Elle a permis côté IRCAM le recensement de 54 œuvres (chiffre en octobre 2006) dont les parties électroniques ont été cataloguées.

Un projet européen appelé Caspar (Cultural, Artistic, and Scientific Knowledge for Preservation, Access and Retrieval) a été mené de 2006 à 2009, associant 17 partenaires, dont l'IRCAM, sur le thème de la préservation des données numériques. Ce projet s'adresse à trois communautés distinctes : science, culture et arts de la scène, avec un banc de test pour chacune. Le projet s'appuie sur le modèle OAIS (système ouvert d'archivage d'information, dont les spécifications sont consultables à [http://public.ccsds.org/publications/archive/650x0b1\(F\).pdf](http://public.ccsds.org/publications/archive/650x0b1(F).pdf)). Il s'agissait d'imaginer et tester des méthodologies

d'expression des informations nécessaires à ce modèle, notamment dans le cas des œuvres musicales, celles relatives à l'authenticité (provenance et contexte), propres au gestionnaire de l'archive. Dans le domaine de la musique le choix a été fait d'exprimer les concepts de provenance et de contexte en les modélisant sur la base des ontologies muséographiques CIDOC CRM (documentation en ligne du modèle CIDOC CRM) et son extension bibliographique FRBRoo (documentation en ligne du modèle FRBRoo).

### 3.3. Les difficultés de la musicologie à penser les œuvres en dehors des catégories de l'écriture

Lors de ses cours à Darmstadt [19], le compositeur Karlheinz Stockhausen opposait la notation musicale, qui a « rendu possible la diffusion et la conservation de la musique, en condamnant la tradition orale » aux musiques destinées à des « supports musicaux, essentiellement la musique électronique (sans partition). Il témoignait d'une importante contradiction : d'un côté, « le souhait hybride de l'artiste que l'œuvre survive à son créateur s'est constamment affirmé » ; de l'autre la fragilité des supports : « on sait que les originaux des bandes magnétiques et des disques ont comme les films une longévité très limitée ; aujourd'hui déjà, des compositions électroniques datant de 1953 [...] ne sont plus guère jouables en raison de leur mauvaise qualité technique ».

Si les compositeurs voient en l'écriture musicale un vecteur de transmission *ad hoc*, les musicologues la considèrent comme une source irremplaçable de connaissances et de processus d'expression de ces connaissances, et les informaticiens comme des systèmes symboliques de premier choix. Toutefois, au fil des ans, différents systèmes techniques ont imposé leur médiation dans la musique : les bandes magnétiques dès la fin des années 1940, les ordinateurs depuis les années 1950, mettant en avant d'autres représentations que l'écriture musicale. Au point que certains dispositifs technologiques liés aux techniques numériques de manipulation/assemblage de la musique ou « music-ripping »<sup>1</sup> mettent au grand jour des situations musicales 'a-musicologiques', en tout cas dont la musicologie traditionnelle et ses catégories ne sait rendre compte [17].

## 4. UN PREMIER ENSEMBLE DE PROPOSITIONS

Les praticiens de l'informatique musicale connaissent les difficultés que l'on rencontre lors du passage d'une plateforme temps réel à une autre, par exemple de Max/MSP à Pure Data, programmes pourtant proches (tous deux ayant été conçus par Miller Puckette). Aucun

<sup>1</sup> Cette expression provient du slogan « Rip music » mis en avant par un fabriquant bien connu de baladeurs numériques. Il s'agit littéralement « d'éventrer » (numériquement) la musique. Sur les traces de Jack the Ripper, Jack l'Eventreur...

traitement automatique de transcodage n'est véritablement efficace à 100%. En fait, ces outils butent sur la grande part de connaissances non-explicites nécessaires à la compréhension et au codage des modules. Nous devons en tirer comme conséquence que les propositions à formuler pour la pérennité des œuvres devront tout d'abord être méthodologiques, avant de chercher une automatisation.

#### 4.1. Une première expérimentation : remonter *Diadèmes*

Au cours des paragraphes précédents, nous avons présenté le travail mené sur l'œuvre *Diadèmes*. La démarche a associé 'portage' et 'pérennisation'. Remarquons que la solution retenue pour remplacer les synthétiseurs FM TX 816 n'était pas la seule possible ; mais elle avait l'avantage d'être compatible avec les exigences du compositeur (qui réfuta les solutions d'émulation logicielles proposées), et surtout de pérenniser le dispositif électronique, en sauvegardant un grand nombre de sons générés par les appareils désormais quasiment obsolètes. Certes, les échantillons ainsi conservés sont figés, mais il sera possible de remonter *Diadèmes* dans l'avenir.

