

# L'INSTRUMENT NUMÉRIQUE COMME OBJET D'ANALYSE DES MUSIQUES MIXTES

*Frédéric Dufeu*  
MIAC/APP, Université Rennes 2  
frederic.dufeu@gmail.com

## RÉSUMÉ

L'intervention des technologies numériques dans les lutheries des <sup>xx</sup><sup>e</sup> et <sup>xxi</sup><sup>e</sup> siècles ayant contribué à déplacer une partie de l'écriture compositionnelle au sein même de l'instrument de musique, l'approche poétique des œuvres dites mixtes doit accorder une attention particulière à la constitution des dispositifs d'exécution. À partir d'exemples notoires de programmes informatiques inscrits dans deux domaines différenciés, les musiques écrites et l'improvisation, cet article s'attache à montrer comment les instruments numériques peuvent être considérés comme des instruments d'analyse musicologique. D'une part, l'examen de fragments de l'environnement informatique d'une œuvre importante du répertoire du temps réel, *Jupiter* de Philippe Manoury, permet de saisir l'interaction mise en place entre partie instrumentale et partie électroacoustique et de compléter ainsi la lecture de la partition et de ses écrits adjacents. D'autre part, le programme OMax, destiné à l'improvisation avec ordinateur, peut se prêter à des ajustements offrant, moyennant un travail de lutherie de la part du musicologue, des perspectives utiles pour l'analyse de l'improvisation avec dispositif numérique.

## 1. INTRODUCTION

Au siècle dernier, l'intervention des technologies numériques dans le développement de nouvelles lutheries a largement contribué à questionner la notion d'instrument de musique. Dans un article intitulé « De l'amplification à l'autonomie de l'instrument : ruptures électroniques et conséquences esthétiques » [7], Bruno Bossis remarque que

« la lutherie s'est non seulement enrichie d'interfaces gestuelles nouvelles, mais l'organisation et le comportement des instruments sont également l'objet d'expérimentations radicalement différentes. »<sup>1</sup>

Les évolutions et ruptures technologiques constatées conduisent à un certain nombre de difficultés quant à la définition du statut même de l'instrument et de l'instrumentalité, comme le montre une recherche présentée par Caroline Cance et Hugues Genevois aux Journées d'Informatique Musicale de 2009 [9], et développée avec Danièle Dubois pour le colloque

<sup>1</sup> [7], p. 101.

CIM09 [10] :

« En informatique musicale, on rencontre une grande variété de dénominations pour désigner les objets matériels et logiciels qui sont développés et utilisés. Il n'est [...] pas aisé de s'y retrouver entre ces diverses terminologies, qui ne sont le plus souvent pas définies. Il faut noter ici que ce processus est propre à toute nouvelle technologie et pratique émergente, qui voit un besoin de création et de stabilisation de vocabulaire commun. »<sup>2</sup>

Cance et Genevois précisent que

« pour [Claude] Cadoz, l'ordinateur ne peut être considéré comme un instrument, mais plutôt comme une représentation d'instrument [8]. Il existe des positionnements alternatifs, tels que celui développé par [Kasper] Toeplitz, pour qui l'ordinateur est en passe de devenir un instrument de scène [23]. »<sup>3</sup>

En 2007, Bossis propose l'énoncé suivant :

« Un instrument de musique ne peut être considéré comme tel que s'il comprend la chaîne complète du geste à l'émission sonore ou au moins à un signal électrique analogue à cette émission. [...] Un ordinateur n'en est pas un, mais s'il est muni d'une entrée son ou d'une interface gestuelle, d'un logiciel de synthèse ou de traitement, alors l'ensemble du dispositif peut être considéré comme un instrument de musique. »<sup>4</sup>

Nous reprendrons ici une définition formulée en 2008 et reposant sur la proposition précédente :

« Un instrument de musique numérique peut être défini de manière très générale par sa constitution – la présence d'une interface d'accès gestuel, d'un environnement informatique et d'une interface de sortie sonore – et sa destination : l'exécution musicale. »<sup>5</sup>

L'objectif de cet article est de soulever l'intérêt, dans le cadre des musiques reposant sur des dispositifs numériques d'exécution en temps réel, de la considération de l'instrument de musique lui-même en tant qu'objet d'analyse. Comme l'affirme Bruno Bossis,

« contrairement à l'instrument traditionnel, l'"instrument composé" n'est pas entièrement défini avant le travail d'écriture par le musicien. Le compositeur prend ainsi en charge une partie du métier du luthier. »<sup>6</sup>

<sup>2</sup> [9], p. 137.

