



HAL
open science

Instrumentes numériques et performances musicales : enjeux ontologiques et esthétiques

Madeleine Le Bouteiller

► **To cite this version:**

Madeleine Le Bouteiller. Instruments numériques et performances musicales : enjeux ontologiques et esthétiques. Musique, musicologie et arts de la scène. Université de Strasbourg, 2020. Français. NNT : 2020STRAC002 . tel-02860790

HAL Id: tel-02860790

<https://theses.hal.science/tel-02860790v1>

Submitted on 8 Jun 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.

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

ÉCOLE DOCTORALE DES HUMANITÉS – ED 520

ACCRA (Approches Contemporaines de la Création et de la Réflexion Artistique)
GREAM (Groupe de Recherches Expérimentales sur l'Acte Musical)

THÈSE

présentée par :

Madeleine LE BOUTEILLER

soutenue le : 13 janvier 2020

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'université de Strasbourg**

Discipline/ Spécialité : Musicologie

INSTRUMENTS NUMÉRIQUES ET PERFORMANCES MUSICALES

Enjeux ontologiques et esthétiques

THÈSE dirigée par :

M. Alessandro ARBO

Professeur, université de Strasbourg

RAPPORTEURS :

M. Philippe LE GUERN

Professeur, université de Rennes 2

M. Bernard SÈVE

Professeur émérite, université de Lille

AUTRES MEMBRES DU JURY :

Mme Anne SÈDES

Professeur, université de Paris 8

M. Thomas PATTESON

Professeur, Curtis Institute of Music



Remerciements

Mes remerciements vont d'abord à Alessandro Arbo, mon directeur de thèse, sans qui ce travail n'aurait pas été possible. Ses conseils avisés et sa rigueur m'ont permis de mener ce projet à son terme. Je remercie aussi Eric Maestri et Anne Sèdes d'avoir accompagné mes recherches en constituant mon comité de suivi de thèse. Merci au groupe des jeunes chercheurs du GREAM, qui de cafés (sans café) en séminaires, rythme le temps et le travail et enrichit de perspectives nouvelles.

Ce travail doit beaucoup aux artistes qui m'ont accordé du temps pour me parler de leurs instruments et de leurs expériences musicales. Je souhaite remercier en particulier Anne Hege, qui m'a relaté l'histoire de son *rope-instrument*, Lainie Fefferman qui m'a renseignée sur les procédés compositionnels de *WALO*, Chris Douthitt pour les précieuses informations et les documents concernant sa pièce *Human Modular*, Alyssa Weinberg et sa collègue de scène pour leur témoignage sur la création de *Tethered*, Tom Mays pour *Le Patch Bien Tempéré III*. Je remercie aussi Atau Tanaka, Serge de Laubier et Laetitia Sonami pour leur partage d'expérience, respectivement avec la BioMuse, le Méta-Instrument, le Lady's glove et le Spring Spyre. Je remercie Jeff Snyder ainsi que les musiciens de PLOrk pour leur accueil lors de leurs répétitions, et enfin, Thomas Patteson et Adam Vidiksis pour leur intérêt pour mon travail et des échanges aussi stimulants qu'enrichissants.

Merci aussi à tous ceux qui m'ont entourée pendant ces trois années : mes coloc', mes amis, merci à Alessia, Camille et Elise, acolytes de doctorat, merci aux musiciens strasbourgeois et à ceux de Philadelphie – une gratitude particulièrement chaleureuse pour Espersan et le Bach Collegium. Merci à mes aînés du doctorat, chers physiciens dont l'amitié, même à distance, m'est précieuse. Merci à tous mes proches et à mes lointains, qui à la question « et alors la thèse, ça avance ? » se sont contentés, peut-être malgré eux, d'une absence de (vraie) réponse.

Merci à Alexandre et Olivia, Véronique, Clément et Joachim, Pauline et Alex, Amélie, Céline, leur présence joyeuse et leur accueil ont su accompagner les dernières semaines de rédaction. Merci à mes parents qui m'ont toujours encouragée, ainsi qu'à mes frères et sœurs. Et enfin merci à Vangelis pour son soutien inconditionnel, pour sa patience et sa confiance tout au long de ces années.

Avertissement

Toutes les traductions de citations en anglais sont de l'auteur. L'original n'est précisé qu'en cas de vocabulaire idiomatique difficilement traduisible.

Les termes techniques sont référencés dans un glossaire situé à la fin du texte. Les mots y figurant sont signalés dans le texte par un astérisque*. Pour ne pas trop encombrer le texte, seules les premières occurrences dans chaque partie seront marquées d'une astérisque.

Pour faciliter l'écoute et le visionnage des exemples musicaux, les liens vers les vidéos sont signalés par une numérotation (23...) et regroupés sur cette page :

<https://www.dropbox.com/s/c8p1s2m6fm9wa9m/liens.docx?dl=0>

Le mot performance, en français, admet deux significations distinctes : dans la première (plus courante), une performance est une prouesse, un succès ou un exploit accompli par une personne, une machine, une organisation, ou bien le résultat d'une action évaluée (la performance d'un sportif par exemple). Le second sens du mot est un anglicisme : *performance* en anglais désigne une représentation ou action artistique, elle concerne principalement le théâtre et la musique. On peut aussi utiliser les mots « exécution » ou « interprétation », mais ils sous-entendent qu'un contenu musical déjà existant est transmis lors du jeu de la musique – or, ce n'est pas toujours vrai. Quant au terme « création », il est ambigu : s'il peut évoquer une exécution musicale sans référence à aucune œuvre, il se réfère aussi à l'acte de composition ; il désigne par ailleurs la première représentation d'une œuvre musicale. Dans le texte, nous préférons donc l'anglicisme « performance », nous l'utiliserons dans le sens de performance musicale. Le performeur est celui qui réalise une performance.

Introduction

« Je joue de l'ordinateur¹ » : il est aujourd'hui courant d'entendre ces propos venant d'artistes des scènes musicales numériques*. Ces mots résonnent avec ceux qui titraient un article de Max Mathews pour le magazine *Science*, quelques quarante années plus tôt : « l'ordinateur numérique comme instrument de musique² ». En effet, l'ordinateur est aujourd'hui utilisé lors de performances musicales au moyen d'interfaces* gestuelles : ce sont des objets équipés de divers capteurs* de mouvement qui permettent à celui qui les manipule de contrôler des algorithmes* de synthèse sonore* fonctionnant sur un ordinateur. On peut alors « jouer » de la musique numérique de manière gestuelle. Interface, ordinateur et haut-parleurs forment un genre d'instrument bien particulier. Il faut vraisemblablement donner tort à Diderot, qui écrivait dans l'*Encyclopédie* : « On n'invente plus d'instruments, et il y en a assez d'inventés ; mais je crois qu'il y a beaucoup de découvertes à faire sur leur facture³ ». On invente *toujours* de nouveaux instruments, et d'autant plus lorsque de nouveaux moyens techniques deviennent accessibles. Mais jusqu'où peut-on aller ? Le philosophe Bernard Sève pointe que « les musiciens se sont emparés d'objets techniques qui sont, quant à eux, le produit de théories scientifiques indépendantes et qui sont primitivement destinés à d'autres usages qu'à “faire de la musique” (magnétophones, ordinateurs), tous ces faits dessinent une pratique de la musique qui se situe au-delà de la frontière organologique traditionnelle⁴ ». Quant à Claude Cadoz, il ose être plus radical : « l'ordinateur n'est pas un instrument, mais une représentation d'instrument⁵ », affirmant qu'avec l'ordinateur, il revient à l'homme de « se placer dans une relation “de type instrumentale”, une représentation de relation instrumentale⁶ ». Émerge ici une contradiction : les ordinateurs et les instruments numériques sont-ils de véritables instruments de musique ?

1. Sergi JORDA, *Digital Lutherie: Crafting musical computers for new musics' performance and improvisation*, thèse de doctorat (Universitat Pompeu Fabra, 2005), p. 1.

2. Max V. MATHEWS, « The digital computer as a musical instrument », *Science* 142, n° 3592 (1963), p. 553-557.

3. Denis DIDEROT, « INSTRUMENTS (Musique et Lutherie) », dans *Encyclopédie de Diderot [en ligne]*, Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, 1772-1751 [<http://www.encyclopédie.eu/index.php/logique/929124137-grammaire/1065186196-INSTRUMENT>, consulté le 25/07/2019].

4. Bernard SEVE, *L'instrument de musique : une étude philosophique*, L'Ordre philosophique (Paris: Seuil, 2013), p. 196.

5. Claude CADOZ, « Musique, geste, technologie », dans *Les nouveaux gestes de la musique*, éd. par Hugues Genevois et Raphaël de Vivo (Marseille: Parenthèses, 1999), p. 91.

6. CADOZ, « Musique, geste, technologie », p. 91.

La question se pose lorsque l'on constate que la relation du musicien à la production sonore est toute différente. Contrairement à un instrument acoustique, où les gestes du musicien servent à mettre en vibration cordes, membranes ou colonnes d'air, exigeant du musicien qu'il engage son énergie physique via ses mains, ses bras, son souffle ou même ses pieds⁷, il n'y a pas de lien direct entre un geste et le son résultant. Avec un instrument numérique, tout est codé dans un logiciel*. Le signal sonore*, que l'on peut contrôler grâce des interfaces, est généré de manière informatique : entre le geste et le son, il y a le logiciel.

Les techniques musicales et les instruments ont évolué au cours des siècles, au rythme des avancées technologiques. Bien avant l'arrivée du numérique, dès la fin du XIX^{ème} siècle, on est capable de transformer des ondes sonores en ondes de courant électrique, on invente le téléphone et on sait enregistrer la musique sur des cylindres de cire⁸. Aux débuts de l'électronique arrivent les premiers instruments électroniques. Ainsi le célèbre théremine, construit par Lev Sergueïevitch Termen en 1919. Les mains du musicien flottent dans les airs, leurs positions contrôlent respectivement la hauteur des notes et le volume. Le son, produit par des oscillateurs électroniques*, est modulé par les gestes de l'instrumentiste⁹.

Les premiers ordinateurs sont conçus dans les années 1940, ils occupent alors le volume d'une pièce entière¹⁰. Ils sont très vite utilisés pour la synthèse sonore électronique puis pour la composition algorithmique¹¹. Quand Mathews réalise la première synthèse audionumérique*, des heures de calcul sont nécessaires pour générer quelques minutes de son¹². Entre temps, les instruments électroniques se diversifient, la guitare électrique se dote de pédales d'effets qui permettent d'en modifier le son, des

7. L'orgue constitue une exception : le musicien met son énergie dans le jeu au clavier, mais c'est l'énergie d'une soufflerie qui met effectivement en vibration les colonnes d'air dans les tuyaux.

8. Ludovic TOURNES, *Du phonographe au MP3 : une histoire de la musique enregistrée, XIXe-XXIe siècle* (Paris: Autrement, 2008).

9. Stephen MONTAGUE, « Rediscovering Leon Theremin », *Tempo*, n° 177 (1991), p. 18-23.

10. Le Harvard Mark I par exemple, qui fit tourner son premier programme en 1944, occupait un volume de 23 m³ et pesait 4,5 tonnes.

11. Martin CAMPBELL-KELLY, « Christopher Strachey, 1916-1975: A Biographical Note », *IEEE Annals of the History of Computing*, 7, n° 1 (1985), p. 19-42. La composition automatique (ou algorithmique) est inaugurée en 1956 par la suite *Illiac* de Lejaren Hiller et Leonard Isaacson. Cette pièce fut générée par un programme informatique implémenté pour suivre les règles du contrepoint telles qu'énoncées dans le traité d'harmonie de Fux, *Gradus ad Parnassum*. La pièce est ensuite exécutée par un quatuor à cordes.

