



**HAL**  
open science

# Le Méta-Instrument : genèse et évolution d'un nouvel instrument

Pierre Couprie

► **To cite this version:**

Pierre Couprie. Le Méta-Instrument : genèse et évolution d'un nouvel instrument. Musique, images, instruments, 2018, Instruments électriques, électroniques et virtuels, 17, pp.230-245. hal-01968853

**HAL Id: hal-01968853**

**<https://hal.science/hal-01968853>**

Submitted on 18 Apr 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



5. Serge de Laubier avec le MI3 et son dispositif informatique, Paris, Parc Montsouris, 3 juillet 2016, Rungis, Puce Muse.

# Le Méta-Instrument: genèse et évolution d'un nouvel instrument

Pierre Couprie

*Les nouvelles techniques de production des sons provoquent une révolution dans l'ordre des techniques intellectuelles: comme l'écriture, la notation musicale et l'imprimerie ont transformé le rapport de l'homme au langage et à la musique, l'ordinateur et le synthétiseur obligent à une refonte des stratégies de traitement de la réalité musicale. Créateurs et auditeurs sont en face de nouveaux objets: ce ne sont plus les notes, mais des propriétés physiques du son, éloignées des catégories courantes de la théorie musicale traditionnelle et dorénavant discrétisées. Quant aux règles de construction, elles ne peuvent plus être les principes classiques de l'écriture musicale, harmonie et contrepoint<sup>1</sup>.*

Inventer une musique numérique expérimentale au XXI<sup>e</sup> siècle ne se réduit pas à un acte de composition, c'est aussi développer un instrument, penser la place de l'œuvre dans l'espace du concert ou élaborer une notation capable de représenter les aspects symboliques indispensables à la transmission mais aussi les algorithmes utilisés dans l'instrument lui-même. Cette évolution, qui a démarré au milieu du XX<sup>e</sup> siècle avec les premiers langages informatiques musicaux élaborés autour des notions d'instrument et de partition algorithmiques, a considérablement élargi les champs de compétences du musicien et du compositeur. Or ce nouvel objet informatique nécessitait de nouvelles approches. Toutefois, ces nouvelles approches n'ont pas procédé à partir d'une *tabula rasa* mais plutôt d'une évolution dans deux directions. La première a été d'étendre certains concepts jusqu'à présent bien délimités – l'instrument de musique et la partition. L'instrument avait déjà considérablement évolué depuis le début du siècle sous l'influence de deux inventions déterminantes<sup>2</sup>, le téléphone et l'enregistrement mécanique. La notion de partition a commencé à

être mise à mal par le développement de ses axes graphique et verbal à partir des années 1950<sup>3</sup>. Avec l'arrivée de l'électroacoustique analogique et de l'informatique musicale, le rôle de la partition dérive progressivement pour prendre en compte des aspects algorithmiques<sup>4</sup> dévolus à la machine ou intégrer une nouvelle symbolique plus adaptée aux gestes produits sur les nouveaux instruments. La deuxième direction, probablement la plus déterminante, a été l'élargissement du rôle du compositeur et de l'interprète accompagné par l'apparition de nouveaux acteurs comme le réalisateur en informatique musicale<sup>5</sup> (RIM). Cet élargissement a eu pour conséquence de modifier en profondeur la place de chacun dans le processus créatif. En ce début de XXI<sup>e</sup> siècle, beaucoup d'artistes ne sont plus seulement interprète, compositeur ou RIM mais endosse les trois rôles. D'interprète ou de compositeur, l'artiste est aussi capable de créer un dispositif de captation

1. Jean MOLINO, « Technologie, mondialisation, tribalisation. Un survol rétrospectif du XX<sup>e</sup> siècle », *Musiques. Une encyclopédie pour le XXI<sup>e</sup> siècle*, J.-J. NATTIEZ (éd.), vol. 1, Paris, Actes Sud / Cité de la musique, 2003, p. 75-76.

2. Marc BATTIER, « Science et technologie comme sources d'inspiration », *Musiques. Une encyclopédie pour le XXI<sup>e</sup> siècle*, J.-J. NATTIEZ (éd.), vol. 1, Paris, Actes Sud / Cité de la musique, 2003, p. 512.

3. Jean-Yves BOSSEUR, « Les notations au XX<sup>e</sup> siècle, entre fixité et ouverture », *Histoire de la notation: De l'époque baroque à nos jours*, S. BOUSSOU, C. GOUBAULT, J.-Y. BOSSEUR (éd.), Paris, Minerve, 2005, p. 189.

4. Pierre COUPRIE, « Algorithmique et technologies numériques dans la notation musicale », *Musiques Orales, leur notation et encodage numérique*, S. LEBLOND MARTIN (éd.), Paris, Les éditions de l'immatériel, 2016, p. 99-115.

5. Laura ZATTRA, « Les origines du nom de RIM (réalisateur en informatique musicale) », *Journées d'informatique musicale*, Saint-Denis, Université Paris 8, 2013, [http://www.mshparis-nord.fr/JIM2013/actes/jim2013\\_14.pdf](http://www.mshparis-nord.fr/JIM2013/actes/jim2013_14.pdf).

pour augmenter son instrument, développer un algorithme de transformation sonore, inventer une notation musicale pour la transmission de ses gestes voire imaginer un nouvel instrument.

L'utilisation de l'informatique musicale dans le domaine de l'expérimental suscite bien souvent le développement de nouveaux dispositifs, que ce soit de simples interfaces gestuelles ou de véritables instruments de musique. La plupart d'entre eux ont une vie éphémère mais quelques-uns durent plus longtemps, ils suscitent de nombreuses créations ou ils sont utilisés par l'artiste qui les a développés pendant de nombreuses années. Du *radio baton*<sup>6</sup> de Max Matthews aux hyperinstruments<sup>7</sup> de Tod Machover en passant par *the hands*<sup>8</sup> de Michel Waisvisz, le *lady's glove* de Laetitia Sonami ou le biomuse<sup>9</sup> d'Atau Tanaka, la découverte de chacun ces instruments a été une petite révolution. Sans rompre avec les techniques de construction de la lutherie traditionnelle, ils ont ouvert de nouvelles voies pour la création musicale en permettant un contrôle toujours plus fin et plus virtuose des paramètres informatiques, en facilitant l'interaction entre l'homme et la machine numérique<sup>10</sup> mais aussi en modifiant nos habitudes d'écoute<sup>11</sup>.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, ces nouveaux dispositifs remettent bien souvent en question la notion même d'instrument de musique :

*Est-ce que l'instrument est simplement un capteur ou doit-il aussi inclure des composants logiciels comme le système de mapping ou le logiciel de synthèse sonore ? Où s'arrête l'instrument et où commence la composition ? Est-ce que le dispositif dans son ensemble est spécifique à une œuvre ou est-ce que certaines de ces composantes (comme la synthèse sonore ou les éléments compositionnels) peuvent être modifiées ou réutilisées afin de créer des œuvres différentes pour le même instrument ? Où se trouvent les frontières entre les rôles traditionnels du luthier, du compositeur et de l'interprète ?*<sup>12</sup>

Ces nouvelles interfaces ne sont-elles que de « quasi-instruments » qui « tendent vers une relation instrumentale »<sup>13</sup> sans jamais y parvenir ? L'ordinateur est-il irrémédiablement condamné à ne jamais devenir un instrument de musique<sup>14</sup> ou rester une simple interface de communication instrumentale ? Pourtant, la vivacité de la création musicale, la virtuosité dont font preuve les artistes qui utilisent ces dispositifs, le long apprentissage que certains d'entre eux nécessitent ou leur intégration dans les structures d'enseignement sont autant d'éléments qui nous amènent à étendre la notion d'instrument. Avec cet article, nous allons nous appuyer sur un de ces instruments, le Méta-Instrument développé par Serge de Laubier depuis plus de 25 ans<sup>15</sup>, pour présenter les enjeux techniques et musicaux cachés derrière leur construction et leur évolution.