<sup>3</sup> [9], p. 138.

<sup>4</sup> [6], p. 2.

<sup>5</sup> [13], p. 3.

L'écriture de l'instrument étant pleinement inscrite dans la démarche poétique des compositeurs, nous évoquerons d'abord le programme informatique permettant la mise en œuvre d'une pièce importante du répertoire, *Jupiter* de Philippe Manoury, en nous attachant à montrer l'utilité de son examen en complément à celui de la partition et de ses paratextes. Dans un tout autre domaine, les musiques improvisées reposant sur les technologies peuvent aussi bien être étudiées à partir des procédures informatiques générant les résultats électroacoustiques. Nous exposerons comment le programme OMax, développé à l'Ircam et destiné à l'improvisation avec ordinateur, peut être adapté à des fins d'analyse.

## 2. L'EXAMEN DE L'INSTRUMENT COMME COMPLÉMENT À L'ANALYSE DE LA PARTITION : L'EXEMPLE DE *JUPITER* DE PHILIPPE MANOURY

### 2.1. Sources disponibles pour l'étude de *Jupiter*

Créée en 1987, *Jupiter* pour flûte et électronique en temps réel est la première pièce du cycle *Sonus ex machina* de Philippe Manoury, entièrement consacré à l'interaction entre jeu instrumental et dispositif électroacoustique. Les enjeux liés à l'usage de la technologie dans cette pièce sont largement exposés par le compositeur lui-même dans de nombreux écrits théoriques [20] et textes de circonstance [16, 19]. Dans un article daté de 1990, il exposait ainsi les intentions maîtresses des débuts de son cycle :

« Mon principal but a été d'intégrer dans un même discours deux mondes qui auparavant communiquaient de façons plus parallèles que conjointes : la musique instrumentale et la musique électronique. Je ne veux bien sûr pas dire par là que [mes] œuvres sont les premières à avoir confronté ces deux genres, mais plutôt qu'elles inaugurent une démarche tendant à une unification de ces deux domaines, tant du point de vue théorique que de celui de leur propre mode de fonctionnement. En un mot, j'ai essayé d'unifier ces méthodes dans une vision commune en faisant bénéficier la plus récente des apports de la plus ancienne. »<sup>7</sup>

L'implémentation d'une reconnaissance de partition, effectuée par Miller Puckette à la suite de travaux de Barry Vercoe [24] et de Roger Dannenberg [11], permet au dispositif de déclencher automatiquement les opérations audionumériques appropriées par la comparaison en temps réel du jeu de l'instrumentiste avec une représentation simplifiée de la partition mémorisée dans l'environnement informatique, donnant à l'interprète le contrôle du *tempo* global de la partie électroacoustique. La lecture de la partition fait apparaître l'organisation générale et locale de l'interaction mise en place. Au-dessus de la portée dédiée à la flûte se trouve un système de portées sur lequel se trouve représentée, sous des formes diverses,

la partie générée par le système temps réel (STR). Les sections sont numérotées par des chiffres romains, les sous-sections par les lettres de l'alphabet latin (de IA à XIIIc) et cette numérotation est encadrée. Les événements électroacoustiques déclenchés par le flûtiste sont numérotés par ordre croissant pour chaque grande section et entourés (figure 1).

Figure 1. Fin de l'introduction et début de la section IA de *Jupiter* (version 1992)<sup>8</sup>.

En plus de la partition et de ses écrits adjacents, le musicologue peut disposer du programme informatique destiné à l'exécution de *Jupiter*<sup>9</sup> pour l'étude de la pièce.