12. Mathews met au point le programme MUSIC en 1957 sur un IBM 704.

synthétiseurs joués sur claviers rendent accessibles divers types de sons aux pianistes¹³, et une multitude d'outils et d'interfaces permettent de manipuler des sons électroniques. Avec les progrès du numérique, la synthèse sonore numérique devient possible en temps réel. La diffusion des micro-ordinateurs dans les années 70, l'établissement du protocole MIDI¹⁴ et le développement des interfaces graphiques¹⁵ dans les années 80 permettent à des musiciens d'utiliser des ordinateurs sur scène¹⁶. La *League of Automatic Music Composers* crée les premières performances d'orchestres d'ordinateurs à la fin des années 70 dans la baie de San Francisco¹⁷. On contrôlait alors des algorithmes de synthèse sonore* depuis l'ordinateur, assis face à l'écran, clavier et souris en main. Les ordinateurs étaient reliés à des haut-parleurs, et ainsi se faisait la musique. En 1984, Michel Waisvisz initie ce qui sera l'un des plus célèbres DMI*, ou *Digital Music Interface*¹⁸ : une paire de manettes appelée *The Hands*. Ce sont deux manettes munies de capteurs de positions, de boutons et d'accéléromètres, connectées à un programme* informatique¹⁹. Le performeur effectue des gestes en tenant son appareil dans les mains, ses mouvements sont mesurés par les capteurs, et les données ainsi générées servent de paramètres à la synthèse sonore réalisée sur l'ordinateur.

Du studio à la scène en passant par la régie, les utilisations de l'ordinateur en musique sont aujourd'hui très diverses. Il peut être utilisé avec des logiciels d'édition musicale²⁰. Dans ce cas, l'ordinateur est l'hôte d'un studio virtuel où l'on peut synthétiser, enregistrer, traiter, mixer des sons. L'ordinateur peut aussi être présent sur scène, utilisé en direct et de manière interactive par les musiciens. On peut contrôler des algorithmes de synthèse sonore en temps réel au moyen d'interfaces gestuelles. De nombreux contrôleurs* ont

13. Ils sont commercialisés à partir des années 1960, tel le Moog.

14. La norme MIDI* (*Musical Instrument Digital Interface*) est un protocole de communication qui encode les notes selon quatre paramètres. Introduit en 1983, il domine depuis. Il permet la communication entre des interfaces, des synthétiseurs et des séquenceurs*.

15. Les écrans et les interfaces graphiques permettent un usage plus facile de la machine que l'utilisation par lignes de commandes. Les premiers ordinateurs commercialisés n'avaient en effet pas d'écran, l'invention du « bureau » et de ses icônes est arrivée plus tard.

16. Jean-Claude RISSET, « Nouveaux gestes musicaux : quelques points de repères historiques », dans Hugues Genevois et Raphaël de Vivo (éd.), *Les nouveaux gestes de la musique*, p. 19-33 (Marseille: Parenthèses, 1999).

17. Till BOVERMANN et coll. (éd.), *Musical instruments in the 21st century*, (New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2017) ; Joel CHADABE, *Electric Sound: The Past and Promise of Electronic Music* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997).

18. Dans la littérature, DMI est parfois aussi utilisé pour *Digital Music Instrument*. Levons toute ambiguïté dès à présent : tout au long du texte, nous emploierons le sigle DMI pour désigner une interface.

19. Giuseppe TORRE, Kristina ANDERSEN, et Frank BALDÉ, « The Hands: The Making of a Digital Musical Instrument », *Computer Music Journal* 40, n° 2 (2016), p. 22-34.

20. Aussi appelés stations audionumériques ou DAW, pour *Digital Audio Workstation*. Ce sont par exemple les logiciels Ableton live, Cubase, Pro Tools et bien d'autres.

ainsi été développés, dans le but de pouvoir produire et contrôler la musique numérique en se détachant de l'écran et des claviers d'ordinateurs. Certains s'inspirent d'instruments classiques (par exemple, des contrôleurs à vent en forme de clarinette²¹), d'autres réutilisent des outils disponibles sur le marché (comme les wiimotes ou les *tether-controllers*²²), certains comme les Hands de Waisvisz innovent complètement, d'autres encore se présentent sous forme de consoles aux multiples boutons et curseurs. D'autre part, des orchestres d'ordinateurs se sont développés au cours des années 2000, notamment PLOrk et SLOrk (respectivement Princeton et Stanford Laptop Orchestra), avec le désir de jouer de la musique par ordinateur de manière interactive, parfois avec des interfaces de contrôle gestuel²³.

Le musicien n'est alors plus musicien de la même manière que celui qui joue d'un instrument acoustique. Il n'est plus le producteur effectif du son ; son corps n'est pas en relation directe avec le son émis. C'est le haut-parleur qui « sonne », alimenté par l'énergie électrique et informé par le signal numérique. La causalité physique, qui associe un grand geste à un son fort, est remplacée par l'électronique ; il est alors possible de déclencher un son au fort volume avec un petit geste et sans effort. Dans les systèmes numériques, le signal sonore n'est pas élaboré de manière physique, répondant aux lois de la physique des solides (instruments acoustiques) ou de l'électromagnétisme (pour les instruments électroniques). Le signal (et donc le son) est entièrement élaboré de manière informatique, sous forme de code* écrit. Cela ouvre à de nouveaux univers possibles, et cela donne des compositions et des performances où l'idée d'instrument de musique est remise en cause. La performance musicale numérique offre de nouveaux modes de fonctionnement et une nouvelle esthétique de scène. Le spectateur voit autre chose.

La problématique de notre thèse sera donc la suivante : ces nouveaux « instruments », construits par assemblage d'ordinateurs, d'interfaces et de haut-parleurs, sont-ils de véritables instruments de musique ? Quels sont leurs modes de fonctionnement et

21. Voir par exemple le Sylphyo, commercialisé par Aodyo Instruments (<https://www.aodyo.com/controleur-midi-instrument-6.html>).

22. Les wiimotes sont des manettes pour jeu vidéo. Les *tether-* ou *GameTrack-controllers*, conçus pour un jeu vidéo de golf, sont une paire de câbles rétractables reliée à un boîtier. Tenant les extrémités des câbles dans les mains, on peut les tirer dans différentes directions.

23. Daniel TRUEMAN et coll., « PLOrk: The Princeton Laptop Orchestra, Year 1 », dans *Proceedings of the International Computer Music Conference* (New Orleans, 2006) [http://www.scott-smallwood.com/pdf/plork_icmc2006.pdf, consulté le 21 octobre 2019] ; Scott SMALLWOOD et coll., « Composing for laptop orchestra », *Computer Music Journal* 32, n° 1 (2008), p. 9-25.

d'action ? Comment transforment-ils les performances qu'ils permettent de réaliser ? Sont-elles des performances *musicales* ? Quelle(s) esthétique(s) proposent-elles ?

Notre hypothèse de départ est que l'ordinateur *ne peut que sous certaines conditions être considéré comme un instrument de musique*. Mais il faut pour cela revoir la définition classique de l'instrument de musique pour l'élargir, sans quoi l'ordinateur, ainsi que les instruments électroniques et numériques, sont d'ores et déjà exclus de cette catégorie. En effet, cette définition implique l'idée selon laquelle le son est provoqué par la mise en vibration d'un objet grâce à la force du musicien²⁴, ce qui n'est plus le cas dans les situations numériques. Nous allons vérifier cette hypothèse, pour voir si elle est correcte ou si elle nécessite quelque mise au point. L'idée de ce qu'est un instrument de musique est implicite dans la plupart des pratiques musicales courantes : il s'agit pour nous de l'explicitier, de mettre en valeur ce qui est en train de changer ou a déjà changé. Aussi, nous pensons que la redéfinition – ou la révision – du concept d'instrument de musique nous permettra de mieux rendre compte des fonctionnements artistiques des nouvelles performances numériques et des expériences qu'elles engendrent pour les performeurs et pour leur public.

Il faut prévenir le lecteur : notre démarche ne consiste pas en une étude de répertoire. Ainsi, l'analyse des œuvres ne sera pas une analyse musicologique « classique », mais une analyse des modes de fonctionnement des performances musicales, depuis leur conception avec l'élaboration des instruments, jusqu'à leur fonctionnement esthétique sur scène – le tout à travers l'étude des instruments numériques utilisés. On confrontera les définitions théoriques de l'instrument de musique aux situations contemporaines rencontrées pour en proposer une révision ou un élargissement. Nous chercherons ce qui, parmi les systèmes numériques pour la musique, peut être véritablement considéré comme instrument de musique ou pas. Partant de l'hypothèse que la musique et ses performances sont fondamentalement liées à l'instrument de musique, nous montrerons aussi en quoi un éclairage de ce que sont les instruments numériques conduit à une meilleure compréhension des performances musicales et des manières dont le numérique peut les transformer sur le plan esthétique. Ce sera donc une enquête de type ontologique, avec en final un essai de caractérisation des performances et des œuvres musicales produites par

24. Claude CADOZ, « Continuum énergétique du geste au son - Simulation multisensorielle interactive d'objets physiques », dans Hugues Vinet et François Delalande (éd.), *Interfaces homme-machine et création musicale*, p. 165-181 (Paris: Hermès, 1999).

ces nouveaux instruments, pour tenter de déterminer quels objets artistiques elles constituent et quelles expériences elles produisent, pour les musiciens et pour leurs publics.

L'ontologie est la branche de la philosophie qui interroge ce qui existe, ou les choses que nous pensons ou disons exister. On définit des entités par l'énonciation de critères d'identité : des conditions qui, si rassemblées, font que l'objet étudié appartient à telle ou telle catégorie. L'ontologie musicale cherche à identifier et définir les types d'objets musicaux qui existent et les relations qui s'articulent entre les différentes entités²⁵. On peut alors parler d'ontologie « appliquée » : cela consiste à « expliciter les catégories des choses tenues pour existantes ou dont nous parlons comme de choses qui existent²⁶ ». On cherche d'habitude à savoir ce que sont les œuvres musicales et à déterminer la condition de l'authenticité de leurs exécutions, les performances. Dans notre cas particulier, nous nous intéresserons à ce que sont les « instruments de musique ». On veut rendre compte de leur nature. On questionne ce qui fait qu'un objet peut être ou non désigné comme instrument de musique : quelles sont les conditions nécessaires pour appartenir à cette catégorie, et quelles peuvent être les différentes sous-parties qui composent cette dernière.

La définition d'instrument de musique a pu comprendre, jusqu'ici, l'idée essentielle selon laquelle le son est provoqué par la mise en vibration d'un objet grâce à la force du musicien, qui contrôle, par ses gestes experts, les paramètres du son comme son timbre, son intensité et sa hauteur²⁷. Avec les instruments numériques, cette condition est remise en cause. Si l'on admet que le concept d'instrument de musique est un concept qui admet une définition figée, qui n'évolue pas au cours du temps, alors l'ordinateur et les interfaces numériques ne sont pas des instruments de musique. On appellera « concept fermé » un tel concept²⁸. Comme le décrit Lydia Goehr, il s'agit d'un concept « fixé²⁹ », défini par un jeu de conditions d'identité ou de propriétés essentielles. Si son objet vient à se transformer et contredit sa définition, alors il doit changer de catégorie et prendre un autre nom, sans quoi le langage se trompe. Un concept fermé relève d'une ontologie

25. Andrew KANIA, « The Philosophy of Music », dans *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [en ligne], éd. par Edward N. Zalta, Fall 2017 (Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2017), [https://plato.stanford.edu/archives/fall2017/entries/music/, consulté le 5 juillet 2019]

26. Roger POUIVET, « L'ontologie du rock », *Rue Descartes* 60, n° 2 (2008), p. 20-37.

27. CADOZ, « Continuum énergétique du geste au son ».

28. Roger POUIVET, *L'ontologie de l'œuvre d'art: une introduction*, Rayon art (Nîmes: Editions J. Chambon : Diffusion Harmonia Mundi, 1999).

29. Lydia D. GOEHR, *The Imaginary Museum of Musical Works: An Essay in the Philosophy of Music*, Rev. ed (Oxford: Oxford Univ. Press, 2007), p. 72.

essentialiste. Cette méthode de définition, anhistorique, ne tient pas compte des contingences culturelles et historiques des concepts. Avec un concept ouvert, au contraire, on reconnaît qu'à un instant donné, il peut ne pas avoir rencontré toutes les possibilités existantes, et que la définition qui le caractérise n'est jamais complète ni achevée. C'est un concept dont les contours ne sont pas fixes mais prêts à être modifiés si des situations nouvelles s'apparentent à son objet. Pour reconnaître et considérer avec justesse les évolutions de la réalité musicale, nous devons adopter une ontologie ouverte, qui est une ontologie de sens commun.