Plus généralement, nous pouvons modéliser les dispositifs de musique numérique interactive selon trois pôles :

- Le contenu *a priori* : il s'agit des fichiers de contenu (en général des sons) et des données.
- L'algorithme : sont concernés les algorithmes qui traitent les informations multimédia.
- Les interfaces homme-machine : il s'agit des interfaces utilisées par les musiciens et les réalisateurs en informatique musicale pour jouer la pièce.

Cette grille de lecture, mise en œuvre différemment, permet de comparer des démarches de préservation. Ainsi, l'œuvre *Madonna of Spring and Winter* du compositeur Jonathan Harvey (également composée en 1986) utilise comme *Diadèmes* la synthèse FM et a dû subir un portage technique [9].

<i>Diadèmes</i> Marc-André Dalbavie	Version de la création (1986)	Nouvelle version (2008) <b>Sampler Max/MSP</b>
CONTENU	/	Echantillonnage TX 816
ALGORITHME	-Synthèse FM -Transformation du son de l'alto	/ -Transformation du son de l'alto
INTERFACES HOMME-MACHINE	-2 claviers déclenchant la synthèse FM -Acquisition du son de l'alto	-2 claviers déclenchant le sampler -Acquisition du son de l'alto

<i>Madonna of Spring and Water</i> Jonathan Harvey	Version de la création (1986)	Nouvelle version (2006) <b>Emulation FM7 de Native Instruments</b>
CONTENU	/	/
ALGORITHME	-Synthèse FM	-Synthèse FM avec FM7 de Native Instruments
INTERFACES HOMME-MACHINE	-2 claviers + opérations manuelles	-2 claviers

Les deux tableaux ci-dessus mettent en évidence que Dalbavie, dans *Diadèmes*, migre une partie de son électronique de l'algorithme (synthèse FM) vers les contenus *a priori* (samples). En revanche, face à la même situation technologique, Jonathan Harvey reste dans le domaine de l'algorithme et n'opère qu'une émulation de la synthèse FM avec un logiciel récent. Dans les deux cas, les compositeurs conservent les interfaces de départ, n'induisant pas de ce point de vue de déplacement de mode d'interaction, et permettant une certaine transmission d'expérience.

#### 4.2. MustiCaspar

Les efforts effectués pour rendre la préservation possible ne doivent pas être réduits à néant par le manque de compatibilité et d'interopérabilité des données produites (documentation, fichiers etc...) avec les standards existants ou émergents du domaine. Dans le cadre du projet européen CASPAR, un « framework » a été développé qui garantit la compatibilité et l'interopérabilité avec certains de ces standards :

- OAIS, qui est un modèle conceptuel destiné à la gestion, à l'archivage et à la préservation à long terme de documents numériques. Il fournit des concepts, un glossaire, et un modèle fonctionnel et un modèle d'informations.
- XFDU (XML Formated Data Unit) spécifie un format de données, et complète le standard OAIS en fournissant des spécifications précises de format d'archivage.
- CIDOC-CRM est un modèle de référence pour la description des archives muséales. Il fournit des définitions et une structure formelle pour décrire les concepts et les relations explicites et implicites utilisée pour la documentation de l'héritage culturel.
- RDF est une syntaxe mise au point par le World Wide Web consortium qui permet de décrire des ressources.

Dans MustiCASPAR, nous utilisons cette syntaxe pour exprimer les relations CIDOC-CRM.

OAIS, XFDU et CIDOC-CRM sont des standards ISO.

Le serveur MustiCASPAR développé par l'IRCAM peut servir de base à un système d'archives numériques, tout en fournissant certaines garanties sur la pérennité des informations brutes archivées. De plus, dans la mesure où il intègre des mécanismes de recherche d'informations basées sur les standards CIDOC-CRM et RDF, il peut servir aussi de base à un outil de constitution de connaissances sur les objets archivés, tout en maintenant une compatibilité de l'expression de ces connaissances avec les standards, et leur archivage dans des standards conformes aux normes OAIS et XFDU, ce qui constitue une garantie de survie à long terme des informations générées, du moins tant que les standards sont connus.

