

MODÉLISATION ORIENTÉE OBJET OPÉRATOIRE : UNE PROPOSITION MÉTHODOLOGIQUE CRÉATIVE POUR L'ANALYSE DU RÉPERTOIRE MUSICAL NUMÉRIQUE

João Svidzinski
CICM-EA 1572
Université Paris 8
svidzinski@gmail.com

Alain Bonardi
CICM-EA 1572
Université Paris 8 et IRCAM
alain.bonardi@univ-paris8.fr

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous allons éclairer et détailler certains des principaux aspects et concepts de la modélisation orientée objet opératoire ; notre proposition qui se réalise dans le cadre de notre thèse doctorale dont l'objectif, à la fois pour la composition et pour l'analyse, est d'élaborer une théorie compositionnelle musicale numérique fondée sur la notion d'objet compositionnel et de réseau opératoire. Dans un premier temps, nous allons aborder les méthodologies analytiques vis-à-vis des lignes de recherche actuelles concernant le répertoire numérique, notamment la reconstruction des pièces historiques faisant appel à des langages désuets. Cela amènera à notre propre proposition qui a été théorisée et mise en œuvre dans notre production récente. Nous présentons un premier bilan provisoire qui exposera notre interprétation de la pensée du compositeur-chercheur Horacio Vaggione, dont nous héritons de la théorie de l'orienté objet, et l'application de notre démarche. Après avoir abordé les concepts théoriques de la méthodologie objet-opératoire, nous allons présenter l'analyse de la pièce *Circulos Ceifaidos* (1997) du compositeur Rodolfo Caesar, réalisée comme premier essai analytique dans le cadre de notre master, dont la conclusion a mené à l'élaboration de notre pensée actuelle qui a été appliquée dans notre recherche doctorale. Deux analyses des pièces de compositeurs de référence du répertoire musical numérique sont ensuite exposées : *Due di Uno* (2002 - 2003) d'Agostino di Scipio et *Songes* (1979) de Jean-Claude Risset. Nous concluons en mettant en évidence la figure du compositeur-chercheur, notion-clef de notre démarche.

1. INTRODUCTION

La musicologie numérique est un domaine en plein essor dans la récente production académique scientifique musicale. Ayant comme objectif l'analyse, le portage, la récréation et la préservation d'œuvres faisant appel au support numérique, les chercheurs mettent en évidence la composition musicale numérique en soulignant ses attributs propres. Nous nous intéressons à la théorie de la composition musicale numérique, c'est-à-dire, à partir d'une approche générale nous nous penchons sur la manière dont les compositeurs se servent du support

numérique et leurs stratégies pour la création musicale. La production musicale ciblée concerne les compositeurs de musique électroacoustique numérique dont le principe est l'usage du support numérique pour la synthèse du son¹. Cette musique partage certains principes avec la musique électroacoustique de l'époque pionnière des années 1950 (sur support analogique) représentée par l'école concrète et l'école électronique. La quête du son dans l'idée de composer le son lui-même était la devise de ces courants.

L'essor de la composition musicale numérique, initialisé à la fin des années 1950 par Max Mathews aux Bell Laboratoires, a hérité de deux aspects de l'école concrète de Pierre Schaeffer : la quête du son que nous venons d'évoquer, et la vision de la composition comme un processus scientifique. Installés dans des centres scientifiques dans un premier temps, des chercheurs ont bâti les principes de la musique numérique, qui dans un second temps ont attiré l'attention des compositeurs ayant aussi une formation académique, les compositeur-chercheurs. Parmi eux se distingue Jean-Claude Risset, qui a prévu la potentialité de la composition numérique comme un terrain fertile pour la composition du son lui-même. L'encadrement de la composition dans un domaine scientifique impose aux compositeurs un comportement à la fois artistique et scientifique.

Au cours du développement de la composition numérique, l'analyse de ce répertoire est devenue également un domaine en soi en musicologie électroacoustique. En général, les outils d'analyse électroacoustique ne font pas de différence entre le support analogique et numérique², alors qu'il en existe. Les processus analogiques ne laissent pas de trace génétique (à l'exception des esquisses et commentaires du compositeur)³ ; en revanche, le code numérique contient les informations détaillées du processus créatif, ce document peut ainsi servir aux analystes d'objet d'étude. Cette approche, appelée génétique [28] cherche

¹ Le support numérique peut également servir à l'élaboration et la conceptualisation de l'œuvre musicale, mais ce point n'est pas abordé dans notre article.