Une ontologie de sens commun, contrairement à une ontologie révisionniste, consiste à donner raison au langage : on suppose que les choses dont on parle existent. Le sens commun se reflète dans les croyances de la vie quotidienne qui conditionnent les comportements³⁰. « Il existe un sens commun ontologique. Il est à l'œuvre dans la façon dont, quotidiennement, nous identifions et classons les choses qui nous entourent³¹ », et les instruments de musique font partie de ces choses-là. On interroge alors ce que le langage et les comportements révèlent de la réalité. Cette approche relève du réalisme, c'est une métaphysique des choses ordinaires : « les énoncés du langage ordinaire signifient en général ce que les locuteurs croient qu'ils veulent dire, et souvent ils sont vrais, c'est-à-dire ils *correspondent* à la réalité³² ».

Une ontologie des choses ordinaires donc, mais les instruments de musique sont des choses pas si ordinaires que ça. Ce sont des artefacts, c'est-à-dire des objets fabriqués en vue d'un usage particulier : faire de la musique. Certes, ils existent depuis toujours, font partie intégrante de notre expérience de la vie et de la vie musicale, au point qu'ils ne sont pas ou peu questionnés. Mais ce sont aussi des objets très particuliers, des « objets transitionnels³³ », qui établissent un lien entre le matériel des objets et l'immatériel, le plus intangible des arts qu'est la musique. Si tous les objets sont spéciaux, en tant qu'ils donnent forme à nos existences, conditionnent certaines de nos activités et perceptions, voire certaines de nos croyances, les instruments de musique le sont encore plus. Et aujourd'hui, les nouveaux instruments numériques qui prennent une place grandissante

30. Sophia A. ROSENFELD et Christophe JAQUET, *Le sens commun: histoire d'une idée politique* (Rennes: Presses universitaires de Rennes, 2014) ; Marcello RUTA, « Is there an Ontological Musical Common Sense? », *Aisthesis. Pratiche, linguaggi e saperi dell'estetico* 6, n° 3 (2013), p. 67-86.

31. Roger POUIVET, *Philosophie du rock: une ontologie des artefacts et des enregistrements* (Paris: Presses universitaires de France, 2010), p. 28.

32. POUIVET, *Philosophie du rock*, p. 73. Voir aussi Peter F. STRAWSON, *Individuals: an essay in descriptive metaphysics*, (London, Methuen, 1964).

33. David BURROWS, « Instrumentalities », *The Journal of Musicology* 5, n° 1 (1987), p. 117-125.

ne sont pas des objets très ordinaires. Ils apparaissent dans des cercles de musiciens initiés (ou s’initiant) aux nouvelles technologies, mais ils restent souvent inconnus du grand public, ne lui apparaissant le plus souvent que de manière indirecte ou cachée – l’informatique étant impliquée dans tous les processus de production et de diffusion des musiques entendues à la radio, en ligne ou dans les magasins. Ainsi, le sens commun a ses limites. D’une part car de nouvelles choses apparaissent ; on sait qu’elles existent, mais on ne sait pas comment les qualifier. On sait les utiliser (pour les initiés, les artistes eux-mêmes), on connaît leur fonctionnement, mais on ne sait pas toujours les nommer. D’autre part, car le locuteur peut se tromper et avoir de fausses croyances ; d’ailleurs les locuteurs sont souvent en désaccord pour parler des instruments numériques, alternant de manière hésitante entre les mots interface, dispositif, outil musical, ou instrument de musique³⁴.

D’où l’importance d’une mise au point. On observe que les ordinateurs sont utilisés pour faire de la musique, et que les nouveaux systèmes numériques sont parfois considérés comme des instruments de musique – d’autres fois non. D’autre part, certaines définitions et considérations théoriques des instruments de musique contestent le fait que l’ordinateur et ses interfaces musicales puissent être des instruments de musique. Notre démarche consiste à mettre en vis-à-vis différentes définitions de l’instrument de musique et des considérations théoriques de la performance musicale avec une analyse des nouveaux instruments numériques et des performances qu’ils mettent en scène. Nous mènerons une étude de terrain pour comprendre le fonctionnement des instruments numériques, et nous chercherons à déterminer s’ils peuvent être considérés comme de véritables instruments de musique, et à quelles conditions ; cela pour ensuite mettre en évidence les transformations à l’œuvre dans les performances les concernant. C’est une enquête ontologique que nous allons conduire : chercher ce qu’est l’instrument de musique et ce que sont les instruments numériques. Plus précisément, c’est un essai d’ontologie populaire, qui examine et interroge les objets ou artéfacts dans leurs contextes et leurs usages. Nous adoptons une ontologie immanentiste d’accueil, qui puisse rendre

34. Caroline CANCE et Hugues GENEVOIS, « Questionner la notion d’instrument en informatique musicale : analyse des discours sur les pratiques du Méta-Instrument et de la Méta-Mallette », dans *14èmes Journées d’Informatique Musicale* (ACROE, Grenoble, 2009), p. 133 ; Caroline CANCE, « From Musical Instruments as Ontological Entities to Instrumental Quality: A Linguistic Exploration of Musical Instrumentality in the Digital Era », dans Till Boverman et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century* (New York, NY: Springer, 2017), p. 25-43.

compte des différentes manières d'être des instruments de musique³⁵. Et nous en cueillerons les retombées esthétiques en mettant en lumière la manière dont les performances se transforment par le numérique.

Notre objet d'étude comprend des outils et instruments variés, choisis dans le but de couvrir le vaste champ des productions musicales par ordinateur. Tous sont des artéfacts numériques, impliquant production et traitement informatique du son par ordinateur. Nous étudierons ainsi différents dispositifs avec interfaces gestuelles ou interfaces de contrôle, des logiciels de composition et édition musicale, ainsi que des systèmes mis en place lors de performances d'orchestres d'ordinateurs.

Notre corpus comprend des interfaces emblématiques car précurseurs, comme les Hands de Michel Waisvisz et le Lady's glove de Laetitia Sonami, ainsi que les Mi.Mu gloves qui, étant commercialisés, ont percé hors du milieu expérimental auquel appartiennent les précédents. La BioMuse d'Atau Tanaka consiste en des bracelets portés sur les avant-bras, comportant des capteurs mesurant des signaux électriques musculaires. Les contrôleurs MIDI sont très nombreux, nous étudierons le Karlax³⁶ qui est l'un des plus sophistiqués du marché actuel, ainsi que des contrôleurs de type surface de contrôle. Il y a aussi les situations où des instruments traditionnels (acoustiques ou électriques) sont combinés à un traitement sonore par ordinateur, nous étudierons donc des pièces de musique mixte qui utilisent l'ordinateur. Nous examinerons des performances de l'ensemble Kernel, qui produit de la musique entièrement par ordinateur sur scène, ainsi que des pièces réalisées par les orchestres d'ordinateurs PLOrk (*CliX*, *Human Modular*, *Ghost Line*, *Machine Yearning*, *Connectome*, *Tethered*), SLOrk (*Twilight*, *Search for Life*) et Sideband (*WALO*, *From the Waters*). Ces pièces adoptent parfois des contrôleurs gestuels comme les *tether-controllers*. D'autre fois, elles ne mobilisent pas d'interfaces gestuelles à proprement parler, mais donnent une place importante à d'autres médias. Nous étudierons aussi des logiciels d'édition musicale (comme Cubase, Pro Tools et d'autres), et enfin des performances de *live coding**, où l'on manipule l'ordinateur par l'écriture d'algorithmes en direct. Notre objet d'étude est d'abord un corpus non pas d'œuvres musicales, mais d'instruments, candidats à l'appellation d'« instrument de

35. Sandrine DARSEL, « Qu'est-ce qu'une œuvre musicale ? », *Klesis - Revue philosophique* 13 (2009), p. 147-185.

36. Le Karlax est un contrôleur MIDI qui se tient dans les deux mains, ressemblant à une clarinette mais sans bec.

musique ». Nous étudierons le fonctionnement de ces instruments, en lien avec leurs productions musicales. Le corpus musical en dérive ainsi naturellement : nous étudierons les pièces et performances créées grâce aux instruments de notre corpus.

Ces instruments sont peu répandus. Certaines interfaces ne sont utilisées que par leur inventeur – parfois pendant plus de vingt ans. Et si d’autres connaissent un développement industriel et commercial, comme le Karlox ou les Mi.Mu gloves, leur diffusion demeure faible. Mais ces instruments ne sont pas pour autant anecdotiques. Les logiciels et contrôleurs commerciaux se multiplient. Les surfaces de contrôle fleurissent sur les scènes de musique électro et les logiciels d’édition musicale sont dans tous les studios. Les interfaces musicales constituent en outre un champ de recherches et d’expérimentations très actif, rassemblant des communautés comme celles des conférences NIME (*New Interfaces for Musical Expression*) ou JIM (Journées d’Informatique Musicale) ainsi que la tenue du concours Margaret Guthman pour les nouveaux instruments de musique, qui se tient chaque année depuis 2009 à Atlanta (États-Unis). Un grand nombre d’inventions fait usage du numérique. Quant aux orchestres d’ordinateurs, il en existe en différents endroits dans le monde. Ceux qui demeurent continuellement actifs sont peu nombreux, la plupart d’entre eux est rattachée à une université (souvent américaine). Mais du fait de l’omniprésence des ordinateurs et de l’accessibilité croissante des langages de programmation, tout un chacun devient potentiellement capable de produire de la musique numérique³⁷. L’étendue virtuellement infinie des possibles du numérique attire, les initiatives et les expériences se multiplient, et l’on peut penser que progressivement, les instruments numériques prendront plus d’importance.

Pour conduire notre raisonnement, nous nous appuyerons sur un corpus littéraire et philosophique regroupant la littérature sur la performance musicale et sur l’instrument de musique. En premier lieu, l’étude de Bernard Sève sur l’instrument de musique³⁸, et les ouvrages philosophiques sur les œuvres musicales et les performances de Stan

37. D’ailleurs, l’enseignement de la programmation informatique arrive de plus en plus tôt dans les programmes scolaires, ce qui contribue à renforcer cette tendance. Voir aussi Laurent POTTIER, « Quel intérêt pour des musiciens d’apprendre la programmation informatique ? », *Revue Francophone d’Informatique et Musique [En ligne]*, n° 6 (2018) [<http://revues.mshparisnord.org/rfim/index.php?id=488>, consulté le 14 juin 2019].

38. SÈVE, *L’instrument de musique*, 2013.

Godlovitch³⁹, Stephen Davies⁴⁰, David Davies⁴¹, et Nicholas Cook⁴², principalement. Nous exploiterons aussi un large ensemble de publications scientifiques et techniques relatant la conception ou l'évaluation de nouveaux instruments numériques⁴³.

Dans un premier chapitre, nous présenterons les fondements théoriques nécessaires à notre étude : les différentes définitions de la littérature pour l'instrument de musique, traditionnelles et plus actuelles, puis les considérations de la performance musicale, dans sa définition et dans sa relation aux œuvres musicales et aux instruments de musique. Ensuite, nous présenterons et étudierons les instruments numériques et les performances qui les mettent en scène, pour en comprendre le fonctionnement et analyser les changements qui s'opèrent dans les manières de faire de la musique. Nous tenterons de clarifier ainsi le nouveau paradigme qui se met en place à travers l'utilisation des instruments numériques. Enfin, nous reviendrons sur la définition de l'instrument de musique pour en réviser certains critères et en proposer une nouvelle. Nous montrerons quels sont les enjeux soulevés par les nouveaux instruments numériques, tant au niveau des pratiques musicales – fabrication des instruments, composition musicale, jeu et interprétation – que des productions : les performances et les œuvres. Cela nous permettra finalement de mettre en lumière les changements qui s'opèrent dans les performances et les œuvres musicales, et dans l'expérience qu'en font les musiciens et leur public.

39. Stanley GODLOVITCH, *Musical performance: a philosophical study* (London ; New York: Routledge, 1998).

40. Stephen DAVIES, *Musical Works and Performances: A Philosophical Exploration*, Reprinted (Oxford: Clarendon Press, 2001); Stephen DAVIES, *Analytic Philosophy of Music* (Oxford: Oxford University Press, 2011).

41. David DAVIES, *Philosophy of the performing arts*, Foundations of the philosophy of the arts 4 (Chichester, West Sussex ; Malden, MA: Wiley-Blackwell, 2011).

42. Nicholas COOK, *Beyond the score: music as performance* (New York: Oxford University Press, 2013).

43. Ainsi les actes des conférences New Interfaces for Musical Expression (NIME), Journées d'Informatique Musicale (JIM), International Conference on Digital Audio Effects (DAFx), International Conference of Computer Music (ICMC), et les revues comme le Computer Music Journal, et d'autres encore.