### 4.3. Vers une organologie pluri-disciplinaire des œuvres temps réel

L'organologie, comme science des instruments qui se préoccupe de leur historique et de leur préservation, est traditionnellement dépendante des catégories musicales de l'écriture et de la notation musicales. A ce titre, sa place dans le système classique est quelque peu périphérique. Par exemple, la facture instrumentale est historiquement liée à l'écriture des voix dans le contrepoint. Mais les classifications traditionnelles en familles instrumentales ne conviennent évidemment pas à la musique interactive temps réel. Dans cette dernière, l'organologie prend une place centrale, en particulier car les représentations utilisées ne sont le plus souvent plus réductibles à une écriture. L'analyse et la préservation de ce type d'œuvres passe nécessairement par la description de ses « instruments ». Alors qu'un violon n'a pas besoin d'être décrit, les traitements électroniques actuels doivent nécessairement l'être.

Une organologie nouvelle doit donc émerger, incluant aussi bien les instruments acoustiques que les boîtiers électroniques ou encore les modules logiciels. Elle sera par nature pluri-disciplinaire, car nécessitant la collaboration de musicologues, de réalisateurs en informatique musicale, de scientifiques et d'informaticiens. Parmi les questions qui la traverseront, deux nous semblent émerger :

- la question de la classification ;
- la question de l'authenticité.

#### 4.3.1. Vers des classifications homme-machine

Comment classer les éléments matériels et logiciels de la musique électronique interactive ? Une première possibilité serait d'épouser l'histoire de cette musique et de ses inventions. On pourrait ainsi proposer l'éventail suivant :

- instruments électriques ;

- synthétiseurs analogiques ;
- synthétiseurs numériques ;
- modules d'effets ;
- synthétiseurs virtuels ;
- logiciels temps réel.

Cette classification est fondée sur la nature technique des dispositifs utilisés ; elle ne prend toutefois pas en compte leurs fonctions musicales, ce qui n'est sans doute pas aisé à établir.

A ces classifications statiques *a priori* nous devons ajouter les classifications dynamiques, notamment celles que nous pourrions obtenir avec l'ordinateur : puisque nos modules de transformation du son sont désormais des logiciels avec leurs données, nous pouvons effectuer en machine des extractions et classifications à partir de descriptions numériques de ces dispositifs. Il est ainsi prévu dans le cadre du projet ASTREE, en cours de développement, de rechercher des éléments d'organologie à partir de techniques dites de « data mining » c'est-à-dire de fouille de données et de découverte de relations entre les entités.

Remarquons enfin que nous pouvons également envisager des classifications homme-machine, c'est-à-dire associant astucieusement un (ou plusieurs) opérateur(s) humain(s) à des programmes informatiques, permettant de faire émerger des organisations sans ontologie *a priori* définissant le domaine [7].

#### 4.3.2. La question de l'authenticité

La question de l'authenticité est déjà délicate dans le cas des œuvres écrites, sans partie électronique. Le philosophe Walter Benjamin [2] n'évoque jamais spécifiquement l'authenticité spécifique de l'œuvre musicale, spécificité résultant du fait qu'il est difficile de définir avec précision ce qu'est « l'original » de l'œuvre, si ce n'est la version originale de la partition (l'ur-text) mais qui n'accèdera pleinement au statut d'œuvre qu'à travers l'acte d'interprétation. Mais il définit néanmoins très clairement le concept d'authenticité : « *Le hic et nunc* de l'original constitue ce qu'on appelle son authenticité ». Et d'ajouter : « tout ce qui relève de l'authenticité échappe à la reproduction – et bien entendu pas seulement à la reproduction technique »

La notion d'authenticité est encore moins évidente dans les musiques interactives. La notion de document « premier », chère à la critique génétique est balayée d'un revers de main lorsqu'il s'agit de modules logiciels sans cesse adaptés, copiés, sauvegardés, incluant des éléments externes sans cesse mis à jour.

La difficulté du concept ne doit pas faire renoncer à toute action, et réciproquement la définition de procédures et méthodologies numériques de préservation s'appliquant à des objets artistiques comme les œuvres musicales

interactives ne peut faire l'économie d'une réflexion sur la question de l'authenticité. Une premier cadre a été esquissé au cours du projet CASPAR par Mariella Guercio, de l'Université d'Urbino [11]. L'authenticité est pensée comme un processus comprenant :

- des protocoles d'authenticité, comportant chacun plusieurs étapes ; par exemple, un protocole peut concerner la migration d'un composant, un autre la maintenance.
- une exécution à différentes étapes du cycle de vie (accès, migration, ...) avec différentes étapes d'exécution. Le résultat d'ensemble donnera une évaluation de l'authenticité.
- une définition particulière à une communauté particulière : par exemple, les réalisateurs en informatique musicale, les développeurs, les archivistes.