² L'analyse graphique, à l'instar des approches fondées sur l'écoute, est l'un des outils le plus utilisé pour l'analyse du répertoire électroacoustique. Notamment les logiciels Acousmographe [9] et EAnalysis [7].

³ Par trace génétique, nous entendons toute inscription numérique de l'activité de composition : programmes, logs, scripts etc. [1] [27].

à comprendre *comment* la pièce analysée fut composée, à ce propos les codes font un important l'objet analytique.

La modélisation⁴ orientée objet opératoire est une proposition d'analyse génétique dont le principe est l'interprétation d'un code selon un réseau opératoire, guidée par les éléments bibliographiques publiés par les compositeurs-chercheurs des œuvres analysées. La théorie proposée par le compositeur-chercheur Horacio Vaggione de la composition orientée objet [26] - selon laquelle les objets compositionnels sont le matériau de la composition (représentés par des codes numériques) et sont soumis à des opérations pour la consolidation de l'œuvre - a été reprise dans le cadre d'une analyse créative dont l'objectif principal est l'analyse comme réflexion, à travers l'interprétation opératoire des codes, du processus compositionnel pour aboutir à une conclusion créative en forme de création originelle par le compositeur-analyste.

2. ANALYSE DU RÉPERTOIRE MUSICAL NUMÉRIQUE

Jean-Claude Risset conclut son article [19] avec un appel aux compositeurs et analystes à faire un effort spécial afin d'assurer que l'analyse des pièces utilisant l'informatique musicale ne soit pas oubliée. Dans le même ouvrage, l'article de Marco Stroppa [22] sur l'analyse de la musique électronique déclenche une réflexion sur les difficultés à analyser la musique électroacoustique, particulièrement celle composée en utilisant le support numérique. Dans la réflexion de Stroppa, Risset souligne deux points concernant l'analyse de ce répertoire : le contenu arbitraire des représentations graphiques du son et le défi du décodage des codes originels.

Comme une option pour résoudre le premier point, Risset propose un nouveau modèle, fondé sur sa propre recherche de la synthèse du timbre. Malgré son effort, sa proposition n'aboutit pas à un résultat applicable à tous les cas analytiques. Une représentation graphique ne sera jamais un outil exhaustif pour l'analyse du répertoire numérique. Même si cette méthode permet la visualisation des certaines opérations musicales (comme le comportement spectral, par exemple), cela a plusieurs limitations, comme la représentation des opérations de micro-échelle.

Par rapport à la deuxième remarque, Stroppa introduit deux points importants qui vont influencer la musicologie électroacoustique moderne. Selon l'auteur, les codes numériques sont d'une part incompréhensibles aux non-spécialistes et d'autre part éphémères, car les machines et les logiciels changent sans cesse.

Il est important de souligner que l'article de Stroppa date de 1984. À ce moment-là, les musiciens avaient une relation différente à l'informatique : l'accès à l'informatique n'était pas aussi facile qu'aujourd'hui et les langages de programmation n'était pas un sujet d'étude répandu. Ils semblaient vraiment

incompréhensibles à ce point aux analystes venant de la tradition classique. Aujourd'hui, l'informatique est accessible à tous et un compositeur qui souhaite travailler avec ce support doit le maîtriser. Même le développement des nouveaux outils informatiques est accessible aux non-programmeurs.

Le deuxième point est cependant controversé. Même si actuellement il y a une tendance à standardiser les représentations numériques, cet effort n'a pas encore rendu de résultat satisfaisant. Le projet FAUST⁵ (Functional Audio Stream), toujours en développement, est un exemple d'essai pour concevoir un *ultra-langage*. Conçu pour le traitement et la synthèse du son temps réel, le langage permet de générer des applications de haute performance et des plug-ins pour une grande variété de plateformes (Max, PureData, Csound, SuperCollider, etc...). Cet outil a été utilisé dans le cadre du projet ASTREE [3] pour la reconstruction de *Turenas* (1972) de John Chowning et *En Echo* (1993-94) de Philippe Manoury. En dépit de ces exemples, FAUST n'est pas encore un outil reconnu et utilisé davantage par la communauté électroacoustique.

Étant donné que les logiciels sont constamment mis à jour, y compris les bibliothèques externes, dans le cas d'un portage d'un fichier vers différentes versions, la préservation des données ne garantit pas le fonctionnement des pièces dépendant d'un système numérique. Il faut prendre en compte que le code informatique est un support dynamique, différent de la partition musicale traditionnelle. Dans le domaine numérique, une fois composée, la composition n'est pas définitive. Le compositeur, ou un analyste, doit la mettre à jour pour deux raisons : pour la garder jouable et pour la mettre à jour avec les nouveautés technologiques en constant développement qui vont mieux accomplir les tâches compositionnelles selon les souhaits du compositeur et les implications inhérentes de l'œuvre. En suivant cette position, la démarche de Pottier [16] a envisagé la reconstruction de *Turenas* (1972) de John Chowning en une version interactive ; originellement la pièce est pour bande fixe sur quatre pistes.