6. Max MATHEWS, « The Radio Baton and Conductor Program, or: Pitch, the Most Important and Least Expressive Part of Music », *Computer Music Journal*, 15(4), 1991, p. 37-46.

7. Tod MACHOVER, Joe CHUNG, « Hyperinstruments: Musically intelligent and interactive performance and creativity systems », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Ohio, ICMA, 1989, p. 186-190.

8. Michel WAISVISZ, « The Hands: A Set of Remote MIDI-Controllers », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Vancouver, ICMA, 1985, p. 313-318.

9. Atau TANAKA, « Musical Performance Practice on Sensor-based Instruments », *Trends in Gestural Control of Music*, M. M. WANDERLEY, M. BATTIER (ed.), Paris, Ircam-Centre Pompidou, 2000, CD-Rom.

10. Bert BONGERS, « Electronic Musical Instruments: Experiences of a New Luthier », *Leonardo Music Journal*, 17, 2007, p. 9-16.

11. Caleb STUART, « The Object of Performance: Aural Performativity in Contemporary Laptop Music », *Contemporary Music Review*, 22(4), 2003, p. 59-65.

12. « Is the instrument just the sensor hardware, or does it include software components like the mapping and sound synthesis software subsystems? Where does the instrument end and the composition begin? Is the entire system specific for one musical work, or can parts of it (e.g., the synthesis or compositional components) be altered or generalized to create different works for the same instrument? What happens to the boundaries distinguishing traditional roles of instrument builder, composer, and performer? » (Atau TANAKA, « Sensor-Based Musical Instruments and Interactive Music », *The Oxford Handbook of Computer Music*, R. T. DEAN (ed.), Oxford, Oxford University Press, 2009, p. 238).

13. Anne VEITL, *Quelles ressources technologiques pour renouveler les pédagogies de la musique ?*, Rapport d'enquête, Paris, Ministère de la Culture et de la Communication-DMDTS, 2001, p. 69.

14. Claude CADOZ, « Musique, geste, technologie », *Les nouveaux gestes de la musique*, H. GENEVOIS, R. de VIVO (éd.), Marseille, Parenthèses, 1999, p. 80.

15. Le développement du Méta-Instrument a commencé en 1986, la première version a été disponible en 1989 et les versions suivantes en 1996 et 2004. Une quatrième version est en cours de développement.

### La création d'un nouvel instrument numérique

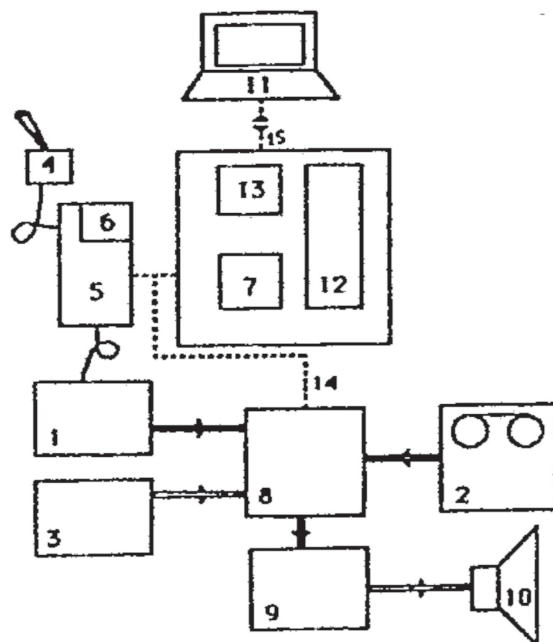
Créer un nouvel instrument numérique est une tâche de longue haleine qui nécessite bien souvent des compétences dans des domaines aussi différents que l'interprétation, la composition, la lutherie, l'acoustique, l'électronique, le développement informatique ou la pédagogie. Il existe plusieurs types d'instruments numériques et il est bien souvent difficile de les définir ou d'en proposer une classification<sup>16</sup>. Il existe deux principales voies de recherche<sup>17</sup> : l'augmentation d'un instrument acoustique à l'aide de capteurs pour créer un hyperinstrument ou l'utilisation de différents types de capteurs pour la numérisation des gestes d'une partie ou de l'ensemble du corps.

Le Méta-Instrument est né d'un double objectif : contrôler le déplacement et le positionnement des sons dans l'espace et permettre l'interprétation de la musique électroacoustique en direct.

### La genèse du projet musical : le processeur spatial octophonique

En 1986, l'association Puce Muse, dirigée par Roland Cahen, Serge De Laubier, Rémi Dury et Philippe Leroux, développe un processeur spatial octophonique, brevet déposé sous le nom de « Microcalculateur de positionnement dynamique d'une source audiofréquence dans l'espace » (fig. 1).

Ce dispositif permettait de positionner et déplacer les sons sur un ensemble de 8 à 16 haut-parleurs disposés autour du public :



1. Schéma du brevet du microcalculateur de positionnement dynamique d'une source audiofréquence dans l'espace déposé en 1986 (AUTEUR DU SCHEMA ?).

L'invention concerne un dispositif programmé 7, à microprocesseur 13, permettant de déplacer la position fictive d'une source audiofréquence 1, 2, 3 dans un espace à trois dimensions délimité par des enceintes acoustiques 10 reliées à des amplificateurs 9. Ce déplacement est commandé par des générateurs fournissant des signaux 1, 4 qui représentent la position cartésienne X, Y, Z, fictive de la source. Cette position fictive est introduite dans des convertisseurs analogique-numérique 5 puis convertie en gain par un programme interne 7 et transmis vers des amplificateurs à réglage numérique de gain 8 dont les sources sont diverses. Ce dispositif extensible est connectable à d'autres matériels microinformatiques 11 par liaison numérique<sup>18</sup>.