### 2.2. Utilité analytique du programme informatique d'exécution

La partition du début de la section IA (figure 1) montre qu'au premier *do dièse* joué par le flûtiste correspond un premier événement électroacoustique, déclenchant le traitement du signal issu de la flûte par un *harmonizer* générant le même *do dièse* et transposant le signal sur *sol*, le tout passant dans une réverbération infinie. Le deuxième *do dièse* est marqué par un second événement, mais aucune modification de la partie électroacoustique n'est visible. Le *ré* est ignoré par le dispositif, et au *do dièse* de la deuxième mesure correspond un troisième événement, entraînant une nouvelle transposition sur *sol dièse*. Dans Max/MSP, la reconnaissance de partition permet d'affecter aux notes concernées des numéros d'événements, auxquels sont associées des mises à jour de valeurs paramétriques écrites dans un objet *qlist* (figure 2). Sans détailler ici la syntaxe du contenu d'une *qlist* ni tous les paramètres utilisés, remarquons que les variables *trans0* à *trans3* sont fixées, lors du premier événement, aux valeurs -600 (transposition de 600 *midicents* vers le grave, soit un triton correspondant à la transposition de *do dièse* vers *sol*), 0, 0 et 0 (pas de transposition). Lors du deuxième événement, ces quatre variables sont fixées aux mêmes valeurs, confirmant l'information donnée par la partition, selon laquelle à l'événement détecté ne correspond aucune modification de la partie électroacoustique.

<sup>6</sup> [6], p. 2.

<sup>7</sup> [17], p. 43.

<sup>8</sup> [18], p. 1.

<sup>9</sup> [21].

```

0 1 ----- 10;
spat1 1;
hto2 60, 127 1000;
hto4 60, 127 1000;
oto2 60, 93 1000;
oto4 60, 93 1000;
rto2 60, 108 1000;
rto4 60, 108 1000;
amparpeg 0;
ampgliss 100;
pufamp -1, 127, 127, 138, 138;
dtoh 127;
htor 127;
dtr 0;
rgate 117;
revfb 127;
trans0 -600;
trans1 0;
trans2 0;
trans3 0;
950 rgate 0;
0 2 ----- 30;
trans0 -600;
trans1 0;
trans2 0;
trans3 0;
0 3 ----- 40;
amp5 137;
amp6 137;
rgate 117;
revfb 127;
trans0 -600;
trans1 -1700;
trans2 0;
trans3 0;
600 rgate 0;
0 4 ----- 60;

```

**Figure 2.** Trois premiers événements écrits dans la *qlist* de la section I de *Jupiter*<sup>10</sup>.

Lors du troisième événement, la variable `trans1` passe de 0 à -1700, correspondant à la transposition de *do dièse* vers *sol dièse* (une octave plus une quarte vers le grave). À part l'implémentation technique des intentions musicales et des traitements utilisés, l'examen du programme ne permet ici que de vérifier ce dont la partition a déjà informé.

Dans d'autres cas, la partition peut être assez précisément notée, mais laisser une ambiguïté sur le déroulement de la partie électroacoustique. Dans la section Ib, des motifs rythmiques sont appliqués à un *frequency shifter* et à l'*harmonizer*. La partition ne permet pas de savoir si ces motifs sont temporellement fixes ou dépendants d'une mesure du *tempo* joué par l'interprète jusqu'alors (figure 3). Le contenu de la *qlist* montre que ces motifs rythmiques sont absolument fixés avant l'exécution. Le jeu des notes *sol* par le flûtiste est reconnu comme devant déclencher les motifs, mais le déroulement temporel de ceux-ci est ensuite indépendant des paramètres de l'interprétation. Par exemple, le motif correspondant à l'événement 13 est toujours déclenché 500 millisecondes après la détection, et les durées de ses trois premières unités sont fixées à 375, 125, et 500 millisecondes.