La solution proposée par Risset reste encore la plus fiable pour la conservation des données et l'analyse fondée sur le code : « Le compositeur peut jouer un rôle décisif en livrant ses clés - s'il le veut (Varèse et Jolivet ne le souhaitaient pas toujours). Le travail d'analyse est facilité si le musicien tient un journal de sa création. [...] Il n'est pas souhaitable que le compositeur soit son seul analyste : il serait partial et partiel. L'idéal serait qu'il fasse l'effort de transmettre les données et notations techniques et musicales en les présentant de la façon la plus claire possible. Pour pouvoir approfondir certains aspects, il est préférable que les analystes eux-mêmes soient au fait des techniques informatiques de la musique. » [19].

⁴Par modélisation, nous entendons l'utilisation de modèles pour la composition [17].

⁵ <https://faust.grame.fr>

3. LA RECONSTRUCTION

L'une des approches analytique pionnières du répertoire musicale numérique qui suit la pensée de Risset (cité ci-dessus) est celle de Denis Lorrain qui analysa via une reconstruction *Inharmonique* (1977) de Jean-Claude Risset [14]. Cette pièce pour voix soprano et électronique, fut composée à l'Ircam avec une version du logiciel MUSIC V (l'une des versions de la série MUSIC N initié par Max Mathews). Concernant cet démarche, Risset affirme lui-même que « Lorrain a choisi les séquences les plus caractéristiques de la bande, il a reconstitué des partitions qui fonctionnaient à partir des miennes qui étaient périmées (le programme n'avait pas pris sa forme finale au moment de la composition), il les a élaguées, présentées de manière plus cohérente, plus lisible, en expliquant très clairement les processus sonores mis en oeuvre : tâche difficile qu'il a pu mener à bien parce qu'il est compositeur et expert en programmation musicale. Son travail permet de diffuser l'information sur la « microstructure » de la pièce : je lui en suis très reconnaissant, en ayant moi-même bénéficié. » [14].

Récemment, cette même ligne méthodologique a été utilisée pour l'analyse des œuvres faisant appel à des langages informatiques désuets. L'approche de Baudouin [2] et Dahan [8] considèrent la reconstruction de *Stria* (1977) de John Chowning. Les deux articles font partie d'un volume de la revue *Computer Music Journal* commémoratif du 30^{ème} anniversaire de la pièce analysée. Cette composition pionnière fut réalisé avec les langages désormais désuets SIAL et MUSIC 10. L'effort de Baudouin et Dahan était de la reconstruire en utilisant les langages actuels, notamment Csound. Ainsi comme Risset sur l'analyse de Lorrain, l'avis de Chowning fut également positif « J'ai cru qu'il était impossible de reconstruire la nouvelle version enregistrée [de *Stria*]. Elle est en multi-canaux, parfaite, sans bruits de quantification causés par les bandes analogiques et le 12-bits 25.6 kHz converti 30 ans après. C'est une version de *Stria* que j'ai toujours présentée en format en quatre canaux en concert, et c'est l'unique version que j'ai réalisée et que j'ai fournie à ceux qui me l'ont demandée. Mais la qualité de ce nouvel enregistrement est bien meilleure en d'autres termes également »⁶ [6].

La reconstruction a été surtout pratiquée sur les pièces pionnières du répertoire numérique, composées avec des langages désuets, comme MUSIC V dans *Inharmonique* et MUSIC 10 dans *Stria*. Mais c'est également le cas avec les langages moins utilisés par la communauté électroacoustique, comme KYMA dans le cas des pièces du compositeur Agostino di Scipio, (voir ci-dessous). Même s'il s'agit d'une plateforme puissante et efficace pour accomplir les opérations compositionnelles, les langages dérivés de la série MUSIC N (y compris les langages textuels comme Csound et graphiques comme Max et Pure Data développés par Miller Puckette) appartiennent à la

tradition électroacoustique, facilitant ainsi la perpétuation de l'œuvre.