Premier chapitre :

**Instruments et performances
musicales**

1. Instruments et performances musicales

Dans ce premier chapitre, nous présentons d'abord diverses définitions de l'instrument de musique : des définitions de sens commun et des définitions de la littérature, centrées sur l'instrument acoustique ou au contraire tentant d'englober les instruments et dispositifs électroniques et numériques*. Puis nous examinons des études théoriques de la performance musicale, pour comprendre ce qu'elle est, et comment elle peut s'articuler par rapport aux œuvres musicales et aux instruments de musique. Ce premier chapitre constitue la base théorique de notre enquête sur les instruments numériques et leurs performances musicales.

1.1. Qu'est-ce qu'un instrument de musique ?

1.1.1. *Qu'est-ce que définir, ou comment définir ?*

On sait que les instruments de musique existent. Les définir, c'est expliciter ce concept, déterminer ce qui constitue cette catégorie. Définir une catégorie revient à énoncer une liste de conditions qui doivent être satisfaites par un objet X pour que cet objet appartienne à cette catégorie : si X remplit les conditions, alors X appartient à la catégorie. Et réciproquement, si un objet X appartient à la catégorie, alors toutes les conditions sont vérifiées. Autrement dit, tous les objets de cet ensemble (et seulement ceux-là) remplissent toutes les conditions énoncées dans la définition de la catégorie. Ce sont des conditions individuellement nécessaires et collectivement suffisantes : un objet doit les satisfaire chacune, et il est suffisant qu'il les satisfasse toutes, pour appartenir à la catégorie.

Il y a cependant des catégories qu'il n'est pas aisé, et parfois même impossible, de définir par une liste de conditions nécessaires et suffisantes. Certaines catégories d'objets comprennent des éléments qui partagent un certain nombre de caractéristiques, dont aucune n'est exemplifiée par chaque élément de l'ensemble. Ainsi, aucune condition n'est nécessaire. C'est le cas des jeux : on ne peut trouver une caractéristique qui soit commune à tous les jeux. Certains se jouent avec des cartes, des dés, un ballon, d'autres n'utilisent aucun objet, certains ont des règles, d'autres non, certains se jouent par équipes, le but est de gagner mais pas toujours, certains sont drôles d'autres non... Pourtant, lorsqu'on est

face à un jeu, on sait le reconnaître. Le concept est connu, mais on ne peut pas le définir avec des conditions nécessaires et suffisantes. Wittgenstein propose alors de le décrire comme étant une famille de ressemblances¹ : les caractéristiques des jeux sont distribuées parmi eux de manière non systématique. A la manière des frères et sœurs d'une même famille, chacun a des traits en commun avec certains des autres éléments, sans qu'aucun trait ne soit partagé par tous.

L'instrument de musique semble être un concept facile à saisir, tout comme le jeu. Tout le monde a une certaine expérience de la musique et connaît au moins quelques instruments, pour les avoir vus ou entendus jouer ou les avoir soi-même pratiqués. Pourtant, tout comme il est des genres de musique qui nous sont éloignés (géographiquement, culturellement, ou éloignés dans le temps), il y a des instruments qui nous sont inconnus et que nous ne sommes pas capables d'identifier immédiatement comme tels. Prenons par exemple le Hang, un instrument de musique créé en Suisse au début des années 2000.



Figure 1 : Le Hang².

C'est un instrument métallique en forme de double soucoupe. Le musicien le tient sur ses genoux et le frappe avec les mains en différents endroits pour faire sonner différentes notes. Une personne qui n'en a jamais eu connaissance pourrait-elle y reconnaître un instrument de musique ? Pour identifier en l'objet l'instrument de musique, il faut voir l'instrument en train d'être joué, ainsi les sonorités de l'instrument et les gestes du musicien sont dévoilés – à moins d'être informé par un connaisseur qui puisse nous

1. Ludwig WITTGENSTEIN, *Tractatus logico-philosophicus suivi de Investigations philosophiques*, éd. par Bertrand Russell, trad. par Pierre Klossowski (Paris: Gallimard, 1989).

2. <http://www.oddmusic.com/gallery/om16250.html> (consulté le 04/07/2019).

expliquer et nous convaincre. On reconnaît l'instrument de musique dans l'objet que manipule un musicien, effectuant un geste dont le résultat sonore est reconnu comme musical.



Figure 2 : Le Hang, joué par un musicien³.

Cela semble être une définition empirique assez simple et immédiate. Identifier l'instrument de musique s'imposerait naturellement à nous lorsqu'on l'observe alors qu'il exerce sa fonction, qui est de produire de la musique par le jeu d'un musicien. L'œil et l'oreille du spectateur seraient juges et garants de la définition de l'instrument de musique. On reconnaîtrait donc l'instrument de musique via l'expérience perceptive, celle-ci étant informée par notre connaissance de ce qu'est un instrument de musique – cette connaissance étant elle-même basée sur une collection d'expériences passées. Ce qu'on reconnaît avant tout, c'est un objet fabriqué, donc un artéfact. Aristote définit les artéfacts par opposition aux objets naturels, qui ont leur principe d'action en eux-mêmes. Les objets naturels, qui sont « les animaux et leurs parties, les plantes et les corps simples, comme terre, feu, eau, air⁴ », ont en eux-mêmes

un principe de mouvement et de fixité, les uns quant au lieu, les autres quant à l'accroissement et au décroissement, d'autres quant à l'altération. Au contraire un lit, un manteau et tout autre objet de ce genre, en tant que chacun a droit à ce nom, c'est-à-dire dans

3. <http://musichighcourt.com/judgement/an-instrument-unheard-of-and-highly-unaffordable-the-hang/> (consulté le 04/07/2019).

4. ARISTOTE, *Physique. T. 1: I - IV*, trad. par Henri Carteron, 9. éd, (Paris: Les Belles Lettres, 2000), 192 b.

la mesure où il est un produit de l'art, ne possèdent aucune tendance naturelle au changement⁵.

Les artefacts sont les objets fabriqués intentionnellement par l'Homme, c'est leur fonction qui oriente ou détermine leur fabrication, leur forme et leur nature. « Ils sont produits intentionnellement pour servir des objectifs pratiques⁶ ». Ils existent réellement⁷. Ainsi, si l'on peut identifier un objet fabriqué et constater que sa fonction est de faire de la musique (parce qu'on le sait ou parce qu'on l'observe), alors on reconnaît l'instrument de musique.

On pourrait s'en tenir à cette méthode de reconnaissance simple : la fonction de l'objet définit l'instrument de musique et l'auditeur est juge. Mais trois écueils émergent : d'abord, certains objets peuvent être manipulés pour obtenir un résultat musical sans qu'ils soient instruments de musique, par exemple, des casseroles et des cuillers. Des musiciens attablés frappent des rythmes avec leurs couverts, ne font-ils pas de la musique ? Et le musicien qui interprète *Water Walk* de John Cage, qu'il joue quelques notes sur un piano, souffle dans un sifflet, ou verse de l'eau dans une baignoire, ne joue-t-il pas également de la musique ? Cette baignoire, dans cette configuration, peut en effet fonctionner comme un instrument de musique. Mais cela ne fait pas de toute baignoire un instrument de musique. Deuxièmement, dans certaines situations, le geste et le son qui en résulte n'ont pas de lien évident : on ne sait pas juger si on a affaire à un musicien ou pas. C'est le cas des instruments numériques et des systèmes musicaux avec ordinateurs. L'observateur est perplexe, et ne sait quelles connaissances ou croyances mobiliser pour identifier un éventuel instrument de musique. De nouveaux éléments sont apparus dans

5. *Ibid.*

6. Lynne Rudder BAKER, *The metaphysics of everyday life: an essay in practical realism* (Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press, 2007), p. 55.

7. Certains nient l'existence réelle des artefacts, comme Peter van Inwagen (Peter Van INWAGEN, *Material beings* (Ithaca, N.Y: Cornell University Press, 1990)). Il n'existe donc pas de barque, mais un ensemble de planches et de clous agencés pour flotter et transporter des personnes. La barque est un objet virtuel. Ou bien la barque n'existe que dans notre langage, pour nous faciliter la vie. En affirmant l'existence réelle des artefacts, nous rejetons le nihilisme comme le réductionnisme artefactuel ; voir aussi BAKER, *The metaphysics of everyday life*. Aristote aurait refusé aux artefacts le statut de substance (voir Pierre-Marie MOREL, « Substance et artefact. Sur Aristote, Métaphysique H », *Revue de philosophie ancienne* XXXV, n° 2 (2017), p. 169-196 ; et Errol G. KATAYAMA, *Aristotle on artifacts: A metaphysical puzzle* (Albany, NY: State University of New York Press, 1999), p. 1 : « Les artefacts (objets physiques fabriqués par l'homme, comme les maisons et les lits) ne sont pas des substances dans la *Métaphysique* d'Aristote, car les substances sont des principes métaphysiques qui existent en tant que réalités éternelles ». Roger Pouivet, en revanche, définit les artefacts comme des substances (des particuliers concrets qui sont des objets) non naturelles, qui dépendent ontologiquement des personnes (ils ne peuvent pas exister sans elles, et cesseraient d'exister sans elles).

le paysage musical, ils frappent à la porte de la catégorie des instruments de musique, mais l'auditeur ne sait à quelle science se vouer pour lui répondre. Pour dépasser cette confusion, il faudra mener une enquête plus approfondie. L'instrument de musique n'est pas un concept historique, décrivant un objet ayant existé à une époque bien précise, mais un concept très large, à la fois historiquement, géographiquement et conceptuellement. Nous avons ainsi fait le choix d'affirmer que le concept d'instrument de musique est un concept ouvert, qui est susceptible d'englober de nouveaux éléments à mesure que l'Histoire en découvre. Pour expliciter ces changements, il nous faut mener une étude qui aille au-delà de l'expérience de l'auditeur et cela requiert l'examen du philosophe, d'où notre départ pour une enquête ontologique. Troisième écueil : comment considérer le son résultant comme « musical » ? J'écoute le cuisinier fouetter la crème, je peux accompagner son rythme régulier en sifflant : le cuisinier joue-t-il d'un instrument de musique ? Ici on se heurte à la définition de la musique.

Définir parfaitement l'instrument de musique nécessite de d'abord savoir ce qu'est la musique. Bernard Sève écrit ainsi que « un instrument de musique est un artefact (et non un organe naturel) produisant des sons considérés comme musicaux⁸ ». Mais les instruments sont utilisés dans des cultures qui ne possèdent pas de mot équivalent au mot musique, des cultures où danse et rythme sont la même chose. André Schaeffner, dans son *Origine des Instruments de Musique*, renvoie la définition de l'instrument de musique à celle de la musique, et, devant la vanité de l'entreprise, renonce à toute tentative de définition :

Pouvons-nous définir le terme d'*instrument de musique* ? Autant peut-être nous demander s'il existera jamais une définition de la musique, qui soit précise et valable en tous les cas, qui réponde également à toutes les époques et à tous les usages de cet art. Le problème des instruments ne touche-t-il pas à celui des limites de la musique ? Un objet est sonore ; à quoi reconnâtrons-nous qu'il est *musical* ? Pour quelles sortes de qualités la musique le mettra-t-elle au rang de ses autres instruments ? Mais ces derniers mêmes, la musique en fait-elle bien « ses instruments » ? Tend-elle à réduire les écarts naturels de leur jeu, à régulariser celui-ci ? Ou bien la pratique croissante des instruments ne l'a-t-elle pas détournée d'imaginer au-delà de leurs imperfections, et la musique n'est-elle partout qu'un produit de leur hasard⁹ ?

8. Bernard SEVE, *L'instrument de musique : une étude philosophique*, L'Ordre philosophique (Paris: Seuil, 2013), p. 156.

9. André SCHAEFFNER, *Origine des instruments de musique*, 2ème éd. (Paris: Mouton, 1980), p. 9.

Ce qui est « musique » dépend des cultures, des époques, des civilisations. Mais l'expérience de la musique est universelle : qu'elle soit écoutée pour elle-même ou mêlée à la danse, à la chasse, à la guerre, à l'apprentissage, aux cultes et aux cérémonies, à tous les événements et les pratiques de la vie ordinaire, qu'elle soit indépendante ou intriquée à une action ou à un texte, la musique est partout.