The image shows a musical score for section Ib of Jupiter. It consists of three staves. The top staff is labeled '(Freq. sh.)' and contains a sequence of notes with a box labeled 'IB' above it. The middle staff is labeled '(Harm.)' and contains a sequence of notes with a box labeled 'IB' above it. The bottom staff contains a sequence of notes with a box labeled 'IB' above it. The score includes dynamic markings such as *sfz*, *sfzpp*, and *mp*. There are also event markers 13 and 14 circled in the bottom staff.

**Figure 3.** Début de la section Ib de *Jupiter*<sup>11</sup>.

La dernière note est coupée par le jeu du *sol* associé à l'événement 14 (figure 4). Remarquons que si ces valeurs respectent les proportions rythmiques du motif écrit sur la partition, elles ne correspondent pas au *tempo* que celle-ci indique (72 à la noire), mais à 60 à la noire.

```

0 13 ----- 200;
fto4 0;
fto2 127;
hto2 113;
htof 127;
ftor 0;
500 trans0 -600;
fpos 127;
fsfre 79;
375 trans1 -600;
fneg 127;
fsfre 79;
fpos 0;
rtof 0;
ftor 0;
125 trans2 -600;
hamp1 0;
fpos 127;
fsfre 79;
fneg 0;
rtof 0;
ftor 0;
500 trans3 -600;
hamp2 0;
fneg 127;
fsfre 79;
fpos 0;
rtof 0;
ftor 0;
0 14 ----- 210;
291 trans0 -600;
hamp3 0;
fneg 127;
fsfre 79;
167 trans1 0;
hamp4 0;
167 trans2 -300;
hamp1 0;
166 trans3 -400;
hamp2 0;
167 trans0 -600;
hamp3 0;
0 15 ----- 220;

```

**Figure 4.** *qlist* des événements 13 et 14 de la section Ib de *Jupiter*<sup>12</sup>.

Comme cela peut être le cas plus généralement avec les compositions pour dispositif temps réel, l'examen de l'environnement informatique constitutif de l'instrument d'exécution de *Jupiter* permet ainsi de connaître avec

<sup>10</sup> [21].

<sup>11</sup> [18], p. 2.

<sup>12</sup> [21].

précision l'interaction des parties instrumentale et électroacoustique, ainsi que l'organisation locale de celle-ci, pour laquelle la partition seule n'est que rarement un outil d'analyse suffisant.

### 3. LE PROGRAMME OMAX ET SON ADAPTATION À DES FINS D'ANALYSE

#### 3.1. Principe général de l'application du programme OMax

Développé depuis 2004 à partir de recherches en modélisation stylistique portées par Gérard Assayag et Shlomo Dubnov, et de recherches sur l'improvisation avec l'ordinateur menées par Assayag, Marc Chemillier et Georges Bloch, le programme OMax repose sur une communication par le protocole OSC<sup>13</sup> entre les logiciels OpenMusic, principalement destiné à la composition assistée par ordinateur, et Max/MSP, orienté sur l'interaction et le traitement de signal en temps réel. Les trois auteurs du programme précisent que

« l'environnement permet l'interaction avec un ou plusieurs improvisateurs humains, un apprentissage stylistique à la volée, la génération d'une improvisation virtuelle, un alignement métrique et harmonique, un archivage des modèles stylistiques et leur hybridation. »<sup>14</sup>

Bien qu'OMax puisse fonctionner de manière autonome, sans intervention extérieure ajoutée au jeu du ou des instrumentistes, il est généralement contrôlé par un opérateur informatique qui régit la partie électroacoustique de l'improvisation. Le dispositif global, constitué de l'instrument source et de l'environnement informatique, est donc idéalement joué par deux instrumentistes.

Le principe général qui gouverne l'improvisation avec OMax est celui de « réinjection stylistique » [2]. L'algorithme retenu pour son application est l'Oracle des facteurs<sup>15</sup>, un modèle issu de recherches en reconnaissance de motifs au sein de chaînes de caractères présentées par Allauzen, Crochemore et Raffinot en 1999 [1]. Il permet de repérer dans une chaîne de caractères donnée des sous-séquences communes précisément appelées facteurs et de créer des liens entre elles. La navigation entre les facteurs permet de recombinaison le matériau fourni par l'instrumentiste de manière cohérente avec son style de jeu, lui permettant de dialoguer avec son double électroacoustique.