La reconstruction des codes d'une pièce ou d'une partie d'une pièce est utile pour le compositeur-analyste d'un point de vue pédagogique. Le fait de tester et de manipuler un code peut donner des idées aux compositeurs et ainsi susciter un intérêt créatif. De plus, le compositeur-analyste peut recréer des codes sans avoir le code original, ayant une référence auditive, il est possible d'essayer de trouver le moyen technique numérique de produire le même résultat sonore. Cette méthode est semblable à celle théorisée par Risset qu'il nomme analyse par synthèse [18].

4. MODÉLISATION ORIENTÉE OBJET OPÉRATOIRE COMME APPROCHE CRÉATIVE

Les démarches citées jusqu'ici comprennent l'analyse à part de la composition. Nous cherchons une méthode qui considère l'analyse comme partie d'un processus créatif ; ainsi l'analyste-compositeur se sert d'une analyse du répertoire numérique pour l'élaboration et la conception de sa propre œuvre.

À ce propos, Risset ajoute un point pédagogique à l'approche analytique fondée sur le code : « L'analyse est un moyen de s'apprendre à composer : il est important de pouvoir étudier de telles 'partitions' [code] si l'on s'intéresse à composer le son soi-même. » [19].

Dans notre production récente [23], nous avons discuté la possibilité de composer en utilisant un modèle opératoire. C'est-à-dire que l'analyse orientée objet opératoire génère un modèle qui peut être manipulé et opéré par le compositeur-analyste pour la composition d'une nouvelle pièce originale. La démarche opératoire traite l'interprétation du code pour l'élaboration d'un réseau opératoire, aussi compris comme un modèle opératoire. Les concepts d'objet et de réseau opératoire sont issus de la théorie compositionnelle de Horacio Vaggione. Le compositeur-chercheur théorise la composition orientée objet (une référence aux langages de programmation orientés objet). Les objets compositionnels peuvent être tous les matériaux utilisés lors du processus compositionnel. Ces objets ont des propriétés similaires à celle des objets informatiques selon les langages orientés objet, telles que les classes, les méthodes, l'héritage et le polymorphisme. Vaggione a composé plusieurs œuvres selon cette théorie, comme *Fractal C* (1983-84), *Thema* (1985) et *Ash* (1989-90). La notion d'objet est également présente dans la pensée de l'épistémologue Gilles Gaston Granger [13] qui fait un lien avec la notion d'opératoire. Les notions d'objet et d'opératoire sont indissociables : l'objet a comme propriété d'être opératoire « l'objet est une catégorie opératoire, c'est-à-dire un concept technique développé pour réaliser une action musicale donnée, capable d'encapsuler des niveaux temporels différents dans une entité complexe qui, néanmoins, a des limites précises, et qui peut ainsi être manipulée à l'intérieur d'un réseau [opératoire] » [4]. En tant que matériaux technique pour

⁶Notre traduction.

la réalisation d'une œuvre musicale, les objets sont des entités actives représentées numériquement par un code et dotée de méthodes, c'est-à-dire des comportements. Les objets peuvent être des sons, des fonctions, des algorithmes, des scripts, des listes de paramètres, enfin tous les outils compositionnels qui, mis en opération génèrent la pièce musicale. Composer signifie donc créer et opérer le réseau opératoire des objets afin de produire un discours musical [26].

Nous nous approprions la démarche compositionnelle de Vaggione pour l'appliquer dans le cadre d'une analyse fondée sur un modèle opératoire. Le modèle est le réseau d'objets opératoires, aussi appelé espace composable, cela représente tous les matériaux utilisés lors de la composition, ainsi que les opérations pour son fonctionnement.

Étant donné que les objets sont représentés par un code numérique, ils sont aussi compris comme entités opératoires et représentatives du processus compositionnel, comme des « partitions musicales ». Ayant comme objectif l'analyse, il est possible de comprendre les données musicales (code) pour concevoir un modèle objet opératoire, contenant les traces génétiques de l'œuvre analysée. Avec ce matériel, il est possible, dans une deuxième étape, de manipuler ces objets dans des contextes différents, en les regroupant, en les soumettant à d'autres opérations, en ajoutant d'autres unités, de façon à concevoir la composition d'une nouvelle pièce originelle par le compositeur-analyste.