Ce processeur spatial octophonique contient en germe le Méta-Instrument et, plus généralement, présente la structure typique d'un dispositif numérique de production musicale :

16. Atau Tanaka propose 12 catégories élaborées en fonction de l'interface homme-machine : le contrôleur, l'hyperinstrument, le studio, le capteur, l'audio comme capteur, le système de réalité virtuelle, la tablette et la surface tactiles, la capture du geste sans contact, la capture des constantes biologiques, l'ensemble d'ordinateurs, le dispositif en réseau, l'instrument mobile ou utilisant le positionnement GPS (A. TANAKA, « Sensor-Based Musical Instruments and Interactive Music », *op. cit.*, p. 233-257).

17. M. BATTIER, « Science et technologie comme sources d'inspiration », *Musiques. Une encyclopédie pour le XXI<sup>e</sup> siècle*, *op. cit.*, vol. 1, p. 526.

18. Serge de LAUBIER, *Microcalculateur de positionnement dynamique d'une source audiofréquence dans l'espace*, brevet n°8600153, 1986, p. 1.

1. une interface de captation homme-machine (1) traduisant les gestes en signaux de contrôle ;
2. une source audio provenant ici d'un enregistrement (2) mais pouvant aussi être générée en direct ;
3. des convertisseurs analogique-numérique (2, 5) et vice-versa (8) permettant de traduire les signaux audio ou les signaux de contrôles en données numériques et les données numériques en signaux électriques pour les amplificateurs des haut-parleurs ;
4. un ordinateur contenant un logiciel (7) traduisant les données numérisées provenant de l'interface en données de gain pour les amplificateurs ;
5. un ensemble de haut-parleurs pour la spatialisation (10).

Ce processeur est contemporain de Sinfonie, autre dispositif de spatialisation assisté par ordinateur imaginé par Pierre-Alain Jaffrennou et développé au Grame entre 1982 et 1987. Les deux dispositifs se différencient par leur interface et la configuration des haut-parleurs. Sinfonie, dans sa dernière version, utilise deux interfaces, une table à digitaliser permettant d'intervenir sur 16 potentiomètres à l'aide d'un stylet magnétique et un pupitre de commande comprenant plusieurs boutons et des molettes sans fin<sup>19</sup>. Le processeur spatial octophonique est conçu pour permettre le déplacement du son à l'aide de générateurs de signaux de contrôle, une préfiguration du bras du Méta-Instrument. Concernant la spatialisation, Sinfonie permet de gérer la position et le déplacement de 16 sources sonores sur 16 haut-parleurs comme dans un *acousmonium*<sup>20</sup>. Le processeur spatial octophonique

19. Pierre-Alain JAFFRENNOU, Yann ORLAREY, « Quelques espaces pour la musique 'Rétrospective' », *La spatialisation des musiques électroacoustiques*, L. POTTIER (éd.), Saint-Étienne, Publications de l'Université de Saint-Étienne, 2012, p. 105-109.

20. Un *acousmonium* est un orchestre de haut-parleurs disposés autour et dans le public. L'interprète, généralement situé au centre du dispositif, utilise une console de mixage pour positionner et déplacer les sons sur les différents haut-parleurs. La spatialisation peut être manuelle – en modifiant directement le réglage des potentiomètres pendant le concert – ou assistée par ordinateur – en permettant de créer des configurations ou des mouvements complexes. Le terme *acousmonium* a été proposé par François Bayle au début des années 1970.

utilise 8 ou 16 haut-parleurs répartis dans l'espace mais qui se stabiliseront à 8 positionnés de trois manières différentes autour du public<sup>21</sup> : en ligne, en cercle et en cube. Dans la musique électroacoustique, la question de l'espace est centrale et de nombreux dispositifs ont été inventés depuis le pupitre de potentiométrie du Club d'Essai<sup>22</sup>. Le Méta-Instrument s'inscrit dans cette tradition<sup>23</sup> en permettant un jeu virtuose associant la création des sons, leur spatialisation et la gestion d'un dispositif image à travers le contrôle de projecteurs de lumière ou de vidéoprojecteurs<sup>24</sup>.

Pour l'inventeur du processeur spatial, le déplacement d'un son n'a de sens qu'en corrélation avec un mouvement spectral. Dans la création électroacoustique, cette corrélation peut être de trois natures<sup>25</sup> :

1. « réaliste » en reproduisant un déplacement naturel comme l'effet doppler ou une modification de l'acoustique produite lors du passage d'un espace à un autre ;
2. « spéculative » en suivant une convention comme le positionnement d'un son en fonction de sa fréquence ;
3. « dramatique » en reproduisant, par exemple, le déplacement d'une personne à partir du bruit de ses pas.

Serge de Laubier et Rémi Dury développeront aussi plusieurs autres instruments permettant de spatialiser le son comme la sonocanne. Elle se présente sous la forme d'une « [...] grande canne en fibre de carbone à laquelle est fixé un tweeter ; la sonocanne est un outil très léger qui permet au

21. Serge de LAUBIER, Vincent GOUDARD, « Meta-Instrument 3: A Look Over 17 Years of Practice », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, Paris, Ircam, 2006, p. 288.

22. Évelyne GAYOU, *GRM Le groupe de recherches musicales. Cinquante ans d'histoire*, Paris, Fayard, 2007, p. 412-413.

23. Serge de LAUBIER, « The Méta-Instrument. How the Project Started », *Trends in Gestural Control of Music*, M. M. WANDERLEY, M. BATTIER (ed.), Paris, Ircam-Centre Pompidou, 2000, CD-Rom.

24. Les possibilités d'articulation entre l'image et le son sont une des particularités du Méta-instrument.

25. Serge de LAUBIER, « Le Méta-Instrument a-t-il un son ? », *Les nouveaux gestes de la musique*, H. GENEVOIS, R. de VIVO (éd.), Marseille, Parenthèses, 1999, p. 151.

musicien de déplacer avec virtuosité le son dans l'espace »<sup>26</sup>.

Ces dispositifs développés au sein de Puce Muse complètent le Méta-Instrument en proposant des interfaces de jeu interactives pour les œuvres électroacoustiques. Toutefois, le Méta-Instrument apportera une dimension supplémentaire, l'ouverture du dispositif qui lui permettra d'être utilisé dans des projets artistiques extrêmement variés.

### *L'instrument électroacoustique*

Oscillant entre la reproduction des instruments traditionnels comme le clavier ou le développement de dispositifs très complexes à maîtriser comme les interfaces biométriques, l'instrument électroacoustique est souvent difficile à définir. Toutefois, l'évolution des technologies, très visible dans le studio, et la recherche musicale ont permis à ces instruments d'acquérir progressivement le statut d'instrument de musique :

*Constatons enfin que le parcours de la technologie musicale suit au <sup>xx</sup>e siècle un étrange cycle. Elle apparaît d'abord comme instrument à part entière dans la première moitié du siècle. Dès la naissance de la musique sur support, dans les années 50, elle prend la forme d'un réseau de machines de laboratoire pourvues de fonctions délimitées. Les années récentes la virent se revêtir de claviers et retrouver l'apparence d'instruments et de boîtiers électroniques de traitement; progressivement, l'ordinateur se glisse en leur sein. À cette même époque, se fit jour la notion d'instrument muet, simple contrôleur d'un dispositif extérieur de production du son: clavier, instruments à vent qui en perdirent du coup leurs voix propre, interfaces gestuelles ou buccales, etc.*

*Aujourd'hui s'ouvre une quatrième période: l'électronique numérique – dont la puissance pourtant indiscutable n'arrive toujours pas vraiment à se*

26. « a long carbon fibre stick onto which is fixed a tweeter; the Sonocanne is a very light tool which enables the musician to move sound in space with virtuosity ». (S. de LAUBIER, « The Méta-Instrument. How the Project Started », *Trends in Gestural Control of Music*, op. cit.).