#### 3.2. Problèmes posés pour l'analyse de l'improvisation par l'état actuel du programme

OMax est destiné à l'improvisation et non à l'analyse musicologique de celle-ci. Un module d'enregistrement

de la production sonore est disponible dans le programme, mais l'information audionumérique de sortie est une ressource limitée et ne permet pas à elle seule l'examen de l'interaction entre jeu de l'instrumentiste et recombinaison des matériaux. Pour l'analyse, une autre difficulté vient du fait que la partie OpenMusic d'OMax, programmée en Lisp, n'est pas transparente pour l'utilisateur, contrairement à sa partie Max/MSP, qu'il est possible d'explorer et, éventuellement, de reprogrammer. Toutefois, il existe une version nommée WoMax<sup>16</sup>, réécrite par Benjamin Lévy des principales fonctions du programme initial entièrement dans Max/MSP/Jitter<sup>17</sup>. Cette version est augmentée d'un dispositif original de visualisation de l'information qui facilite par ailleurs l'approche musicologique (figure 5).

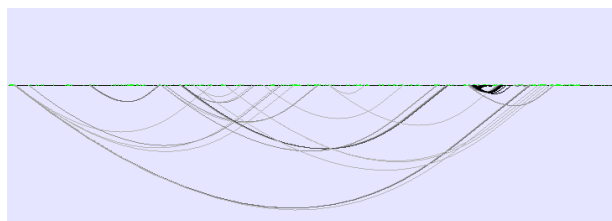


Figure 5. Représentation dans WoMax des transitions possibles entre les facteurs d'une séquence musicale.

Si cette possibilité de visualisation peut s'avérer très efficace pour les musiciens improvisateurs et leur compréhension des possibilités de recombinaison des matériaux dans le temps du jeu, l'analyse d'une improvisation particulière implique quelques adaptations de l'environnement informatique.

#### 3.3. Adaptation de WoMax à une approche analytique

L'obtention et la mémorisation d'informations solfégiques, tant pour les matériaux fournis par l'instrumentiste que pour ceux générés par OMax, semblent plus adaptées à l'analyse que des informations audionumériques brutes. Il s'agit donc de repérer la partie du programme située après la conversion du signal audionumérique entrant en informations littérales et avant leur envoi à l'Oracle des facteurs. Dans WoMax, l'information la plus pertinente se trouve à la sortie du milieu de l'objet *YinGB* (figure 6). Cette abstraction a pour noyau l'objet *yin~*, développé pour Max/MSP par Norbert Schnell à partir de l'algorithme YIN de détection d'une fréquence fondamentale proposé par Alain de Cheveigné et Hideki Kawahara [12].

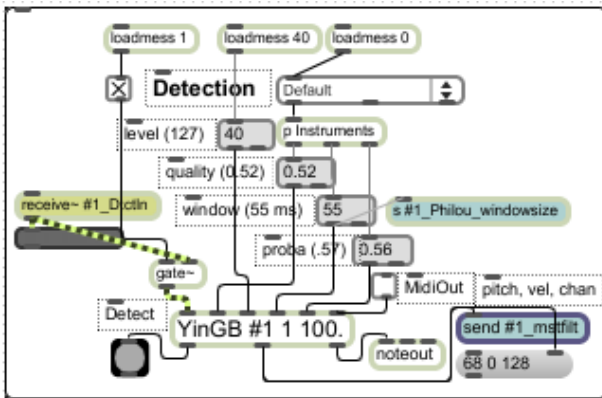
<sup>13</sup> *OpenSoundControl*.

<sup>14</sup> « *This environment allows interaction with one or more human player, on-the-fly stylistic learning, virtual improvisation generation, metrical and harmonical alignment, stylistic model archiving and hybridation.* » ([3], p. 1). Notre traduction.