5. ANALYSE ORIENTÉE OBJET OPÉRATOIRE : UN PREMIER BILAN PROVISOIRE

La modélisation orientée objet opératoire consiste à interpréter un code (entier ou partiel) d'une pièce du répertoire musical numérique en générant un réseau d'objets opératoire (modèle). Pour cela, le code originel, ainsi que les publications (journal de composition) du compositeur-chercheur analysé sont utilisés comme sources analytiques. Dans cette partie nous allons aborder trois exemples d'application de cette proposition dans le cadre analytique. D'abord l'analyse de *Circulos Ceifados* (1997) du compositeur brésilien Rodolfo Caesar, première analyse réalisée dans le cadre de notre master (2012-2013), faite en même temps que les esquisses de la formulation de la modélisation orientée objet opératoire. Ensuite deux pièces de compositeurs de référence dans la musique numérique qui représentent deux générations différentes, *Due di Uno* (2001) d'Agostino di Scipio et *Songes* (1977) de Jean-Claude Risset. Il ne s'agit pas d'une approche analytique exhaustive, qui se fera dans le cadre de notre thèse doctorale et qui a déjà donné des résultats satisfaisants, mais d'un premier aperçu de l'application de cette proposition qui nous mènera à un premier bilan provisoire.

5.1. Analyse orientée objet opératoire : *Circulos Ceifados*

La pièce acousmatique *Circulos Ceifados* du compositeur brésilien Rodolfo Caesar fut composée en langage Csound ; un livre éponyme [5] écrit par le compositeur lui-même livre des informations-clés de la composition ainsi que des extraits des codes Csound d'origine. En s'appuyant sur les publications du compositeur, nous avons repéré la source principale de l'œuvre : la bioacoustique, qui est un domaine interdisciplinaire qui étudie les sons produits par les êtres biologiques. Chez Caesar, la bioacoustique fournit le matériau et les idées pour extraire des sons des animaux et les émuler en utilisant la synthèse numérique. Les opérations sont fondées sur la synthèse par simulation d'une source réelle (les sons des animaux) ; Pour cela le compositeur se sert de la spatialisation (limitée à la stéréo) pour émuler un environnement naturel et des traitements et manipulations des données de l'analyse des sons synthétisés. Caesar émule numériquement les sons des animaux en utilisant des traitements granulaires ; au cours de la pièce le compositeur manipule les paramètres de la synthèse en dressant un discours musical⁷.

Notre analyse orientée objet opératoire a divisé le réseau opératoire en trois catégories : émulation d'une source naturelle, spatialisation et synthèse numérique granulaire. Après avoir étudié la manière dont le compositeur opère chaque catégorie individuellement, nous avons proposé diverses applications du même modèle en exploitant chaque catégorie dans des contextes différents. Nous avons utilisé plusieurs sources réelles pour l'émulation numérique, chacune proposait différentes méthodes de synthèse. Pour la spatialisation, nous avons appliqué des traitements en ambisonie d'ordre supérieur avec la bibliothèque *Hoa*⁸ (High Order Ambisonics library). Pour chaque composition le modèle objet opératoire nous a conduit à des manipulations de données numériques différentes en rendant des pièces originelles, chacune avec sa propre identité. Il en résulte trois compositions⁹ : *Turdus* (2013) pour flûte et électronique en temps réel, *MI910* (2014), pièce acousmatique en octophonie et *Les âmes remerciées* (2014) pour quatre percussions et électronique en temps réel.

La motivation à poursuivre cette ligne de recherche était essentiellement due à la réussite des résultats créatifs. Les trois compositions sont les résultats d'une réflexion sur les traces génératives d'une pièce analysée avec les codes originaux et les publications du compositeur analysé. L'analyse est donc une source créative pour la réflexion du processus compositionnel par le compositeur-analyste qui résulte en une pièce originelle.

⁷Pour plus d'information sur l'approche créative dans l'analyse le lecteur pourra se référer à notre travail de master [24] [25].

⁸ <http://www.mshparisnord.fr/hoalibrary/>

⁹ compositions de João Svidzinski.

Pour la suite de la recherche, nous avons approfondi les principes théoriques de la pensée compositionnelle d'Horacio Vaggione surtout concernant les propriétés des objets opératoires.

5.2. Analyse orientée objet opératoire : *Due di Uno*

Due di Uno (2002 - 2003) pour flûte à bec, violon et électronique est la première analyse réalisée dans le cadre de notre thèse doctorale. La pièce du compositeur italien Agostino di Scipio est un exemple de composition algorithmique dont une fonction non-linéaire récursive génère les paramètres de la synthèse numérique, ainsi que les valeurs de la partition des instruments acoustiques. L'autre caractéristique prédominante de cette pièce est l'émergence des structures micro-échelle à partir d'une structure générée par un algorithme en macro-échelle.

La première étape pour l'analyse a été la reconstruction (encore partielle) de cette pièce en utilisant Max, étant donné que le patch original est composé pour la plateforme KYMA. Le compositeur nous a aimablement fourni un *flow chart* contenant les modules et paramètres pour la conception d'un patch Max.