*substituer aux fonctions traditionnelles de la musique électronique –, qui bésite entre la machine tous usages, multifonctions, universelle et les systèmes adaptés à une fonction précise. Mais surtout, l'instrument y retrouve sa place traditionnelle, et l'instrumentiste ses gestes de virtuose; il n'est plus isolé: au moyen de divers procédés, son jeu est saisi par la machine, et s'installe alors une véritable interaction*<sup>27</sup>.

L'instrument électroacoustique numérique offre de nouveaux accès gestuels et des capacités de captation et de transmission qui permettent un jeu de plus en plus virtuose. Parallèlement à la spatialisation, Serge de Laubier développe dans les années 1990 et au début des années 2000 des instruments permettant de jouer la musique électroacoustique de support en direct. Par exemple, le filtre modèleur à transducteur sonore est une

*règle métallique souple de deux mètres de long qui comporte à un bout un microphone de contact, à l'autre bout un haut-parleur de contact et entre les deux des processeurs de traitements de signaux; le musicien contrôle le feed-back dans la règle en modifiant sa forme et sa prise en main*<sup>28</sup>.

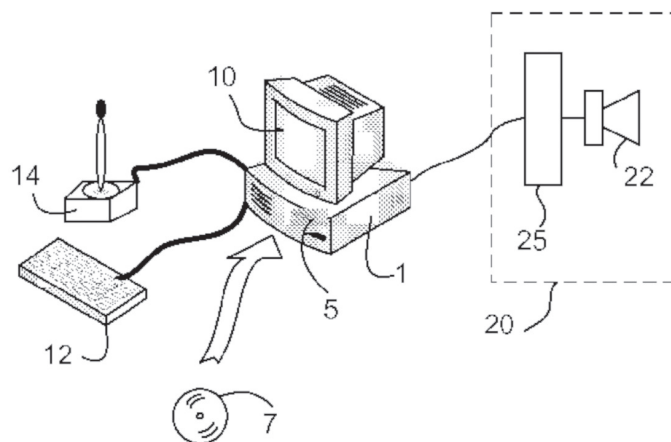
En 2012, l'association dépose aussi le brevet d'un dispositif permettant de jouer de la musique enregistrée (fig. 2):

2

*Ce dispositif comporte un organe de commande 12 mis à la disposition d'un exécutant pour interpréter cette musique enregistrée en vue de la modifier selon son inspiration. Par exemple, en faisant varier sa vitesse, en augmentant son volume, en revenant en arrière, en changeant sa tonalité, etc. Il est prévu aussi de décomposer la musique enregistrée en sous-séquences (SQ1, SQ2,...SQn) à l'intérieur desquelles, il est prévu*

27. Marc BATTIER, « Sculpter la transparence. L'écriture, le geste, l'environnement », *Les cahiers de l'Ircam, Composition et environnements informatiques*, 1, 1992, p. 66.

28. « a floppy Metallic ruler which is two meters long with at one end a contact microphone, at the other a contact loudspeaker, and in between some signal processors; the musician controls the feedback in the ruler by modifying its shape and the way it is held ». (S. de LAUBIER, « The Méta-Instrument. How the Project Started », *Trends in Gestural Control of Music*, op. cit.).



2. Schéma du brevet du dispositif permettant de jouer de la musique enregistrée déposé en 2012 (AUTEUR DU SCHEMA ?).

*des paramètres de boucle pour éviter des temps morts d'interprétation*<sup>29</sup>.

Ce dispositif d'interprétation en direct de la musique électroacoustique est aussi mis en œuvre dans le logiciel Méta-Malette. Ce logiciel de composition et d'improvisation du son et de l'image fonctionne sur la notion d'instrument et accepte n'importe quelle interface gestuelle du joystick au Méta-Instrument. Au début des années 2000, la Méta-Malette et le Méta-Instrument réalisent ainsi l'idée d'un dispositif permettant d'interpréter et de spatialiser la musique électroacoustique en direct.

### Le Méta-Instrument

#### La structure d'un instrument numérique : le cas de la version 3 du Méta-Instrument

Les instruments numériques se caractérisent par un découplage entre le musicien et son instrument<sup>30</sup>. L'interface numérique qui transforme le geste de l'instrumentiste en son est constituée d'une

suite d'opérations prises en charge par une chaîne analogique et numérique : capture → conversion analogique-numérique → mapping<sup>31</sup> → synthèse → conversion numérique-analogique → diffusion audio. La définition de l'instrumentalité et de la nouveauté de ces dispositifs reste toujours aussi problématique et ce d'autant plus qu'ils peuvent aussi intégrer une dimension multimédia<sup>32</sup> :

*La technologie est le propre de l'homme. Elle commence lorsqu'il se munit d'un bâton ou d'une pierre pour chasser; elle continue lorsqu'il utilise des cailloux (calcul), en plus de ses doigts, pour compter; elle ne fait que se prolonger lorsque ces cailloux sont en silicium, qu'ils sont devenus vraiment très petits et qu'ils représentent des "digits". La technologie n'est pas une nouveauté. Mais s'il est facile d'invoquer les "nouvelles technologies" pour annoncer de grands changements dans les actes communicationnels, sociaux, économiques, culturels... il est moins facile de caractériser ce qui est nouveau dans la (les) technologie(s)*<sup>33</sup>.

29. Serge de LAUBIER, *Dispositif permettant de jouer de la musique enregistrée*, brevet n° 1152815, 2012, p. 1.

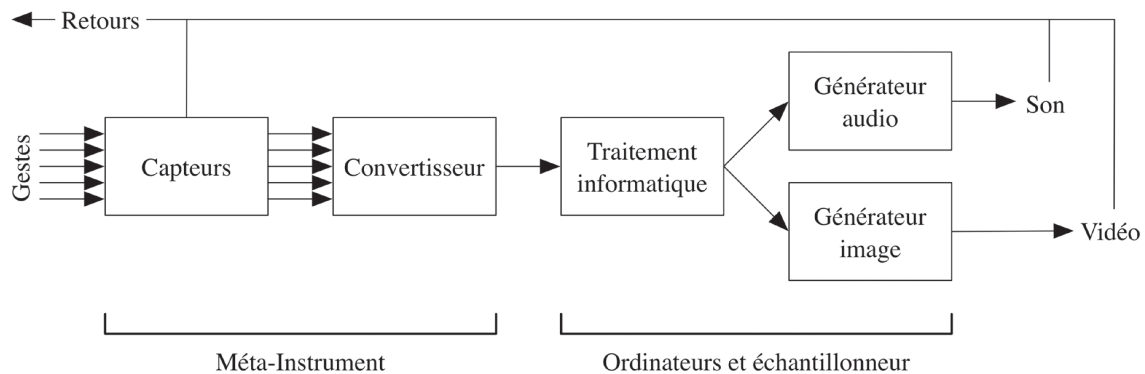
30. Claude CADOZ, « Musique, geste, technologie », *Les nouveaux gestes de la musique*, H. GENEVOIS, R. de VIVO (éd.), Marseille, Parenthèses, 1999, p. 89-90.