Ainsi, la notion de musique – ce qui, dans le son ou parmi les sons, est musical – est particulière à une société et à une époque. Chez les anciens, l'harmonie est une science mathématique, qui exprime de manière sensible l'harmonie de l'univers. Le Moyen-Âge s'appuie sur la théorie de Boèce qui distingue les trois musiques que sont la musique des sphères, abstraite harmonie du monde, la musique humaine, unissant l'âme et le corps harmonieusement, et la musique instrumentale. C'est particulièrement à la musique humaine que s'intéresse Descartes dans son *Compendium musicae*, la musique qui suscite des passions en touchant l'âme, autrement dit qui émeut. On juge la musique par le plaisir qu'elle suscite. Descartes étudie la musique sous l'angle de l'acoustique physique, de la perception sensorielle et de l'arithmétique, sans oublier l'effet de la musique sur l'auditeur. Pour lui (comme pour d'autres), l'harmonie est une science rationnelle, et la mélodie s'adresse à la sensibilité. L'écriture s'est développée depuis les neumes du IX^{ème} siècle jusqu'à donner des partitions de plus en plus complexes et détaillées, au point que la composition ne peut plus se passer de l'écriture¹⁰ ; ce qui a pu conduire la musique à être considérée comme un art de la trace, où l'œuvre s'inscrit sur du papier. La musique supporte le dualisme d'être à la fois quelque chose de l'ordre de l'événement, qui ne dure que lorsqu'elle est en train d'être jouée, et de comporter des œuvres qui traversent les siècles et paraissent éternelles, immatérielles. Aujourd'hui, le mot musique est aussi appliqué aux structures sonores complètement déterminées et enregistrées sur support, tout comme aux processus aléatoires de John Cage. On aurait pu donner un autre nom à la musique conçue et enregistrée en studio (parfois appelée *tape music*¹¹ dans les milieux anglophones) ; on aurait pu parler de phonographie, et ainsi définir une nouvelle catégorie artistique, mais le langage commun a conservé le mot musique¹².

10. Par exemple, la complexité rythmique et polyphonique des motets de Guillaume de Machaut, dont la création semble inimaginable sans le recours à l'écriture, témoigne déjà d'un geste compositionnel caractérisé par l'écriture de partitions.

11. Linda FERGUSON, « Tape composition: An art form in search of its metaphysics », *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 42, n° 1 (1983), p. 17–27.

12. Alessandro ARBO, « Music and technical reproducibility: a paradigm shift », dans Gianmario Borio (éd.), *Musical Listening in the Age of Technological Reproduction* (Burlington: Ashgate, 2015), p. 53–67.

Pour Roger Scruton, ce qui distingue la musique du son non musical, c'est son organisation particulière. Si la poésie ou la construction d'une fontaine demandent aussi un travail sur l'organisation des sons, on a de la musique lorsque le son n'est plus entendu comme causé par sa cause physique, mais causé par le son qui précède, et appelant lui-même le son qui suit. C'est ce que Scruton appelle « the sound as tone¹³ ». C'est cette causalité virtuelle, quand chaque son s'entend comme étant causé ou comme étant la cause d'un autre, qui distingue la musique du son non-musical. Il définit la musique comme du son organisé, manifestant une causalité interne propre, où chaque son apparaît comme étant causé par le son précédent.

Francis Wolff rejoint Scruton sur cette idée : « la musique est l'art des sons. Mais les sons ne nous paraissent arrangés par l'art que lorsqu'ils sont intelligibles par eux-mêmes¹⁴ » ; la musique est « la *représentation d'un monde imaginaire d'événements purs*¹⁵ », sans choses représentées ; la musique montre des événements fictifs et sans objets, qu'elle fait elle-même exister. Ils existent par cette causalité interne, qui apparaît comme constitutive de la musique : un son sonne comme s'il était causé par le son précédent. C'est une « causalité horizontale, diachronique, imaginaire, des sons aux sons¹⁶ », elle n'est pas nécessaire, mais imaginaire et rétrospective. Ces définitions sont bien éloignées de ce que dit Luciano Berio de la musique : « La musique est tout ce que l'on écoute avec l'intention d'écouter de la musique¹⁷ ». L'attitude de l'auditeur serait alors en mesure de déterminer ce qui est musique ou non, quel que soit le contenu sonore. Edgard Varèse préférerait aussi une définition plus large et plus flexible de la musique. Il pressent que « le terme "musique" semble s'être peu à peu restreint jusqu'à signifier beaucoup moins qu'il ne devrait¹⁸ », et il préfère ainsi employer le terme de « son organisé » plutôt que « musique ».

Pour Bernard Sève, « le son musical est d'abord un son délibérément produit par le corps humain¹⁹ » : la voix et l'instrument de musique sont donc une première condition du son musical. Il explique aussi que « la constitution d'échelles discontinues et de

13. Roger SCRUTON, *The Aesthetics of Music*, Reprint (Oxford: Oxford University Press, 2009), p. 19.

14. Francis WOLFF, *Pourquoi la musique ?* (Paris: Fayard, 2015), p. 58.

15. WOLFF, *Pourquoi la musique ?*, p. 56.

16. WOLFF, *Pourquoi la musique ?*, p. 57.

17. Luciano BERIO, Rossana DALMONTE, et Bálint András VARGA, *Two Interviews* (New York: M. Boyars, 1985), p. 19.

18. Edgard VARESE, *Écrits*, éd. par Louise Hirbour, trad. par Christiane Léaud, (Paris: Bourgois, 1983), p. 108.

19. Bernard SEVE, *L'altération musicale, ou, ce que la musique apprend au philosophe*, Poétique (Paris: Seuil, 2002), p. 85.

gammes, la fabrication d'instruments spécifiques, l'organisation rythmique du temps²⁰ », sont des universaux dans la musique. Certes il existe des exceptions, mais est universel ce qui est repéré presque toujours, la plupart du temps. Pour Aristote, l'universel est « ce qui est toujours et partout²¹ » et la connaissance d'un universel s'acquiert par l'observation : « c'est d'une pluralité de cas particuliers que se dégage l'universel²² ». Sève souligne qu'un contre-exemple ne réfute pas cet universel ; il en constitue une exception, souvent d'ailleurs volontaire²³.

Cependant, il ne faudra pas en rester à cet obstacle de la définition de la musique. La musique résiste à une définition universelle ; cela ne l'empêche pas d'exister, d'animer la vie des hommes et de fasciner tous les peuples. Elle implique l'usage d'instruments et requiert la technique, via des outils qui aident l'homme à agir sur son environnement en produisant d'autres sons que ceux que le corps peut produire. Même sans outils, la voix, le corps, sont technicisés. En effet, si toutes les cultures chantent, il n'y a pas de chant universel ; la voix, fût-elle un instrument, est toujours travaillée. Ainsi, « la voix est déjà quelque chose de technique²⁴ », elle est instrumentalisée et technicisée dans le chant.

1.1.2. Caractéristiques de l'instrument de musique dans le sens commun

Pour le sens commun, chacun sait ce qu'est la musique ; chacun sait aussi, intuitivement, ce qu'est un instrument de musique. Cette connaissance implicite et immédiate que nous avons des instruments de musique nous permet de les identifier sans avoir besoin de les définir. Ce sont des objets du quotidien ou presque, intégrés dans des pratiques où s'allient des comportements et des représentations. La notion d'instrument de musique fait partie du sens commun.

Mais qu'est-ce que le sens commun ? En termes essentiels, on peut dire que c'est l'ensemble des croyances ordinaires, préthéoriques, basées sur l'expérience quotidienne, reflétant une certaine image du monde et de ses éléments. Sophia Rosenfeld le décrit ainsi :

20. SEVE, *L'altération musicale*, p. 11.

21. ARISTOTE, *Seconds Analytiques*, trad. par Jules Tricot (Paris: Vrin, 1983), I, 31, 87 b.

22. ARISTOTE, *Seconds Analytiques*, I, 31, 88 a.

23. Ainsi des musiques qui se passent de notes, de rythmes (les musiques spectrales), ou même de la musique elle-même (4'33" de John Cage).

24. Jonathan DE SOUZA, « Voice and Instrument at the Origins of Music », *Current Musicology*, n° 97 (2014), p. 30.

Dans son acception courante, le sens commun est l'expression que nous utilisons parfois pour parler de la faculté humaine fondamentale qui permet de formuler des jugements élémentaires sur des questions quotidiennes, fondées sur notre expérience du monde réel [...]. Mais nous définissons aussi le sens commun comme les conclusions largement partagées et apparemment évidentes tirées de cette faculté, les truismes auxquels toute personne sensée acquiesce sans débat et même sans discussion, dont les principes relatifs aux quantités, aux différences et aux notions de prudence, de cause et d'effet. Quoi qu'il en soit, le sens commun est censé définir ce qui appartient en propre et en commun à tous les humains, où que ce soit dans le temps et dans l'espace²⁵.

Le sens commun n'est pas un simple ensemble de croyances, croyances ordinaires ou populaires. C'est ce qui conditionne nos comportements quotidiens, indépendamment des cultures et des époques. Concernant les instruments de musique, Phillip Alperson affirme que

selon le sens commun, les instruments de musique sont des outils utilisés par des performeurs pour faire de la musique. Typiquement, on pense aux instruments comme des objets matériels discrets et auto-consistants, construits intentionnellement pour l'usage de musiciens, dans l'objectif de faire de la musique en performance²⁶.

Le sens commun dispose d'une bonne idée de ce que sont les instruments de musique. Mais cette idée peut être mise à l'épreuve : parfois, le sens commun ne sait pas comment traiter de problèmes nouveaux, là où ni l'expérience, ni les croyances n'existent encore. D'où les divergences d'opinions devant les nouveaux objets des musiques numériques, voire parfois, l'absence de réponse : on ne sait pas si l'on doit nommer cet objet ou ensemble d'objets instrument de musique, et on préfère employer d'autres mots (interface*, outil musical, contrôleur*), ou bien se taire. Une étude lexicale menée auprès d'utilisateurs du Méta-Instrument (un contrôleur gestuel, voir 2.4.2.2, p. 128), et auprès d'experts des interfaces numériques, a montré la diversité du vocabulaire employé pour désigner le Méta-Instrument²⁷. L'utilisation de ce nouvel objet ne crée pas de

25. Sophia A. ROSENFELD et Christophe JAQUET, *Le sens commun : histoire d'une idée politique* (Rennes: Presses universitaires de Rennes, 2014).

26. Philip ALPERSON, « The Instrumentality of Music », *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 66, n° 1 (2008), p. 37-51.

27. Caroline CANCE et Hugues GENEVOIS, « Questionner la notion d'instrument en informatique musicale : analyse des discours sur les pratiques du Méta-Instrument et de la Méta-Mallette », dans *14èmes Journées d'Informatique Musicale* (ACROE, Grenoble, 2009), p. 133 [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00377207>, consulté le 12 avril 2018] ; Caroline CANCE, Hugues GENEVOIS, et Danièle DUBOIS, « What is instrumentality in new digital musical devices? A contribution from cognitive linguistics and psychology »,

consensus quant à son appellation ; les différents groupes sondés montrent des difficultés à le définir. Devant une situation nouvelle, étrangère aux pratiques habituelles, « il y a sans cesse négociation et entrelacs²⁸ » pour définir l'instrument.

Mais tant que le sens commun ne se heurte pas à ces nouveaux défis, on peut identifier quelques critères qui caractérisent couramment les instruments de musique – des critères de sens commun. Ces critères ne sont pas des conditions suffisantes. Ils sont parfois considérés comme nécessaires, mais ce n'est pourtant pas si évident, comme nous allons bientôt le voir. Ils décrivent en tout cas des caractéristiques couramment observées et donc attendues chez les instruments de musique.

Le premier critère est celui de la production sonore : un instrument de musique doit être capable de produire du son, sous l'action d'un musicien.

Il doit aussi requérir la présence et l'action du musicien pour être mis en œuvre : pour produire du son. Ce critère a été mis au défi quand les instruments automatiques ont pris place sur scène, dès la fin du XIX^{ème} siècle²⁹. L'apparition des concerts de piano-player, ou piano automatique, a déclenché des polémiques³⁰. On pouvait soudain composer de la musique qui ne nécessitait aucun musicien pour être jouée ; mais était-ce toujours de la musique³¹ ? Ce piano pouvait jouer « tout seul » une pièce inscrite sur une carte perforée. La programmation du jeu remplaçait l'instrumentiste.