Nous référant à un article dans lequel Di Scipio décrit la composition de cette pièce [12], nous avons classifié les objets opératoires en trois catégories : génération algorithmique, signaux de contrôle et traitement du signal. L'algorithme est généré par une fonction non-linéaire récursive $x = \sin(x * r)$, les signaux de contrôle sont des valeurs mappées par un suiveur d'amplitude de l'instrument acoustique, ces valeurs contrôlent les différents paramètres de la synthèse numérique qui fait appel à des modules de traitement granulaire et des échantillonneurs.

L'utilisation des fonctions non-linéaires est une constante dans la production de Di Scipio [10] [11]. Le compositeur fait appel à ces fonctions depuis le début des années 1990. Notre intérêt pour ces objets porte surtout sur la possibilité de contrôle des paramètres de synthèse numérique en temps réel. Nous avons donc isolé cet objet (émulé en max) et manipulé individuellement afin de trouver une application créative dans le cadre de notre travail. La pièce *La philosophie du temps* (2015) pour piano et électronique temps réel composée par le compositeur-analyste utilise des fonctions non-linéaires pour le contrôle de paramètres de granulation dont la conceptualisation est un résultat de l'analyse de l'objet issu du code original de *Due di Uno*. Les propriétés des objets opératoires théorisés par Horacio Vaggione ont permis cette procédure analytique ; l'objet a la propriété d'encapsulation, permettant d'isoler et d'opérer individuellement des fonctions. La propriété de polymorphisme peut rendre des résultats différents dans différents contextes musicaux, générant des résultats uniques et originaux dans chaque contexte compositionnel.

5.3. Analyse orientée objet opératoire : *Songe*

L'ouvrage cité ci-dessus dans lequel Stroppa fait une première réflexion sur l'analyse du répertoire électroacoustique et cité postérieurement par Risset concerne l'analyse de *Songes* (1977) ; cette pièce acousmatique réalisée à l'Ircam représente donc symboliquement le début des débats sur les méthodologies de l'analyse du répertoire numérique.

Risset livre dans cet article certains commentaires fondés sur l'analyse des codes originaux (même si dans cet exemple Risset est à la fois compositeur et analyste, son intérêt est d'exemplifier une approche possible fondée sur le matériel génétique de l'œuvre). La pièce utilise des échantillons pré-enregistrés d'instruments acoustiques (dont l'origine est la pièce acoustique *Mirages* (1978) de Risset lui-même). Le compositeur nous a fourni très aimablement le code original en MUSIC V, ainsi que des commentaires et esquisses de la composition. Dans un premier temps, nous avons étudié ce langage avec la documentation disponible [15] pour ensuite comprendre les codes et les mettre en relation avec les analyses déjà réalisées, notamment celle réalisée par Denis Lorrain. Dans une première partie de l'œuvre, les échantillons pré-enregistrés sont manipulés en changeant les fréquences et amplitudes pour faire une sorte de « tuilage » sonore. Dans une deuxième partie de la pièce, les sons synthétisés de cloche et gong génèrent un aspect inharmonique en opposition au début de la pièce. En effet, il s'agit des objets sonores numériques issus de son catalogue de sons synthétisés par l'ordinateur. Risset les met en réseau opératoire par une émulation d'objets sonores dans le contexte de cette pièce. Les objets des instruments *cloche430* et *gong420*, par exemple, sont issus du catalogue et certains objets sonores de synthèse de cloches mélodiques synthétiques sont exactement ceux utilisés dans *Inharmonique* et reconstruits par Lorrain dans la structure n° V [14]. Dans *Songes*, ces objets sont manipulés selon le profil mélodique des échantillons pré-enregistrés de la première partie. La propriété de polymorphisme de l'objet opératoire, d'un point de vue symbolique, permet que ces objets, ou sous-objets hérités de l'objet père, aient des comportements différents à travers différents contextes musicaux.

Dans l'article cité ci-dessus, Risset donne un aperçu de ce processus que l'on peut trouver dans le code original et qui ne peut pas être compris par d'autres moyens analytiques, comme la partition graphique, par exemple :

« Dans d'autres passages, une partition habituelle ne convient pas, mais les informations données par le programme de synthèse permettent de suivre la construction sonore et musicale – par exemple la transformation en textures fluides (3'28'') des « cloches » de synthèse (de 1'37'' à 3'12''), agencées suivant une échelle de hauteur issue de l'exposition des motifs initiaux, échelle qui se retrouve aussi au sein de certains sons eux-mêmes ; le tuilage remplissant tout l'espace de fréquence (5'40'' à 6'40'') ; enfin la genèse de courbes

de fréquences souples et complexes (7'05''), décrites de manière concise par une superposition simple de sinusoïdes mais dont l'aspect phénoménal ne peut être évoqué que par une représentation graphique » [19].