31. Nous définirons plus loin les différents types de *mapping*.

32. Caroline CANCE, Hugues GENEVOIS, « Questionner la notion d'instrument en informatique musicale : analyse des discours sur les pratiques du Méta-Instrument et de la Méta-Malette », *Journées d'Informatique Musicale*, Grenoble, ACROE, 2009, p. 136.

33. C. CADOZ, « Musique, geste, technologie », *Les nouveaux gestes de la musique*, op. cit., p. 72.





### 3. La structure du MI3 (AUTEUR DU SCHEMA ?).

Si, comme le précise Claude Cadoz, l'instrument numérique ne fait qu'utiliser une technologie finalement assez ancienne, la nouveauté qui le caractérise est peut-être à chercher dans sa structure. Le découplage entre le geste et la production du son apparaît dans la lutherie musicale dès le xve siècle avec l'orgue<sup>34</sup>. Les instruments électroniques, inventés durant la première moitié du xxe siècle développeront, ce découplage en allant jusqu'à supprimer le contact de la main avec l'instrument. L'informatique ajoute un niveau d'abstraction supplémentaire en permettant de générer et transformer le signal numérisé à l'aide d'algorithmes.

3

La figure 3 présente la structure du MI3<sup>35</sup>, il se compose de trois parties :

1. le Méta-Instrument lui-même constitué d'un ensemble de capteurs – 12 pour le MI1, 32 pour le MI2 et 54 pour le MI3 – et d'un convertisseur permettant de numériser les signaux analogiques provenant des capteurs ;
2. le ou les ordinateurs chargés du traitement de l'information provenant du convertisseur et de la synthèse du son ou du pilotage d'un

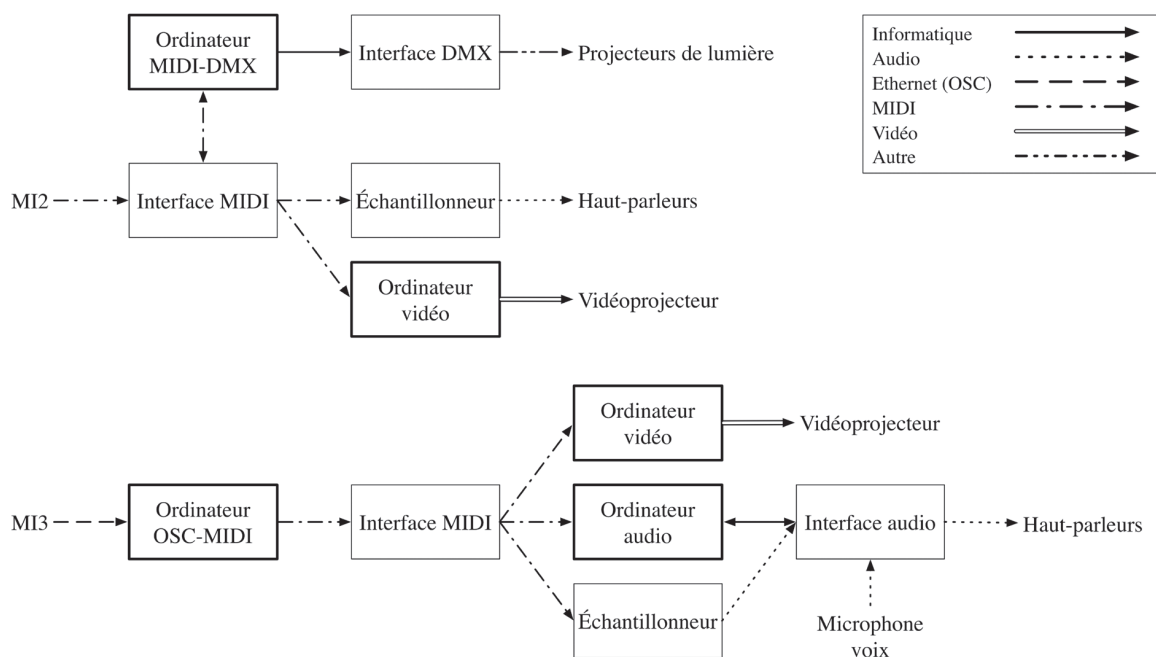
échantillonneur. Le MI1 était aussi capable de piloter un système lumineux, des robots ou des dispositifs pyrotechniques et les MI2 et MI3, des projecteurs de diapositives et des vidéoprojecteurs ;

3. la sortie audiovisuelle et les différents niveaux de retour pour le musicien :
  - a. les retours primaires<sup>36</sup> provenant de la perception haptique des doigts sur les capteurs et des ressorts de rappels sur les articulations des MI2 et MI3. Les retours des capteurs sont différents selon les trois versions de MI : dans le MI1, les capteurs sont réalisés sous la forme de lamelle, le MI2 implémente des boutons recouverts de plastique et le MI3, des boutons recouverts de mousse. La sensibilité différente entre les trois Méta-Instruments modifie aussi la perception haptique du musicien ;
  - b. les retours secondaires provenant des sorties audio et vidéo. Le MI3 devait aussi intégrer un écran LCD sur le boîtier de devant. Cette idée a ensuite été abandonnée, un retour visuel de la partie informatique étant inutile en situation de performance.

34. Jean-Claude RISSET, « Nouveaux gestes musicaux : quelques points de repère historiques », *Les nouveaux gestes de la musique*, H. GENEVOIS, R. de VIVO (éd.), Marseille, Parenthèses, 1999, p. 21.

35. Nous nommerons ainsi les différentes versions du Méta-Instrument : MI1 pour la version construite en 1989, MI2, pour celle de 1996 et MI3 pour la dernière version de 2004.

36. Roel VERTEGAAL, Tamas UNGVARY, « Towards a Musician's Cockpit: Transducers, Feedback and Musical Function », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Hong Kong, ICMA, 1996, p. 308-311.