Ce deuxième critère s'accompagne d'un troisième, qui affirme que le son produit doit être contrôlé par le musicien. Par ses gestes, ce dernier doit pouvoir maîtriser la production et la modification du sonore. Pour accentuer ce critère, on peut prôner aussi une continuité du contrôle sonore : la force du geste doit correspondre à l'intensité du son.

2009.

28. CANCE et GENEVOIS, « Questionner la notion d'instrument en informatique musicale ».

29. Ce critère, dont se passe les instruments au jeu mécanique (l'orgue de barbarie par exemple), est défié quand le piano s'automatise, mettant au ban le pianiste. L'histoire des instruments automatiques est en effet ancienne. En tout premier, l'orgue hydraulique de l'Antiquité, datant de 865 av. J.-C., aurait pu jouer de manière automatique grâce à des cylindres à pointes (Voir Charles B. FOWLER, « The museum of music: A history of mechanical instruments », *Music Educators Journal* 54, n° 2 (1967), p. 45-49). Ce système de cylindre à pointes, suivi par les cartes ou bandes perforées au début du XX^{ème} siècle, est le principe de nombreux instruments mécaniques comme les boîtes à musiques, les carillons d'églises, les orgues de barbarie ou encore les horloges. Ces instruments sont automatiques, se passant complètement de musicien, ou bien nécessitent d'être activés par une personne (qui tourne la manivelle ou actionne des pédales). Mais le piano au jeu mécanisé vient de la transformation d'un instrument de musique en un instrument où un système mécanique permet d'éliminer l'interprète. Le compositeur peut alors encoder une « partition » directement sur une bande perforée qui sera lue automatiquement – pouvant alors se permettre une virtuosité inaccessible à des mains de pianistes. Voir aussi Alexander BUCHNER, *Les instruments de musique mécanique*, trad. par Philippe Rouillé (Paris: Gründ, 1992).

30. Thomas PATTESON, *Instruments for new music: sound, technology, and modernism* (Oakland, Calif: University of California Press, 2016).

31. Heinz PRINGSHEIM, « Die Mechanisierung der Musik », *Allgemeine Musik Zeitung*, 1925.

Un violoniste, par exemple, d'un grand geste avec son archet, produira un son de forte intensité. Cela n'est pourtant pas vrai dans tous les cas : prenons les instruments à anches, qui demandent un effort physique très important pour soutenir un son piano, et qui émettent un « canard » si le musicien souffle trop fort : cela correspond à une rupture de la continuité dans le contrôle. Souffler plus fort ne va pas toujours produire un son plus fort, et un effort important est nécessaire même dans les nuances *piano*. Et cette exigence de continuité ne concerne que les gestes d'excitation³² : ceux qui mettent en mouvement l'élément vibrant de l'instrument (corde, colonne d'air, membrane ou peau, lame...). Pour ce qui est des gestes de modification (les doigts qui bouchent les trous de la flûte, qui appuient sur la corde du violon pour changer les hauteurs), cette continuité ne s'applique pas.

Il est souvent dit aussi qu'un instrument de musique doit permettre l'expressivité du performeur à travers la musique. C'est une manière de penser communément acceptée, mais l'expressivité est une notion difficile à définir. On entend par expressivité le fait que le musicien puisse transmettre des émotions par son jeu musical, qu'elles soient ses propres émotions, celles du compositeur, ou celles qui seraient inscrites dans la pièce. Mais dans le cadre des études de performances, l'expressivité est plutôt définie par la possibilité de dévier légèrement par rapport à une partition en termes de tempo et d'intensité sonore, et parfois aussi d'articulation et de vibrato³³. Cependant, parmi les instruments acoustiques, il n'en va pas de même entre l'expressivité du violon et celle du triangle. Et en termes d'expressivité corporelle, chaque instrument offre des possibilités différentes. Ainsi le violoniste a plus de possibilité d'être expressif avec tout son corps que le violoncelliste qui ne peut pas quitter sa chaise. Le visage d'un instrumentiste à vent est mobilisé par le jeu, les expressions faciales sont donc plus limitées³⁴.

On considère souvent qu'un instrument de musique compte des virtuoses parmi ses meilleurs praticiens, ainsi qualifiés pour les prouesses techniques et musicales qu'ils accomplissent sur leur instrument. La virtuosité doit pouvoir être recherchée par la

32. Voir plus loin la classification des gestes instrumentaux de Claude Cadoz, p. 45.

33. L'expressivité est ainsi définie par Carl Seashore en 1938 : « l'expression artistique de l'émotion en musique consiste en une déviation esthétique par rapport à la normale – note pure, hauteur exacte, intensité égale, temps métronomique, rythmes rigides, etc. ». Carl E. SEASHORE, *Psychology of Music*. (Read Books Ltd., 2013-1938), p. 9. Cette définition fut beaucoup reprise, par exemple par Eric CLARKE, « Understanding the psychology of performance », dans *Musical performance: A guide to understanding*, éd. par John Rink (New York: Cambridge University Press, 2002), p. 59–72.

34. Ainsi, il n'est pas étonnant de compter dans la littérature plus de concertos écrits pour violon que pour cor ou trombone : on aime être séduit par l'expressivité du soliste.

pratique. Dix ou vingt années de pratique assidue sont généralement requises pour atteindre un niveau professionnel.

Les caractéristiques conférées aux instruments de musique par le sens commun ne sont donc pas toujours cohérentes ou soutenables. Certaines s'appliquent souvent mais pas toujours, d'autres, comme l'expressivité par exemple, sont des caractéristiques vagues ou mal définies. La virtuosité est une notion associée à l'instrument de musique, en cela qu'elle permet de répartir les praticiens d'un même instrument selon des grades de différents niveaux, mais elle n'est pas constitutive de la définition de l'instrument.

Cependant, il nous faut aussi considérer que l'identité de l'instrument de musique dépasse le seul objet matériel. Pour le comprendre dans sa globalité, il faut aussi considérer ses composantes musicales, culturelles, idéologiques. Mais tout d'abord, on peut constater que les limites physiques de l'instrument de musique sont floues : les ongles du guitariste par exemple, ou les lèvres du trompettiste, contribuent grandement à la qualité du son. Le musicien prend soin de ses ongles, les taille, pour avoir un bon rendu sonore. Tout comme la colonne d'air qui vibre, traversant à la fois la trachée, le larynx, la bouche et le tube de la clarinette, ils pourraient faire partie de l'instrument autant que du corps du musicien. L'instrument est en continuité du corps du musicien, et Alperson parle d'entités incarnées, « embodied entities³⁵ ». Relisant André Schaeffner et son *Origine des instruments de musique*, Peter Szendy décèle une continuité entre le corps humain du musicien et l'instrument de musique, allant jusqu'aux espaces acoustiques des théâtres. Le torse frappé ou le théâtre sont autant de caisses de résonance pour celui qui se frappe la poitrine ou celui qui projette sa voix depuis la scène. Pour Schaeffner, la musique naît dans la danse, lorsque l'on frappe des mains et des pieds³⁶. On fait ensuite sonner des objets attachés au corps, puis on agit un manche auquel sont attachés d'autres objets. Par « extériorisation ou exsudation », l'instrumentalité s'extrait du corps, « elle *pousse* et *presse* pour surgir, protubérante et prothétique, à travers les parois du corps-réservoir³⁷ ». C'est sous le vocable d'*aréalité* que Szendy aime à parler d'instrumentalité. L'*aréalité* décrit la faculté des objets ou des corps à disposer d'une aire, donc d'être un espace et ses limites. Se frapper la poitrine, c'est créer une distance entre la main qui frappe et le torse

35. ALPERSON, « The Instrumentality of Music ».

36. Anne BOISSIERE, « André Schaeffner et les origines corporelles de l'instrument de musique », *Methodos*, n° 11 (2014) [<http://methodos.revues.org/2481>, consulté le 27 novembre 2016].

37. Peter SZENDY, *Membres fantômes. Des corps musiciens* (Paris, Minuit, 2013), p. 126.

qui résonne, comme résonnerait le tambour. « De ce point de vue, il n'y a aucune différence entre la voix projetée pour elle-même et une trompe³⁸ ». Que le résonateur fasse partie du corps humain ou lui soit extérieur ne change rien à sa manière d'être instrument, et le théâtre est une caisse de résonance pour l'acteur tout comme celle du violon pour ses cordes. L'instrument de musique peut donc être vu dans la continuité du corps humain, sans qu'aucune frontière ne les délimite efficacement.

De plus, l'instrument de musique comprend une dimension culturelle et historique. Dans ses travaux organologiques, Kevin Dawe considère que

les instruments de musique sont vus comme des objets existant à l'intersection des mondes matériels, sociaux et culturels, comme étant socialement et culturellement construits, dans leurs métaphores et significations, dans l'industrie et le commerce, et modelant activement la vie sociale et culturelle³⁹.

Les instruments de musique sont imprégnés de valeurs et de représentations culturelles, culturelles, historiques et sociales⁴⁰. Ainsi, le sens commun attribue implicitement certaines représentations aux instruments de musique. Cela passe d'abord par le répertoire : un instrument est souvent associé à un certain type de musique. Ainsi, le violon et le fiddle, bien qu'étant physiquement presque identiques, peuvent être considérés comme deux instruments différents, tant le répertoire qu'ils interprètent et leurs techniques de jeu leur confèrent deux styles, deux identités différentes. Ils appartiennent à deux univers musicaux distincts. On peut trouver un autre exemple avec les différents types de guitares : entre la guitare classique, la folk, la guitare électrique du groupe de rock, on a déjà trois identités différentes (pour ne pas parler de la guitare électroacoustique, de la guitare « manouche », etc.). On peut aussi évoquer les instruments historiques, qui sont de par leur constitution liés à un répertoire d'une certaine époque : la viole de gambe et la flûte à bec par exemple, sont fortement associées au répertoire baroque, même s'il existe des créations contemporaines capables de se les

38. SZENDY, p. 127.

39. Kevin DAWE, « People, Objects, Meaning: Recent Work on the Study and Collection of Musical Instruments », *The Galpin Society Journal* 54 (2001), p. 219-232.

40. Dans son étude des objets techniques en général, Gilbert Simondon note déjà l'importance de considérer les outils et instruments dans leur contexte. Hors de leur milieu d'invention et d'usage, les instruments risquent de perdre leur sens, au moins en partie. « La prise de conscience des modes d'existence des objets techniques doit être effectuée par la pensée philosophique », Gilbert SIMONDON, *Du mode d'existence des objets techniques*, Editions Mouton (Paris: Aubier, 1958), p. 9. Voir aussi Gilbert SIMONDON, *L'invention dans les techniques : cours et conférences*, éd. par Jean-Yves Chateau (Paris: Seuil, 2005).

réapproprié et de les désenclaver de leur appartenance d'origine. Pour un exemple géographique, le erhu est dédié à la musique chinoise : ses sonorités, ses accents et ses glissandos se prêtent au mieux à ce répertoire.



Figure 3 : Image du erhu, instrument traditionnel chinois⁴¹. La mèche de l'archet se glisse entre les deux cordes.

Les instruments de musique comportent aussi parfois une marque de choix musicaux : le découpage de la gamme inscrit dans l'instrument (via les frettes d'une guitare ou les touches d'un clavier) circonscrit l'instrument aux gammes tempérées ou bien à des modes orientaux (les frettes du târ, instrument traditionnel iranien, permettent de jouer des quarts de tons). On peut aussi citer en exemple les instruments de Harry Partch, qu'il a construits pour jouer dans une gamme à 43 degrés⁴². Chacun possède une technique propre ainsi qu'une écriture spécifique. Dans ce sens, « l'instrument de musique est une archive⁴³ » : il contient une trace physique du système musical auquel il appartient.

Enfin, les instruments peuvent contenir une charge conceptuelle ou idéologique. Certains instruments sont dédiés à une certaine pratique et s'y identifient : par exemple, le Gumbri est utilisé dans la transe Gnawa⁴⁴. Sorti de ce contexte, il y reste toujours

41. <https://www.chinawhisper.com/wp-content/uploads/2012/12/Erhu.jpg>, consulté le 12/07/2018.

42. Par exemple, le Chromelodeon est un harmonium avec 43 touches par octave. Les touches sont colorées et indiquent des chiffres, qui représentent les ratios représentant les notes dans ce système d'accord. Le Diamond Marimba est un marimba dont les lames sont assemblées en formant un losange pour mettre en pratique une organisation géométrique des différentes hauteurs de son.