Si nous revenons à l'exemple fondateur de notre article, celui de la mise à jour d'une œuvre telle que *Diadèmes*, mise à jour rendue nécessaire par l'absence de disponibilité du matériel original, nous pouvons nous demander si nous sommes en présence d'une version « restaurée » de l'original ou bien d'un « ersatz » de celui-ci ou encore d'un « remake » au cinéma ?

Comme toute adaptation d'une œuvre à des technologies nouvelles (ce qu'on nomme à l'IRCAM « portage »), il est requis une ré-interprétation de l'œuvre qui débouche sur une nouvelle version nécessairement différente de la version originale. Cette ré-interprétation est une interprétation au même titre que celle effectuée par les instrumentistes. Les réalisateurs en informatique sont des interprètes qui doivent non seulement jouer l'œuvre pendant le temps du concert mais aussi ré-interpréter la pièce en fonction des conditions techniques. Le portage est donc bien à la fois une exégèse et une herméneutique. La spécificité de cette interprétation dans le cas présent vient du fait qu'il n'existe pas encore à proprement parler de « texte » à interpréter. En effet ce texte est de nature disparate, consistant en patches, programmes informatiques, embryons de notation, enregistrements audio, traces diverses et éléments de traditions orales... C'est pourquoi, paradoxalement, plus on est proche et plus l'exégèse doit être précédée d'une archéologie. Ce n'est pas parce que la partie électroacoustique s'adresse à des machines qu'elle serait figée. Les pièces pour bande magnétiques sont également « restaurées », remixées, en bref ré-interprétées.

Nous pouvons faire des parallèles entre cette problématique et celle de l'interprétation de musiques plus anciennes.

Le pianiste autrichien Paul Badura-Skoda, interprète du répertoire classique et romantique sur instruments d'époque s'est longuement penché sur la question [1] : « je ne partage pas l'opinion de certains restaurateurs affirmant que les bonnes copies de piano-forte sonnent mieux que leurs modèles dans la mesure où le bois est

plus jeune et n'est donc pas déformé [...] Ces copies ne peuvent pas atteindre l'enchantement procuré par les Graf ou les Walter bien restaurés ».

Comme dans toute herméneutique, le transcripteur est confronté à l'impossibilité d'être fidèle simultanément à la fois l'esprit et la lettre du texte qu'il a devant lui. Ce qui ne va pas sans poser de nombreux problèmes : au nom de l'authenticité et du respect du texte, doit-on reproduire les erreurs manifestes de l'original, les « fausses notes » ? Jusqu'où a-t-on le droit « d'améliorer » l'original ?

## 5. CONCLUSION

Nous avons observé la dialectique création/préservation dans la musique contemporaine, notamment « temps réel » à travers l'œuvre *Diadèmes* de Marc-André Dalbavie, reprise 23 ans après sa première exécution. La profusion d'inventions dans le champ des traitements sonores et des interfaces musicales révèle en fait une nouvelle lutherie sans organologie. La préservation des données numériques, et plus précisément celles liées aux modules logiciels pour la musique, fait l'objet de projets comme CASPAR ou ASTREE. Dans ce cadre, et à l'IRCAM en particulier, il s'agit de proposer des premiers éléments de méthodologie concernant la préservation en abordant des questions aussi difficiles que l'authenticité et la ré-interprétation. A l'avenir, comment mobiliser des programmes, des bases de données et toutes les techniques de l'informatique au service de la ré-interprétation de l'œuvre avec dispositif électronique ? Pourrons-nous imaginer des dispositifs informatisés nous assistant dans une musicologie génétique et différentielle, à la recherche de « sens », tel que l'évoque Michel Imberty [12] : « une exécution de qualité est toujours une interprétation en ce qu'elle s'efforce de recréer le dynamisme de l'œuvre à travers la partition qui le schématise et le fige. Or cette recréation – ou reconstruction – est toujours découverte ou restitution d'un sens, et comme telle, elle est toujours inachevée, partielle, provisoire, elle peut toujours être remplacée par une autre interprétation (...) ».

## 6. REMERCIEMENTS

Jérôme Barthélemy, Karin Weissenbrunner.