4. Schéma des dispositifs informatiques utilisés avec les MI2 et MI3 par Serge de Laubier (AUTEUR DU SCHEMA ?).

La partie informatique de l'instrument est modulable en fonction du projet artistique. Le Méta-Instrument peut donc devenir un instrument de musique, un instrument de peinture numérique ou un instrument permettant de contrôler n'importe quel dispositif motorisé<sup>37</sup>. À la différence d'autres instruments de musique numériques comme les hyperinstruments dont la chaîne électroacoustique, des capteurs au dispositif informatique, est très spécialisée en fonction de l'instrument acoustique, la modularité est inscrite au cœur même du Méta-Instrument. Depuis le MI1, plus de 150 logiciels ont été développés dans les environnements Max, Pure Data<sup>38</sup> ou dans d'autres langages informatiques afin de répondre à des projets artistiques très variés. La figure 4 présente deux exemples de dispositif informatiques utilisés par Serge de Laubier en concert avec les MI2 et MI3. La photographie de la figure 5

4

5

montre la complexité du dispositif informatique du MI3. Le Méta-Instrument contient deux ou trois ordinateurs ayant un rôle bien spécifique comme le traitement des données provenant des capteurs, la synthèse sonore et le contrôle d'un échantillonneur ou la synthèse d'images. Les connexions des différents appareils répondent à un double objectif d'efficacité et de simplicité. Ainsi, la connexion des Méta-Instruments passe du MIDI (MI1 et MI2) à l'OSC sur câble Ethernet avec le MI3. L'OSC est un protocole de communication inventé en 2002 au CNMAT de l'université de Berkeley qui autorise des taux de transfert et une précision bien supérieure au MIDI<sup>39</sup>. Allié à la précision des capteurs haptiques, le dispositif informatique du MI3 apparaît comme une étape très importante du développement de cet instrument en permettant la captation de gestes très virtuoses.

Dans un instrument numérique, le rôle de l'informatique est de connecter les informations

37. S. de LAUBIER, « Le Méta-Instrument a-t-il un son ? », *Les nouveaux gestes de la musique, op. cit.*, p. 151.

38. Max et Pure Data sont deux environnements de programmation graphique inventés par Miller Puckette et utilisés depuis la fin des années 1980 dans les domaines du son et de l'image pour développer des dispositifs interactifs.

39. Les contrôleurs MIDI autorisent 128 valeurs codées sur 7 bits ( $2^7-1$ ) tandis que le protocole OSC permet une précision de plus de 4 milliards de valeurs codées en 32 bits ( $2^{32}-1$ ).



6. Vue d'ensemble du MI1, Rungis, Puce Muse, 19 juillet 2016, collection privée.



7. Vue d'ensemble du MI2, Rungis, Puce Muse, 19 juillet 2016, collection privée.



8. Vue d'ensemble du MI3, Paris, LAM, 6 juillet 2016, collection privée.



9. L'articulation des bras du MI3 avec l'instrumentiste, A COMPLETER.

provenant des capteurs aux paramètres sonores et musicaux. Cette connexion est réalisée à l'aide d'un *mapping*<sup>40</sup> unitaire, divergent ou convergent<sup>41</sup> en fonction du ou des gestes de contrôles des paramètres. Le *mapping* peut aussi être simple ou double<sup>42</sup>. Dans un double *mapping*, les gestes sont connectés à des paramètres intermédiaires qui sont ensuite eux-mêmes connectés aux paramètres sonores. Ce niveau d'abstraction supplémentaire apporte une plus grande modularité permettant de modifier plus facilement l'interface de contrôle ou la synthèse sonore sans refaire l'intégralité de l'algorithme qui gère le mapping. Le contrôle de l'ensemble des paramètres sonores et musicaux n'est pas toujours une solution idéale, ainsi un nombre important de paramètres peut être nécessaire pour contrôler certaines textures sonores complexes. De plus, les instruments numériques exploitent bien souvent des systèmes fortement non-linéaire<sup>43</sup> et dynamiques. Dans ce cas, l'utilisation de modèles intermédiaires<sup>44</sup> s'avère plus adaptée. Ils apportent à l'instrument numérique la possibilité d'augmenter la qualité du mouvement, de reproduire la non-linéarité des instruments acoustiques ou de démultiplier un seul geste en polyphonie de mouvements complexes<sup>45</sup>.

40. Joseph Butch ROVAN, Marcelo M. WANDERLEY, Shlomo DUBNOV, Philippe DEPALLE, « Instrumental Gestural Mapping Strategies as Expressivity Determinants in Computer Music Performance », *Trends in Gestural Control of Music*, M. M. WANDERLEY, M. BATTIER (ed.), Paris, Ircam-Centre Pompidou, 2000, CD-Rom.

41. Un *mapping* unitaire relie un geste à un paramètre, un *mapping* divergent, un geste à plusieurs paramètres et un *mapping* convergent, plusieurs gestes à plusieurs paramètres de manière globale.

42. Marcelo M. WANDERLEY, Norbert SCHNELL, Joseph Butch ROVAN, « ESCHER - Modeling and Performing Composed Instruments in real-time », *IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics*, San Diego, IEEE, 1998, p. 1080-1084.

43. Charles BESNAÏNOU, « Comment changer la voix des instruments de musique », *Actes des rencontres musicales pluridisciplinaires*, Lyon, GRAME, 2006, p. 51.

44. Vincent GOUDARD, Hugues GENEVOIS, Emilien GHOMI, « L'utilisation de modèles intermédiaires dynamiques pour la synthèse audiographique », *Journées d'informatique musicale*, Saint-Etienne, Université Jean Monnet, 2011, <http://jim2011.univ-st-etienne.fr/html/actes.html>.

45. *Ibid.*, p. 4.

Les trois versions du Méta-Instruments peuvent utiliser n'importe quel type de mapping en traduisant ainsi les gestes du musicien en une multitude de paramètres sonores et visuels.

### *Anatomie des trois versions du Méta-Instrument*

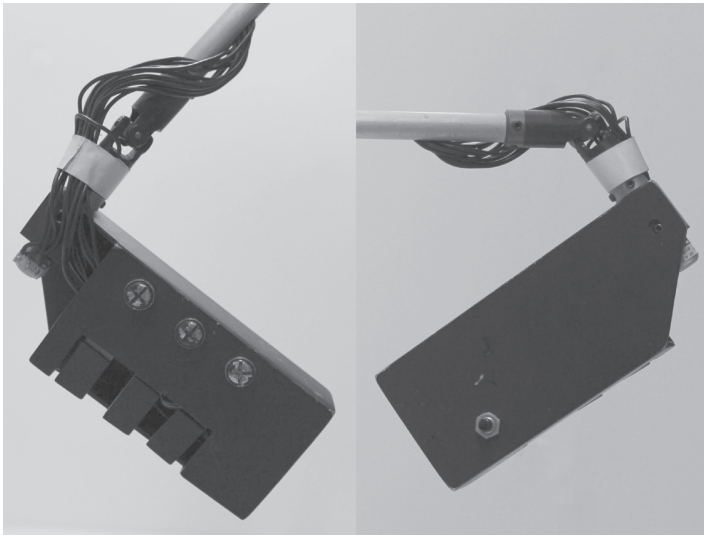
Le Méta-Instrument est composé de deux bras reproduisant les articulations de l'épaule (pour le MI3), du coude et du poignet au bout desquels sont fixées des interfaces munies de plusieurs capteurs de pression pour les doigts. Les articulations contiennent aussi des capteurs de rotation. Depuis la première version en 1989, le Méta-Instrument n'a pas fondamentalement changé de physionomie (fig. 6, 7 et 8). Une petite rupture apparaît toutefois entre la version 2 (1996) et la version 3 (2004) : l'instrument devient portable à l'aide d'un support adapté aux épaules du musicien et permet ainsi le déplacement pendant la performance (fig. 9). Une version sans fil sera même envisagée grâce à la technologie WIFI, mais la limite de transfert engendrera une latence trop importante pour un jeu virtuose.