43. SEVE, *L'instrument de musique : une étude philosophique*, p. 209.

44. Le Gumbri est un instrument à trois cordes épaisses avec une caisse de résonance rectangulaire

connoté et associé à la transe. La Nyckeharpa est associée aux musiques et danses folks suédoises. Dans la mythologie grecque, la lyre et l'aulos possèdent des connotations particulières : la lyre, instrument parfait, représente l'harmonie, elle s'accorde selon des rapports chiffrés et elle est l'instrument d'Apollon, dieu de la beauté. L'aulos est un instrument dont on se méfie, car Athéna l'aurait jeté loin d'elle, voyant son visage se déformer quand elle en jouait⁴⁵.

L'instrument de musique est donc un concept qui dépasse le simple objet. Comme le soulignent brièvement Cance et Genevois, « le concept désigné par le mot “instrument” inclut aussi le statut accordé à un outil dans un cadre historique, culturel, social, et inscrit dans des pratiques musicales⁴⁶ ». Si, au premier abord, on pense pouvoir le circonscrire facilement, on est vite détrompé, en premier lieu face aux incohérences se trouvant dans les caractéristiques que l'on estime pouvoir leur assigner. On croit bien savoir ce qu'est un instrument de musique, mais cela ne s'applique que pour les objets qui nous précèdent. Quand survient une nouveauté, le sens commun n'est plus capable de se représenter ces objets dans une catégorie définie, et les croyances populaires n'existent pas : le nouvel objet définit quelque chose de nouveau, il doit créer une nouvelle place dans les pratiques sociales pour y forger son identité. Alors s'établiront de nouvelles pratiques et habitudes, de nouvelles considérations, et cet objet aura forgé autour de lui un nouveau jeu de croyances, permettant aux utilisateurs de le définir communément. Ainsi, si le sens commun établit des définitions implicites des objets du monde, il n'apporte cependant ni définition explicite et systématique des instruments de musique, ni considération cohérente des objets nouveaux.

couverte d'une peau. Le musicien frappe la peau tout en jouant les cordes. Il mène la danse des adeptes lors de rituels festifs ou thérapeutiques, pouvant conduire à la transe.

45. Enrico FUBINI, *Les philosophes et la musique*, Musique-musicologie 13 (Paris: H. Champion, 1983) ; Bernadette LECLERCQ-NEVEU, « Marsyas, le martyr de l'Aulos », *Mètis. Anthropologie des mondes grecs anciens* 4, n° 2 (1989), p. 251-268. L'aulos (appelé aussi tibia dans le monde romain) est un instrument à vent à anche (simple ou double), joué souvent par paire (l'aulète tient un instrument dans chaque main et souffle dans les deux à la fois).

46. CANCE et GENEVOIS, « Questionner la notion d'instrument en informatique musicale », dans *14èmes Journées d'Informatique Musicale*. ACROE, 2009. p. 133.

1.1.3. *L'instrument de musique dans la littérature*

1.1.3.1. *Prémices organologiques*

Pendant des siècles, la question philosophique de l'instrument de musique semble présenter un intérêt limité. En effet, depuis l'Antiquité grecque, la musique est objet de connaissance et de spéculation plus qu'un art de la performance, comme on pourrait l'entendre aujourd'hui. Elle reflète la beauté d'un ordre cosmique supérieur, l'harmonie des sphères, que l'on peut étudier par l'arithmétique. D'un autre côté, la musique que l'on joue a un pouvoir psychologique : elle peut calmer ou au contraire énerver les hommes⁴⁷. Pour Platon, la musique a un rôle moral ; elle est nécessaire à l'éducation du citoyen romain, mais son pouvoir sur l'âme présente un certain danger. On doit prendre garde à jouer de la musique qui élève l'âme et éduque à la Beauté, et non une musique enivrante qui excite les passions⁴⁸. La musique vocale a la faveur du philosophe, et les instruments de musique ne lui semblent pas nécessaires – en particulier l'aulos qui, « avec sa capacité à produire des notes aux nuances infinies, est spécialement exclu⁴⁹ ». Les instruments de musique sont ainsi bien peu étudiés. Durant tout le Moyen-Âge, la musique est un objet de connaissance rationnelle et théologique ; Dieu est la source de toute harmonie et la musique conduit à sa contemplation⁵⁰. Les traités concernent bien plus la théorie (les règles de l'harmonie et du rythme) que la mise en corps des sons, et l'étude des instruments demeure périphérique. Aux premiers siècles de notre ère, on divise la musique en trois domaines⁵¹ : la *musica mundana* (harmonie céleste, ou la musique inaudible produite par le mouvement des sphères), la *musica humana* (harmonie du corps et de l'esprit humains, également inaudible), et la *musica instrumentalis*⁵², théorie de la

47. Thomas J. MATHIESEN, « Antiquity and the Middle Ages », dans *The Routledge Companion to Philosophy and Music*, éd. par Theodore Gracyk et Andrew Kania (New York, Routledge, 2010).

48. PLATON, *La République*, trad. par Robert Baccou (Paris: GF Flammarion, 1998) ; Stephen HALLIWELL, « Plato », dans *The Routledge Companion to Philosophy and Music*, éd. par Theodore Gracyk et Andrew Kania (New York: Routledge, 2010).

49. Thomas J. MATHIESEN, *Apollo's lyre: Greek music and music theory in antiquity and the Middle Ages*, Publications of the Center for the History of Music Theory and Literature, v. 2 (Lincoln, Neb: University of Nebraska Press, 1999), p. 160. L'aulos s'éloigne de l'harmonie parfaite, car les hauteurs des sons sont modulables par le souffle et non fixées, contrairement à la lyre dont les cordes peuvent être accordées avec précision selon les règles de l'harmonie.

50. Saint AUGUSTIN, *De musica : traité de la musique*, trad. par Jean-François Thénard et Marc Citoleux (Paris: Éditions du Sandre, 2006). Saint Augustin consacre le sixième livre de son traité sur la musique (intitulé « De l'harmonie immuable : L'âme s'élève de l'harmonie des choses contingentes à l'harmonie éternelle qui réside dans l'éternelle vérité ») à montrer que la musique doit permettre d'élever l'Hommes vers la contemplation de Dieu.

51. Cette distinction est donnée par Boèce dans *de Institution Musica* (510) ; mais on la trouve en premier lieu chez Clément d'Alexandrie dans ses *Stromates* (fin IIème siècle), sous une forme similaire.

52. « *musica quae in quibusdam constituta est instrumentalis* » selon Boèce. L'interprétation de cette

musique chantée et jouée par des instrumentistes, dont les règles résultent de proportions mathématiques. Les musiciens cependant sont « exclus de l'intelligence de la science musicale⁵³ », en tant qu'ils s'occupent plus à jouer leurs instruments que de comprendre la musique et sa portée métaphysique. Le vrai musicien est « celui qui possède la faculté de juger selon la spéculation et la raison⁵⁴ ». Pour Boèce comme pour saint Augustin, la supériorité de l'esprit sur le corps donne priorité à la connaissance, et la réalisation matérielle de la musique est ainsi négligée, voire méprisée. Aussi dans le monde romain, le métier de musicien est mal considéré⁵⁵. Les instruments de musique sont ainsi délaissés des traités. Boèce, lorsqu'il écrit *De Institutione Musica*⁵⁶ en 510, propose cependant une classification des instruments en trois familles : cordes, vents et percussions⁵⁷. Mais le plus souvent, on ne parle des instruments de musique que pour discuter de leur portée symbolique ou religieuse⁵⁸. Boèce s'adresse non aux musiciens mais aux philosophes et aux religieux de son temps ; il s'intéresse d'ailleurs moins aux instruments contemporains qu'aux instruments historiques et bibliques⁵⁹.

On comprend donc que l'étude systématique des instruments de musique intéresse assez peu les auteurs de l'Antiquité et du Moyen-Âge. Bien des siècles plus tard, le mépris – ou au moins le désintérêt – pour l'instrument retentit encore chez Rousseau, dans l'article sur l'instrument de musique de son *Dictionnaire de la musique* : l'exécution musicale est une partie purement mécanique de la musique, qui « suppose seulement la faculté d'entonner juste les intervalles...[et] ne demande d'autre connaissance que celles des caractères de la musique, et l'habitude de les exprimer⁶⁰ ». La musique se décompose en deux parties, la musique théorique (ou spéculative) et la pratique, celle-ci désignant l'art de la composition (qui est une composition écrite), mais l'interprétation de la musique est négligée.

troisième catégorie évoluera par la suite, pour devenir simplement la musique instrumentale. Voir pour cela Margaret J. KARTOMI, *On concepts and classifications of musical instruments*, (Chicago: University of Chicago Press, 1990), p. 139-140.

53. BOECE, de *Institutione Musica*, I, 34, dans SZENDY, *Membres fantômes. Des corps musiciens*, p. 23.

54. SZENDY, *Membres fantômes. Des corps musiciens*, p. 23.

55. Solange CORBIN, « Musica spéculative et Cantus pratique : Le rôle de saint Augustin dans la transmission des sciences musicales », *Cahiers de Civilisation Médiévale* 5, n° 17 (1962), p. 1-12.

56. BOETHIUS, *Traité de la musique*, trad. par Christian Meyer (Turnhout: Brepols, 2004).

57. Tripartition partagée aussi par Porphyre, puis Cassiodore (*De Institutione Musica*, vers 560). Elle subsistera pendant un millénaire.

58. Chez Origène ou saint Augustin par exemple, comme chez Cassiodore, dont les études des instruments de musique sont motivées par le commentaire des psaumes.

59. Margaret J. KARTOMI, *On concepts and classifications of musical instruments*, p. 140 et p. 160.

60. Jean-Jacques ROUSSEAU, *Le Dictionnaire de musique de Jean-Jacques Rousseau: une édition critique*, éd. par Claude DAUPHIN, (Bern: Peter Lang, 2008), p. 459.

En Occident, il faut attendre le XVI^{ème} siècle pour que l'organologie se développe⁶¹. L'organologie est « la science, c'est-à-dire l'étude descriptive, la classification et la nomenclature des corps producteurs de son et de musique⁶² ». Elle comprend trois approches. Elle est une recherche des origines et des liens de parenté des instruments entre eux, elle comprend aussi « l'étude pratique des instruments », et, enfin, leur classification⁶³. C'est par l'organologie que l'on a cherché à approcher l'instrument de manière théorique, avant de vouloir en proposer des définitions systématiques. Le premier traité d'organologie à avoir été imprimé est celui de Sebastian Virdung, *Musica getutscht und außgezogen*⁶⁴, publié en 1511. Il décrit, illustrations à l'appui, tous les instruments connus de son époque, selon une classification basée sur la manière dont le son est produit. Par la suite, de nombreux traités de musique incluent une étude organologique, dont la plupart conserve la classification en trois catégories issue du Moyen-Âge⁶⁵. C'est la facture des instruments et leur fonctionnement physique (quels éléments vibrent) qui motivent ces classifications, tout comme les suivantes – au détriment sans doute du rôle et de la place des instruments dans les cultures et les sociétés auxquelles ils appartiennent⁶⁶.

61. Ce qui n'est pas le cas dans le reste du monde. La Chine ancienne, dès le quatrième millénaire avant notre ère, classait les instruments en huit catégories selon leurs matériaux principaux (peau, métal, bois, soie, pierre, terre cuite, bambou, calesse), classification dénommée *pa yin*. L'Inde de l'Antiquité nous a laissé le Nâtya-shâstra (ce traité aurait été élaboré entre -500 et 500), traitant des arts de la scène (théâtre, danse, musique et poésie). Ce traité encyclopédique classe les instruments indiens selon leurs propriétés acoustiques, établissant ainsi quatre catégories selon que c'est une corde, une membrane, de l'air ou un corps solide qui vibre. Ces quatre catégories anticipent de deux millénaires la classification de Mahillon et celle de von Hornbostel et Sachs. Nous considérons ici principalement des études occidentales, mais on pourrait mentionner aussi les nombreux systèmes organologiques extra-européens jusqu'à présent recensés, qui diffèrent non seulement par les instruments considérés mais aussi et surtout par les manières de les classer. Les critères peuvent être des considérations acoustiques et structurelles ou bien le rôle de l'instrument dans la société et son utilisation, des connotations religieuses, le rôle des instruments dans un ensemble (comme le gamelan javanais). Certaines classifications s'insèrent dans un système philosophique ou cosmologique (exemple du système chinois *pa yin*, qui a perduré pendant des siècles). Voir pour cela KARTOMI, *On concepts and classifications of musical instruments*. ainsi que Alain DESJACQUES, « La matière et le son : considérations ethnomusicologiques sur les classifications instrumentales », *Methodos. Savoirs et textes*, n° 11 (2011).