Pour la composition *Resonant Sound Spaces* (2001-2002) Risset se sert d'une série d'analyses de ses pièces, réalisées par d'autres compositeurs-analystes, dans une approche multi-logicielle qui accomplit son souhait de composition. A partir de l'analyse de Denis Lorrain d'*Inharmonique*, Antonio de Sousa Dias a émulé des objets en langage Max et les a modifiés pour produire une version temps-réel interactive. Après avoir été modifiée par Daniel Arfib, Risset a pu concevoir une pièce qui part de l'interaction temps réel et profite d'un système de spatialisation [20].

Cet exemple montre comme une communauté théorique peut contribuer à la réalisation et l'accomplissement d'une pensée musicale par l'analyse des codes, la reconstruction, le portage, la modification et les opérations sur les matériaux. Inconsciemment ce groupe de chercheurs a utilisé une méthodologie qui partage des principes de la modélisation orientée objet opératoire, car c'est grâce aux propriétés inhérentes à l'objet opératoire – encapsulation (l'unité fermée de chaque structure numérique émulée), polymorphisme (l'application des objets dans différents contextes musicaux), héritage (la dérivation de chaque unité dans différents contextes), que les compositeur-chercheurs ont pu le manipuler. La réussite de *Resonant Sound Space* prouve ce que Risset a dit précédemment, l'importance de la documentation par le compositeur et l'analyse objective des traces génétiques peut donner des résultats créatifs.

6. CONCLUSION

La méthodologie discutée dans cet article est fortement liée à la notion de compositeur-chercheur. L'analyse-crédation est réalisée par un compositeur-chercheur sur l'œuvre composée par un autre compositeur-chercheur, formant ainsi un réseau communautaire systémique, dans une ligne de recherche liant l'art, la science et la technologie.

La formulation et l'application d'une méthodologie analytique créative est dépendante d'une phase ultérieure pour l'accomplissement d'une pensée scientifique musicale. Il faut que l'étape qui suit l'analyse, celle de la création, soit utile et surtout fertile pour la consolidation de la pensée compositionnelle du compositeur-analyste. C'est l'appropriation et l'exploration de l'objet compositionnel à un niveau créatif qui aboutira à un processus scientifique musical. Toutefois, il faut toujours prendre en compte que la composition musicale a une valeur en elle-même et que sa réussite dépend de la manière dont le compositeur se l'approprie. Comme l'a déjà dit Risset : « L'adhésion rigoureuse à une règle ou un processus n'ont pas valeur de justification : comme pour une recette de cuisine, la preuve est dans la dégustation. » [21].

Ce qui justifie l'application de la modélisation orientée objet opératoire est le niveau de modification et d'approfondissement de l'objet compositionnel dans le cadre d'un processus créatif, c'est-à-dire le fait que compositeur-analyste s'approprie une analyse pour trouver sa propre théorie compositionnelle. De plus, le point qui fera d'une approche un processus scientifique musicale est la discussion au sein de la communauté rendue possible grâce à l'explicitation du processus compositionnel. Le compositeur-chercheur fait donc un travail en boucle création-recherche dans une communauté académique où émergent de nouveaux concepts. C'est justement cette propriété de la recherche musicale qui a collaboré pour la réussite de *Resonant Sound Space*.

« Tout compositeur ambitieux cherche sa voie personnelle – sa voix. La recherche musicale est d'abord pour lui sa recherche, une recherche individualisée, subjective. La fécondité de tel ou tel thème dépend considérablement de l'intérêt du compositeur, même si cet intérêt paraît complètement discutable sur un plan général : ce qui importe, c'est que le thème stimule l'imagination du compositeur, qu'il la mette en mouvement. » [21].