Si l'aspect général évolue peu, l'instrument change profondément au niveau de la technologie utilisée pour les articulations et les capteurs. De même, le nombre de ces derniers va passer de 12 à 32, puis à 54 entre la première et la troisième version. Les MI1 et MI2 s'accompagnent aussi d'une ou deux pédales d'expression. À partir du MI2, des ressorts de rappel installés sur les articulations des bras leur permettent de ramener la poignée en position centrale.

### *L'évolution des capteurs haptiques*

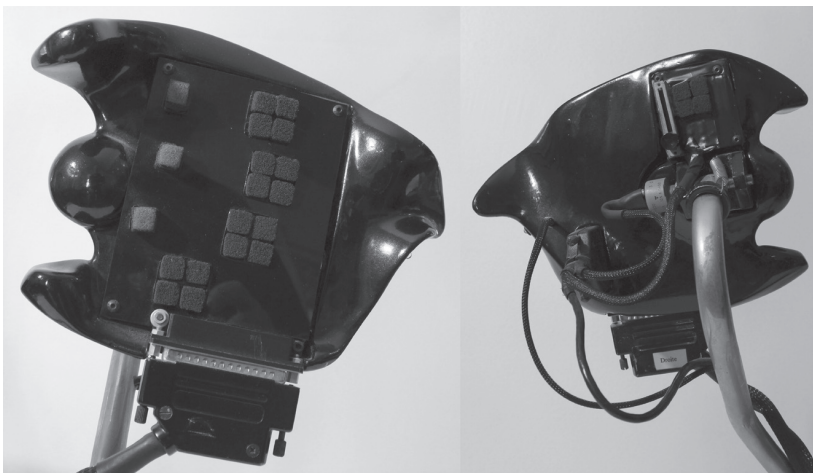
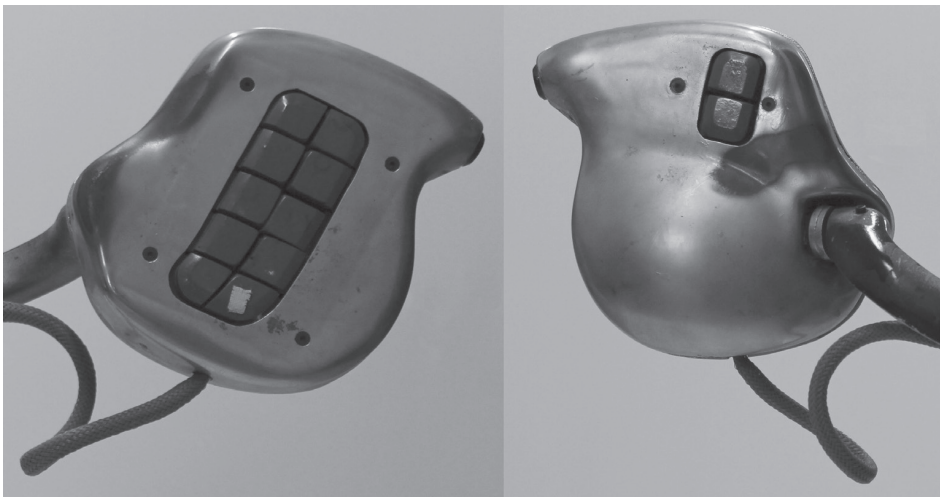
Les poignées du Méta-Instrument installées à l'extrémité des bras ont subi des évolutions au niveau de la mécanique, du design et des capteurs. Les figures 10, 11 et 12 permettent d'apprécier les évolutions de la mécanique de l'articulation et du design de la poignée.

Passant d'un capteur par doigts sur le MI1 à cinq capteurs pour certains doigts du MI3 (fig. 13), la poignée du Méta-Instrument explore les gestes haptiques. Dans le MI3, les doigts de l'index à l'auriculaire utilisent cinq transducteurs qui

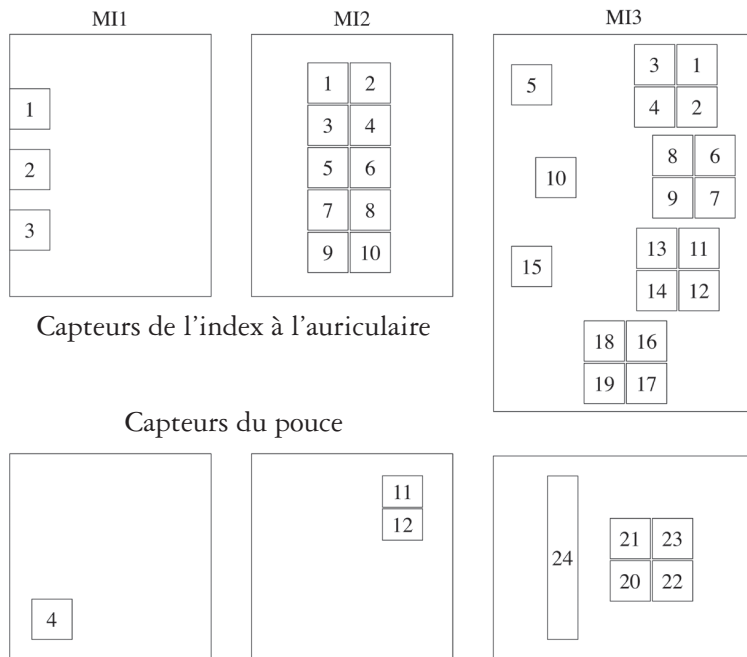


10. Les quatre capteurs de la main du MI1, Rungis, Puce Muse, 19 juillet 2016, collection privée.

11. Les 12 capteurs de la main du MI2 Rungis, Puce Muse, 19 juillet 2016, collection privée.



12. Les 24 capteurs de la main du MI3, Paris, LAM, 6 juillet 2016, collection privée.



13. Comparaison de la position des capteurs des trois versions du Méta-Instrument (AUTEUR DU SCHEMA ?).

	Nombre de capteurs		Type	Pression minimale
	Pouce	Autres doigts		
MI1	1	3	Lamelles ressort	10g
MI2	2	10	Bouton plastique sur lamelle	1g
MI3	5	19	Bouton recouvert de mousse	1mg

14. Évolution des caractéristiques des capteurs de la poignée.

permettent de capter les gestes de pression, de rotation et d'oscillation.