<sup>15</sup> En anglais *Factor Oracle (FO)*.

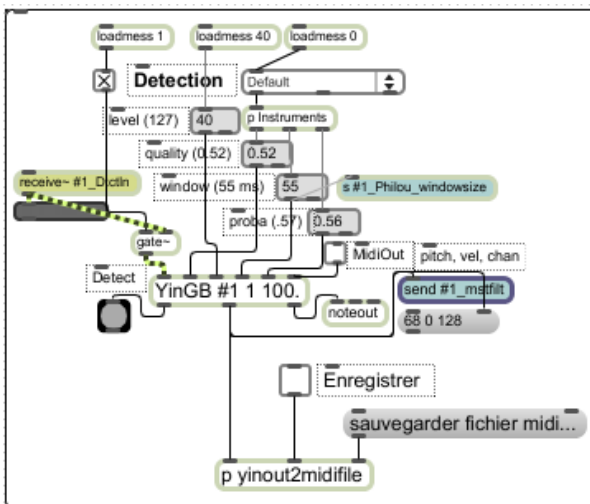
<sup>16</sup> Téléchargé depuis [15].

<sup>17</sup> WoMax signifie littéralement « Without OpenMusic OMax » ([14], p. 24).



**Figure 6.** Objet *YinGB* dans la section de détection de WoMax (vue du programme en mode éditeur).

Une partition Midi des fréquences fondamentales jouées par l'instrumentiste peut être simplement obtenue en traitant cette information et en l'enregistrant dans un fichier lisible dans un éditeur de partition ou sous toute autre forme aisément déchiffrable (figure 7).



**Figure 7.** Adjonction d'un sous-programme de création d'un fichier Midi à la sortie de l'objet *YinGB* de WoMax.

Selon le même principe, il est possible d'obtenir une partition Midi des fréquences fondamentales des échantillons recomposés et envoyés à la sortie de WoMax en ajoutant, au niveau de l'ordonnanceur (*scheduler*) de la recombinaison, un autre sous-programme permettant la création d'un fichier de représentations musicales adaptées à la lecture.

Les informations musicales d'entrée et de sortie obtenues sous une forme symbolique et non audio numérique peuvent ainsi être mises en correspondance. Toutefois, sur une durée d'improvisation conséquente, le grand nombre d'événements vis-à-vis du petit nombre de notes possibles rend difficile la compréhension de la

recombinaison à un niveau local. La mise en œuvre d'un sous-programme associant à chaque événement de la partition de sortie son index d'état tel qu'il est fourni par l'Oracle des facteurs est alors souhaitable. De cette manière, chaque événement du matériau électroacoustique porte avec lui l'information relative à son origine exacte dans le matériau fourni par l'instrumentiste.

Le caractère programmable d'OMax et de WoMax en font un instrument adaptable à la diversité des musiques improvisées, mais également à l'examen même de ces pratiques. Les solutions proposées ici doivent ouvrir la perspective d'un ajustement du dispositif d'exécution afin que celui-ci puisse produire les traces utiles à l'analyse de l'improvisation.

#### 4. CONCLUSION

À propos des musiques fixées sur bande et s'appuyant sur la notion de *faktura* comme outil conceptuel d'analyse introduite par Marc Battier [4], Olivier Baudouin affirme que

« l'analyse de la musique électroacoustique a pour objet un produit fini, généralement enregistré sur un support et dont les sources présentent la particularité de ne pas suivre les codes de la musique conventionnelle tout en s'insérant dans un dispositif lié à la technologie. Par conséquent, la compréhension du résultat obtenu à l'issue de la construction de l'œuvre passe – à l'instar d'une analyse menée avec une partition conventionnelle mais selon d'autres modalités – par sa déconstruction [...] »<sup>18</sup>

Transposant cette proposition aux musiques interprétables ou improvisées, l'étude des œuvres reposant sur des dispositifs numériques d'exécution peut impliquer des compétences de luthier pour le musicologue souhaitant s'en emparer comme les instruments de son étude. Dans son ouvrage *Du mode d'existence des objets techniques* [22], Gilbert Simondon opère la distinction suivante :