João Svidzinski est doctorant CAPES - Foundation, Ministry of Education of Brazil, Brasília – DF 70040-020, Brazil

7. RÉFÉRENCES

- [1] Bachimont, B., *Ingénierie des connaissances et des contenus : le numérique entre ontologies et documents*. Science informatique et SHS, Hermès, Paris, 2007.
- [2] Baudouin, O. « A Reconstruction of 'Stria' », *Computer Music Journal*, vol. 31, no. 3, pp. 75–81, Oct. 2007.
- [3] Bonardi, A. « Approches pratiques de la préservation/virtualisation des œuvres interactives mixtes : *En Echo* de Manoury », Actes des Journées d'informatique musicale 2011, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, 2011.
- [4] Budón et Vaggione, « Composer avec des objets, réseaux et échelles temporelles : une interview avec H. Vaggione » in *Espaces composables: essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, Paris: Harmattan, 2007.
- [5] Caesar, C. *Círculos Ceifados*. Ed. Rio de Janeiro: 7Letras. v. 1. 2007.
- [6] Chowning, J. « 'Stria': Lines to Its Reconstruction », *Computer Music Journal*, vol. 31, no. 3, pp. 23–25, Oct. 2007.
- [7] Couprie, P. « Analyse comparée des Trois rêves d'oiseau de François Bayle », *Revue DEMéter*, Université de Lille-3, 2002.

- [8] Dahan, K. « Surface Tensions: Dynamics of 'Stria' », *Computer Music Journal*, vol. 31, no. 3, pp. 65–74, Oct. 2007.
- [9] Delalande, F. « Pertinence et analyse perceptive », *Cahiers Recherche/Musique n. 2*, Paris, INA/GRM. 1986.
- [10] Di Scipio, A. « Composition by exploration of non-linear dynamics systems », *Proceedings of ICMC-90*, 1990.
- [11] D. Scipio, A. « Iterated Nonlinear Functions as a Sound-Generating Engine », *Leonardo*, vol. 34, no. 3, pp. 249–254, Jan. 2001.
- [12] Di Scipio, A. « Due di Uno. Une composition dédiée à Horacio Vaggione ». In *Espaces composables: essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, Paris: l'Harmattan, 2007.
- [13] Granger, G. *Formes opérations objets*, Mathesis. Paris, 1994.
- [14] Lorrain, D. « Analyse de la bande magnétique de l'œuvre de Jean-Claude Risset Inharmonique », Rapport IRCAM n° 26/80, 1980.
- [15] Mathews et al, *The Technology of Computer Music*, Cambridge : The MIT Press. 1969.
- [16] Pottier, L. « 'Turenas' (1972) de John Chowning, vers une version interactive », *Musimédiane*, vol. Numéro 6, 2011.
- [17] Riotte, A. « L'utilisation de modèles mathématiques en analyse et en composition musicales ». In *Actes du Quadrivium Musique et Sciences*, I.P.M.C., Metz, 1991.
- [18] Risset, J.-C. « Timbre Analysis by Synthesis: Representations, Imitations, and Variants for Musical Composition ». In *Representations of Musical Signals*, 7–43. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1991.
- [19] Risset, J.-C. « Problèmes posés par l'analyse d'œuvres musicales dont la réalisation fait appel à l'informatique ». In *Analyse et création musicales : actes du troisième Congrès européen d'analyse musicale*, Montpellier, 1995, Paris : L'Harmattan, 2001.
- [20] Risset et al., « De Inharmonique à Resonant Sound Spaces : temps réel et mise en espace ». In *Actes des Journées d'Informatique Musicale*, 9e édition, Marseille, 29 - 31 mai 2002.
- [21] Risset, J.-C., *Du songe au son : Entretiens avec Matthieu Guillot*, Paris : Editions L'Harmattan, 2008.
- [22] Stroppa, M. « Sur l'analyse de la musique électronique ». In *L'ircam, une pensée musicale*, Paris : Editions des Archives Contemporaines, 1984.
- [23] Svidzinski, J., Bonardi, A., « Vers une théorie de la composition musicale numérique fondée sur des réseaux d'objets », *Actes des Journées d'Informatique Musicale*, Montréal, 2015.
- [24] Svidzinski, J. *De Circulos ceifados à Turdus : La composition électroacoustique fondée sur la bioacoustique*, Master 1, Université Paris 8, 2013.
- [25] Svidzinski, J. *Composition par modélisation, œuvre mixte en temps réel en Csound à partir d'un modèle réel*, Master 2, Université Paris 8, 2014.
- [26] Vaggione, H. « On object-based composition ». In *Composition Theory, Interface, Journal of new music research* 20 (3-4), p. 209-216, 1991.
- [27] Vincent, A. Bonardi, A. et Bachimont, B. Étude des processus compositionnels : un langage pour représenter les processus de production sonore. In *Actes des 19e Journées d'Informatique Musicale (JIM 2013)*, Université Paris 8, 13-15 mai 2013.
- [28] Zattra, L. « Génétiques de la computer music ». In *Genèses musicales*, sous la direction de Nicolas Donin, Almuth Grésillon, Jean-Louis Lebrave, Paris : Presses de l'Université Paris-Sorbonne, 2015, pp. 218-238.