## 7. REFERENCES

- [1] Badura-Skoda, Paul, *Etre musicien*, Herman, 2007.
- [2] Benjamin, Walter, L'œuvre d'art à l'époque de sa reproductibilité technique, dernière version 1939, in *Œuvres III*, Paris, Gallimard, 2000.
- [3] Bernardini, Nicola, Vidolin, Alvisé, « Sustainable Live Electro-acoustic Music », *Actes de la*

*conférence internationale Sound and Music Computing Conference 2005*, Salerno, Italie, 2005.

- [4] Bonardi, Alain, Barthélemy, Jérôme, Boutard, Guillaume, Ciavarella, Raffaele, Préservation de processus temps réel. Vers un document numérique. In *Document Numérique*, volume 11, n° 3-4/2008, pages 59-80, Hermès Lavoisier.
- [5] Bonardi, Alain, *Vers des environnements homme-machine pour ressaisir les intentions dans la création scénique. Réflexions sur la médiation des nouvelles technologies dans la conception de spectacles vivants et leur recréation par les spectateurs*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Reims Champagne-Ardenne, France, 2008.
- [6] Bonardi, Alain, Barthélemy, Jérôme, « Le patch comme document numérique : support de création et de constitution de connaissances pour les arts de la performance », *Actes du 10<sup>e</sup> Colloque International sur le Document Electronique (CIDE 10)*, Nancy, 2007.
- [7] Bonardi, Alain, Rousseaux, Francis, *New Approaches of Theatre and Opera Directly Inspired by Interactive Data-Mining*, Conférence Internationale Sound & Music Computing (SMC'04), pages 1-4, Paris, 20-22 octobre 2004.
- [8] Bosma, Hannah, Documentation and Publication of Electroacoustic Compositions at NEAR. In *Proceedings of the Electroacoustic Music Studies Network International Conference (EMS 05)*, Montreal, Canada, 2005.
- [9] Bullock, Jamie, Coccioli, Lamberto, Modernising Live Electronics Technology in the Works of Jonathan Harvey, *Actes de la conférence internationale International Computer Music Conference*, Barcelona, Spain, 2005.
- [10] De Sousa Dias, Antonio, « Transcription de fichiers MusicV vers Csound au travers de Open Music », *Actes des dixièmes journées d'informatique musicale (JIM 2003)*, Montbéliard, 2003.
- [11] Guercio, Mariella, Barthélemy, Jérôme, Bonardi, Alain, *Authenticity Issue in Performing Arts using Live Electronics*, 4th Sound and Music Computing Conference (SMC 07), actes pages 226-229, Lefkada, Grèce, juillet 2007.
- [12] Imberty, Michel, *La musique creuse le temps*, Paris : L'Harmattan, 2005.
- [13] Longton, Michael, *Record Keeping Practices of Composers*, a survey (revised 2004). InterPares 2 Website, at <http://www.interpares.org>.
- [14] Manoury, Philippe, *Considérations [toujours actuelles] sur l'état de la musique en temps réel*. Revue l'Étincelle, Perspectives, Paris : Ircam – Centre Georges Pompidou, 2007.
- [15] Puckette, Miller, « New Public-Domain Realizations of Standard Pieces for Instruments and Live Electronics », Actes de la conférence internationale International Computer Music Conference, Miami, 2004.
- [16] Risset, Jean-Claude, Arfib Daniel, De Sousa Dias Antonio, Lorrain Denis, Pottier Laurent, *De Inharmonique à Resonant Sound Spaces*, Actes des neuvièmes journées d'informatique musicale, Marseille, Gmem, 2002.
- [17] Rousseaux, Francis, Bonardi, Alain « Music-ripping » : des pratiques qui provoquent la musicologie, in *Musicae Scientiae* numéro spécial 2003/2004, Musical Creativity, special 10th anniversary conference issue – Award papers.
- [18] Stiegler, Bernard, *Bouillonnements organologiques et enseignement musical*, Les dossiers de l'ingénierie éducative, N° 43. Paris : CNDP : 11-15, 2003.
- [19] Stockhausen, Karlheinz, Musique et graphique, in *Musique en jeu* n° 13, Paris : Editions du Seuil, 1973.
- [20] Yong, Kerry, Electroacoustic adaptation as a mode of survival : arranging Giacinto Scelsi's *Aitsi pour piano amplifié* (1974) for piano and computer. In *Organised Sound* : Vol. 11, No. 3. Cambridge: Cambridge University Press, pages 243-254, 2006.