« [on peut entendre] par *outil* l'objet technique qui permet de prolonger et d'armer le corps pour accomplir un geste, et par *instrument* l'objet technique qui permet de prolonger et d'adapter le corps pour obtenir une meilleure perception ; l'instrument est outil de perception. Certains objets techniques sont à la fois des outils et des instruments, mais on peut les dénommer outils ou instruments selon la prédominance de la fonction active ou de la fonction perceptive. »<sup>19</sup>

À partir des quelques exemples décrits dans cet article, issus de ces deux domaines différenciés que sont la musique écrite et l'improvisation, apparaît pour les dispositifs d'exécution, en plus de leur fonction active, une fonction perceptive augmentée d'une fonction analytique. Le programme numérique situé au cœur de l'instrument de musique peut aussi bien être l'objet d'une observation éclairante pour l'étude de l'écriture d'une œuvre ou d'une performance improvisée que se

<sup>18</sup> [5], p. 78.

<sup>19</sup> [22], p. 114. C'est Simondon qui souligne.

prêter à des manipulations destinées à favoriser l'analyse des démarches poétiques dont il est à la fois le vecteur et le témoin.

## 5. RÉFÉRENCES

- [1] Allauzen, C., Crochemore, M., Raffinot, M., « Factor oracle: a new structure for pattern matching », *Proceedings of SOFSEM'99*, Milovy (République tchèque), du 27 novembre au 4 décembre 1999, p. 295-310.
- [2] Assayag, G., Bloch, G., Chemillier, M., « Improvisation et réinjection stylistiques », Actes des Rencontres Musicales Pluridisciplinaires 2006, Lyon, Grame, 17 et 18 mars 2006, p. 79-85.
- [3] Assayag, G., Bloch, G., Chemillier, M., « OMax-OFon », *Proceedings of Sound and Music Computing SMC'06*, Marseille, du 18 au 20 mai 2006. <http://articles.ircam.fr/textes/Assayag06b/> (lien vérifié le 14 février 2010).
- [4] Battier, M., « A Constructivist Approach to the Analysis of Electronic Music and Audio Art – Between Instruments and *Faktura* », *Organised Sound*, vol. 8, n° 3, décembre 2003, p. 249-255.
- [5] Baudouin, O., « La *Faktura*, “outil conceptuel d’analyse” – illustration avec *Stria*, de John Chowning », Actes des 14<sup>èmes</sup> Journées d’Informatique Musicale, Grenoble, ACROE et laboratoire ICA, du 1<sup>er</sup> au 3 avril 2009, p. 77-83.
- [6] Bossis, B., « Écriture instrumentale, écriture de l’instrument », Actes du colloque *Composer au XXI<sup>e</sup> siècle. Processus et philosophies*, Montréal, du 28 février au 3 mars 2007. [http://www.oiccm.umontreal.ca/doc/col\\_2007/textes\\_conferenciers/bossis/bossis\\_montrealcompos101env.pdf](http://www.oiccm.umontreal.ca/doc/col_2007/textes_conferenciers/bossis/bossis_montrealcompos101env.pdf) (actuellement inaccessible. Dernière consultation le 21 avril 2009).
- [7] Bossis, B., « De l’amplification à l’autonomie de l’instrument : ruptures électroniques et conséquences esthétiques », *Analyse musicale*, n° 61, 4<sup>e</sup> trimestre 2009, p. 98-103.
- [8] Cadoz, C., « Musique, geste, technologie », in Genevois, H. et De Vivo, R. (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Marseille, Éditions Parenthèses, collection Eupalinos, 1999, p. 47-92.
- [9] Cance, C., Genevois, H., « Questionner la notion d’instrument en informatique musicale : analyse des discours sur les pratiques du méta-instrument et de la méta-mallette », Actes des 14<sup>èmes</sup> Journées d’Informatique Musicale, Grenoble, ACROE et laboratoire ICA, du 1<sup>er</sup> au 3 avril 2009, p. 133-142.