14

Du MI1 au MI3, une amélioration très importante de la qualité des transducteurs (fig. 14) a permis de rendre l'instrument sensible aux très faibles mouvements tout en augmentant le confort de jeu.

Ces nombreuses évolutions dans la technologie des transducteurs font du MI3 un instrument permettant un jeu extrêmement virtuose.

### L'instrument, le corps, le visuel

*Ainsi, lorsque vous créez une performance qui implique votre corps au-delà du commun, dans quelque chose d'artistique et d'inouï, il y a une profonde aspiration – cette aspiration est à l'origine de toute performance<sup>46</sup>.*

46. « So when you give a performance that takes your body out of the mundane and into something extraordinary through art, it has

Notre perception musicale est fortement ancrée dans la relation entre le sonore et le visuel<sup>47</sup>. Le découplage entre le geste du musicien et la production sonore dans de nombreux instruments numériques reste une des caractéristiques les plus perturbantes pour l'auditeur. Le musicien assis, sans bouger, derrière son ordinateur est un des lieux communs de la création expérimentale électroacoustique alors même que cette nouvelle musique s'est d'abord bâtie au milieu du xx<sup>e</sup> siècle à partir de gestes<sup>48</sup> ou à partir d'improvisation sur des instruments préparés. Thor Magnusson et Enrique Hurtado

*a profound appeal — this appeal is the foundation of all performance* ». (Bob OSTERTAG, « Human Bodies, Computer Music », *Leonardo Music Journal*, 12, 2002, p. 11).

47. Rolf Inge GODØY, « Motor-Mimetic Music Cognition », *Leonardo*, 36(4), 2003, p. 317.

48. Marc BATTIER, « Laboratoires », *Musiques. Une encyclopédie pour le XXI<sup>e</sup> siècle, op. cit.*, vol. 1, p. 560.



15. Serge de Laubier en spectacle audiovisuel avec le MI3, Pantin, La Nef-Manufacture d'utopies, 3 juillet 2016, Rungis, Puce Muse.

avancent<sup>49</sup> que, depuis le début des années 2000, l'inflation de nouvelles interfaces prenant en compte la dimension visuelle du geste s'est faite en partie en réaction contre ce découplage. Outre le fait que le Méta-Instrument a souvent été utilisé pour créer une interaction entre une image projetée et un son spatialisé (fig. 15), il a d'abord été pensé comme un instrument de scène. Avec le MI3, le musicien endosse même l'instrument pour faire corps avec lui :

15

*Il a fallu inventer-découvrir de nouveaux gestes ergonomiquement viables : les doigts pour les déclenchements, les mouvements des bras et avant-bras pour la gestion des métadonnées. Un des aspects les plus forts est que le musicien endosse la console et fait ainsi corps avec l'instrument. C'est cette relation intime qui manquait jusqu'à présent dans les musiques électroacoustiques<sup>50</sup>.*

49. Thor MAGNUSSON, Enrike HURTADO, « The Phenomenology of Musical Instruments: A Survey », *eContact!*, 10(4), 2008, [http://cec.sonus.ca/econtact/10\\_4/magnusson\\_hurtado\\_survey.html](http://cec.sonus.ca/econtact/10_4/magnusson_hurtado_survey.html).

50. Charles BESNAINOU, « Comment changer la voix des instruments de musique », *Rencontres Musicales Pluridisciplinaires*, Lyon, GRAME, 2006, p. 52.

Le Méta-Instrument semble très proche d'autres instruments numériques comme the hands de Michel Waisvisz attachées aux mains du musicien qui intègrent un capteur mesurant leur écartement, le *lady's glove*, gant que Laetitia Sonami doit enfiler, ou du biomuse d'Atau Tanaka mesurant les signaux électriques des avant-bras du musicien. Ces instruments sont construits, d'une part sur la captation de larges gestes réalisés par le musicien et, d'autre part sur l'idée d'augmentation du corps humain. Outre que ces recherches musicales semblent bien apparaître comme la volonté de rompre avec le statisme des musiciens de certaines performances d'art numérique, elles semblent aussi résulter d'une volonté de réinvestir la part corporelle qui est une composante de tout instrument de musique. Les récentes recherches en neurosciences sur les neurones miroirs et leur développement dans les théories d'Alain Berthoz sur la « préperception liée à un répertoire d'actions<sup>51</sup> » tendent à montrer que notre perception n'est pas

51. Alain BERTHOZ, *Le sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997, p. 27.



basée sur la notion de représentation mais de simulation. Dans le domaine musical, la perception de l'auditeur contiendrait ainsi une simulation des gestes du musicien en relation avec le rendu sonore de l'instrument. Or, la variété des dispositifs de production sonores en électroacoustique incite à penser que l'auditeur, même expérimenté, est souvent surpris par les gestes réalisés avec ces nouveaux instruments. Cette surprise est aussi une des composantes principales qui permettent d'apprécier une œuvre de création.

Dans le domaine visuel, Serge de Laubier a exploré avec son Méta-Instrument de nombreuses configurations, de l'instrumentiste seul sur scène produisant une musique électroacoustique à l'interaction avec un visuel provenant du public et enrichi par des transformations contrôlées au Méta-Instrument.

### *Conclusion*

Voici maintenant près de 30 ans que Serge de Laubier développe un instrument numérique permettant d'interpréter les sons, de les spatialiser mais aussi d'investir la relation musique-image. Le Méta-Instrument a apporté une réponse au difficile problème de l'interprétation de sons numériques. Instrument ouvert, « dispositif de dispositif » comme le définit son inventeur, le Méta-Instrument est le résultat d'une longue évolution – trois versions

se sont succédé en 1989, 1996 et 2004, et une quatrième version est en cours de réalisation – qui l'a vu passer d'un système de bras articulés montés sur pieds à un dispositif portable libérant les mouvements du musicien. L'augmentation du nombre de capteurs haptiques entre les différentes versions a permis une meilleure captation des mouvements de chaque doigt. Le Méta-Instrument a été un des précurseurs dans l'utilisation de la captation du touché. Parmi les nouvelles lutheries numériques, rares sont celles qui utilisent la sensation haptique, pourtant idéale pour un contrôle fin et virtuose des paramètres musicaux.

Sur le plan de l'apprentissage, les nouveaux instruments nécessitent parfois un travail plus complexe qu'un instrument acoustique. Nous l'avons montré, aux gestes qu'il faut apprendre à maîtriser, s'ajoute la programmation de la partie informatique – le traitement des données provenant des capteurs, le *mapping* et la synthèse sonore. La lutherie numérique n'en est qu'à ses débuts. La très grande disparité des instruments et leur aspect éphémère, en dehors de quelques exceptions, montrent que nous n'en sommes qu'à un âge d'expérimentation tous azimuts, les champs à explorer étant si nombreux et les technologies évoluant si rapidement. Toutefois, cette étape empirique est indispensable, elle permettra de faire émerger des solutions stables et des architectures logicielles efficaces et hautement adaptatives.