- [10] Cance, C., Genevois, H., Dubois, D., « What Is Instrumentality In New Digital Musical Devices? A contribution from cognitive linguistics & psychology », Actes en ligne du colloque CIM09 *La musique et ses instruments*, Paris, Université Pierre et Marie Curie Paris 6, Université Paris-Sorbonne Paris IV, Musée de la Musique et Musée du Quai Branly, du 26 au 29 octobre 2009. [http://cim09.lam.jussieu.fr/CIM09-en/Proceedings\\_files/21A-Cance%26al.pdf](http://cim09.lam.jussieu.fr/CIM09-en/Proceedings_files/21A-Cance%26al.pdf) (lien vérifié le 14 février 2010).
- [11] Dannenberg, R., « An On-Line Algorithm for Real-Time Accompaniment », *Proceedings of the 1984 International Computer Music Conference*, Paris, Ircam, du 19 au 23 octobre 1984, p. 193-198.
- [12] De Cheveigné, A., Kawahara, H., « YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music », *Journal of Acoustic Society of America*, vol. 111, n° 4, avril 2002, p. 1917-1930.
- [13] Dufeu, F., « Temps réel et temps différé dans l’instrument de musique numérique », Actes en ligne du colloque EMS08 *Musique concrète, 60 ans plus tard*, Paris, Ina-GRM et Université Paris-Sorbonne Paris IV, du 3 au 7 juin 2008. <http://www.ems-network.org/ems08/papers/dufeu.pdf> (lien vérifié le 14 février 2010).
- [14] Lévy, B., *Visualizing OMax*, Mémoire de DEA en Acoustique, Traitement du Signal et Informatique Appliqués à la Musique (ATIAM), dir. Assayag, G. et Bloch, G., Ircam et Université Pierre et Marie Curie Paris 6, 2009. <http://articles.ircam.fr/textes/Levy09a/> (lien vérifié le 14 février 2010).
- [15] Lévy, B., *WoMax Project Homepage*. <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/WoMax/> (lien vérifié le 14 février 2010).
- [16] Manoury, P., notes de programme de la création de *Jupiter*, 25 avril 1987. <http://brahms.ircam.fr/works/work/10482/> (lien vérifié le 14 février 2010).
- [17] Manoury, P., « La note et le son : un carnet de bord », janvier 1990, in *La note et le son. Écrits et entretiens. 1981-1998*, Paris, L’Itinéraire, L’Harmattan, collection Musique et Musicologie : les Dialogues, 1998, p. 43-57.
- [18] Manoury, P., partition de *Jupiter* pour flûte et électronique en temps réel (1987 – révision de 1992), partition, Paris, Amphion, dépôt de *copyright* : 1991.
- [19] Manoury, P., notice du disque *La partition du ciel et de l’enfer. Jupiter*, CD, Musidisc France, Accord, 465 307-2, 1997.
- [20] Manoury, P., *La note et le son. Écrits et entretiens. 1981-1998*, Paris, L’Itinéraire, L’Harmattan, collection Musique et Musicologie : les Dialogues, 1998.
- [21] Manoury, P., programme Max/MSP pour l’exécution de *Jupiter*, version 2006. <http://production.ircam.fr/doc/Jupiter-2006.zip> (lien

vérifié le 14 février 2010).

- [22] Simondon, G., *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, première édition : 1958, édition consultée : édition augmentée d'une préface de J. Hart et d'une postface de Y. Deforge, 1989.
- [23] Toeplitz, K., « L'ordinateur comme instrument de concert – aussi une question d'écriture ? », Actes des 9<sup>èmes</sup> Journées d'Informatique Musicale, Marseille, du 29 au 31 mai 2002, p. 199-207.
- [24] Vercoe, B., « The Synthetic Performer in the Context of Live Performance », *Proceedings of the 1984 International Computer Music Conference*, Paris, Ircam, du 19 au 23 octobre 1984, p. 199-200.