62. SZENDY, *Membres fantômes. Des corps musiciens*, p. 23.

63. François-René TRANCHEFORT, *Les Instruments de musique* (Paris: Editions du Seuil, 1980).

64. Sebastian VIRDUNG, *Musica getutscht, Basel, 1511* (Bärenreiter-Verlag, 1931).

65. Ainsi *Le Istitutioni harmoniche* de Zarlino (1558), puis le *Syndagma musicum* de Michael Praetorius (1619), un traité de musique dont le deuxième tome se consacre à la description et à la classification des instruments de musique européens et non-européens. On peut aussi citer *l'Harmonie Universelle* de Marin Mersenne (1636) et *Musurgia Universalis* de Athanasius Kircher (1650), qui comprennent des descriptions des instruments de musique de leur époque. Michael PRAETORIUS, *Syndagma Musicum III*, trad. par Jeffery T. Kite-Powell (Oxford ; New York: Oxford University Press, 2004).

66. Par exemple, Jaap Kunst classe les instruments javanais selon leur rôle musical au sein du gamelan (thème, contrepoint, paraphrase, ponctuation rythmique ou contrôle du tempo) : Jaap KUNST, *The cultural background of Indonesian music* (Amsterdam: Indisch Instituut, 1949) ; Kevin DAWES, « People, Objects, Meaning: Recent Work on the Study and Collection of Musical Instruments », *The Galpin Society Journal*

Un regain d'intérêt pour l'organologie à l'époque contemporaine naît d'un besoin de pouvoir décrire et classer les instruments occidentaux et non occidentaux qui se côtoient dans les musées, notamment dans celui de Victor-Charles Mahillon⁶⁷. Celui-ci propose une nouvelle classification des instruments de musique en quatre familles, selon que l'élément vibrant est une corde, une membrane, de l'air, ou un corps solide⁶⁸. Von Hornbostel et Sachs reprennent, précisent et étendent cette classification⁶⁹. On a ainsi des idiophones (que Mahillon appelait autophones, le corps vibrant est un corps solide), des membranophones (instruments à membranes), des cordophones (instruments à cordes) et des aérophones (instruments à vent). L'identification des instruments par une numérotation précise permet d'éviter les confusions de dénomination liées aux différentes langues⁷⁰, et rend cette classification internationale. Toutes ces organologies considèrent implicitement la définition de l'instrument de musique comme acquise, ou en tout cas comme faisant consensus. Chez Hornbostel et Sachs, les instruments sont simplement « des objets générateurs de sons⁷¹ ». Le but n'est pas de proposer ou de discuter de définitions, mais d'apporter des classifications qui soient aussi utiles et précises que possible. Quelques années plus tard, en 1932, André Schaeffner, alors conservateur du Musée de l'Homme à Paris, publie un article dans la *Revue Musicale* dans lequel il propose une classification dichotomique des instruments, selon que c'est un solide ou de l'air qui vibre⁷². Plus proche de nous, en 1980, François-René Tranchefort publie une nouvelle encyclopédie des instruments de musique. Comme ses prédécesseurs et leurs organologies, il ne cherche pas à définir l'instrument, mais les désigne rapidement comme « machines à faire des sons ». C'est du point de vue du musicien que l'auteur se place : « aux mains du musicien, l'instrument de musique est d'abord un outil dont le maniement

54 (mai 2001), p. 219.

67. Le Musée instrumental du Conservatoire Royal de Musique (aujourd'hui Musée des instruments de musique de Bruxelles), dont Mahillon fut le fondateur en 1877 et le premier conservateur.

68. Victor-Charles MAHILLON, *Catalogue descriptif et analytique du musée instrumental (historique et technique) du Conservatoire Royal de Musique de Bruxelles* (Ghent: A. Hoste, 1893).

69. Erich M. von HORNBOSTEL et Curt SACHS, « Systematik der Musikinstrumente. Ein Versuch », *Zeitschrift für Ethnologie* 46, n° 4/5 (1914), p. 553-590.

70. Certains noms d'instruments sont parfois similaires dans différentes langues et pourtant désignent des instruments très différents – ou à l'inverse : luth, guitare, banjo ou mandoline sont autant de nom pour désigner parfois le même instrument. von HORNBOSTEL et SACHS, 1914.

71. von HORNBOSTEL et SACHS.

72. André SCHAEFFNER, « D'une nouvelle classification méthodique des instruments de musique », *Revue musicale* 10 (1932), p. 11. Il reprend là une classification proposée par al-Farabi (philosophe et oudiste persan) au XXI^{ème} siècle qui considère l'organe percuteur, qui peut être la main ou le système respiratoire. Voir pour cela Geneviève DOURNON, « Instrumentariums et classifications », *Revue de Musicologie* 79, n° 2 (1993), p. 297-307.

plus ou moins habile détermine l'efficacité⁷³ ». L'instrument est donc un objet produisant les sons désirés s'il est utilisé habilement, donc avec la technique appropriée.

Les instruments électriques et électroniques ont progressivement pris une place importante dans le paysage musical ; ils ont aussi cherché leur place dans les organologies, qui peuvent les inclure de différentes manières. Une nouvelle catégorie a été introduite en 1936 par Francis Galpin à la classification de von Hornbostel et Sachs, celle des électrophones⁷⁴. Au contraire, d'autres ont proposé d'étendre cette classification en ajoutant des suffixes aux numérotations des instruments : la lettre A lorsque cet instrument est électriquement amplifié, E quand le son est produit de manière électronique⁷⁵. D'autres ont voulu ajouter une catégorie pour les instruments qui incluent des parties du corps humain : les « corpophones » dont parle Dale Olsen⁷⁶. Enfin, les recherches organologiques contemporaines s'attachent le plus souvent à apporter des détails dans une certaine catégorie d'instruments ou à enrichir les connaissances de données portant sur les contextes musicaux et sociaux, plutôt qu'à établir de nouvelles typologies⁷⁷.

1.1.3.2. Définitions classiques

Ce n'est pas dans les organologies ni les traités sur la musique que l'on a cherché à définir l'instrument de musique. Celui-ci constitue un prérequis à la musique, une donnée implicitement comprise par tous, mais dont la définition importe peu. Ainsi, les essais ontologiques sur l'instrument de musique sont plus tardifs que les études organologiques. On trouvera une première tentative de définir l'instrument de musique dans le *Dictionnaire de Musique* de Rousseau :

Terme générique sous lequel on comprend tous les corps artificiels qui peuvent rendre et varier les Sons, à l'imitation de la voix. Tous les corps capables d'agiter l'air par quelque choc, et d'exciter ensuite, par leurs vibrations, dans cet air agité, des ondulations assez

73. TRANCHEFORT, *Les Instruments de musique*.

74. Francis William GALPIN, *A textbook of European musical instruments: their origin, history and character* (London: Williams & Norgate, 1937). La catégorie des électrophones sera reprise par Sachs peu de temps après : Curt SACHS, *History of Musical Instruments* (New York: JM Dent & Sons Limited, 1940).

75. Michael B. BAKAN et coll., « Demystifying and classifying electronic music instruments », *Selected reports in ethnomusicology* 8 (1990), p. 37-63.

76. Dale A. OLSEN, « Note on "Corpophone" », *Society for Ethnomusicology Newsletter* 20, n° 4 (1980), p. 5.

77. KARTOMI, *On concepts and classifications of musical instruments*.

fréquentes, peuvent donner du Son ; et tous les corps capables d'accélérer ou retarder ces ondulations peuvent varier les Sons⁷⁸.

Remarquons la position “vocaliste” de Rousseau, pour qui les instruments sont guidés par l'imitation de la voix. L'instrument est un objet fabriqué, dont l'élément caractéristique est la production sonore. Ce son produit cherche à imiter la voix et ses accents. Rousseau ne s'attarde cependant pas sur la description des instruments, laissant là la tâche à Diderot⁷⁹. Celui-ci a en effet rédigé l'article « Instrumens (Musique et Lutherie) » de l'*Encyclopédie* :

Ce sont des machines inventées et disposées par l'art du luthier pour exprimer les sons au défaut des voix, ou pour imiter la voix naturelle de l'homme. La musique composée pour être exécutée sur ces sortes de machines, se nomme instrumentale⁸⁰.

La production sonore vise soit à imiter la voix, soit à produire les sons que celle-ci ne peut pas produire.

Plus de cent ans plus tard, Berlioz écrit son traité d'orchestration et y donne une définition très large de l'instrument de musique : « tout corps sonore mis en œuvre par le compositeur est un instrument de musique⁸¹ ». Il accorde au compositeur le pouvoir de « faire » les instruments en les mettant en œuvre : en les faisant sonner dans une œuvre. Toute sorte d'objet pourrait devenir instrument de musique, si un compositeur le désire et l'incorpore dans sa composition. Encore un siècle plus tard, le philosophe Bernard Stiegler définit l'instrument de musique comme « tout ce qui contribue à la production, fixation, reproduction et audition des œuvres ou propositions musicales⁸² ». Peuvent alors être instruments de musique les micros et les chaînes hi-fi autant que les pianos.

Face au délaissement de l'instrument de musique d'une part, et à la confusion des définitions d'autre part, Bernard Sève a mené une investigation philosophique de l'instrument de musique. Son étude est un « chemin réfléchi, qui va de l'invention des

78. ROUSSEAU, *Le Dictionnaire de musique de Jean-Jacques Rousseau: une édition critique*, p. 394.

79. Emmanuel REIBEL, éd., *Regards sur le Dictionnaire de musique de Rousseau : des Lumières au Romantisme*, Musicologies (Paris: Vrin, 2016).

80. Denis DIDEROT, « INSTRUMENS (Musique et Lutherie) », dans *Encyclopédie de Diderot [en ligne]*.

81. Hector BERLIOZ, *De l'instrumentation*, éd. par Joël-Marie Fauquet (Bègles: Le Castor Astral, 1994), p. 21.

82. Bernard STIEGLER, *La technique et le temps, 3 : Le temps du cinéma et la question du mal-être* (Paris: Galilée, 2001).

instruments à l'ontologie de l'œuvre musicale⁸³ ». C'est un parcours dans toutes les dimensions qui caractérisent les instruments de musique, plus qu'un argumentaire pour proposer une définition stricte de l'instrument de musique. Les instruments acoustiques sont au cœur de sa réflexion. Il mène une exploration d'abord extérieure des instruments, puis des relations entre instruments et instrumentistes, pour défendre trois thèses : 1) que l'instrument de musique est un universel anthropologique, 2) que la musique est le seul art à user d'instruments (au sens d'un objet nécessaire à l'existence de la musique : la musique existe uniquement par et pendant l'usage des instruments), et 3) que la musique n'existe que grâce à ces instruments, à leurs développements et prolifération. Il montre ensuite qu'il existe différentes manières de présenter les instruments de musique. Une présentation esthétique (où l'on montre l'instrument dans son contexte musical)⁸⁴, une présentation discursive (qui elle, fait appel à des définitions et à des classifications), et une présentation par la notation (l'écriture exemplifie les possibilités d'un instrument).

Sève établit une classification de « l'ensemble des objets techniques délivrant de la musique (délivrant, c'est-à-dire produisant ou reproduisant)⁸⁵ », selon le degré de gestuelle impliqué. En premier lieu viennent les instruments acoustiques, puis les instruments acoustiques électriquement amplifiés. Arrivent ensuite les instruments électro-acoustiques (production et amplification du son dépendent d'un montage électrique et électronique), puis les instruments de reproduction mécanique de sons prédéfinis, nécessitant continuellement un musicien manipulateur (l'orgue de barbarie par exemple). La cinquième catégorie est celle des « instruments de l'ingénierie informatique destinés à la composition et à la production musicale⁸⁶ », et la dernière, celle des instruments de reproduction et de diffusion. La gestuelle y est la plus minime : poser un disque et appuyer sur *play* permet de faire entendre de la musique. Pour l'avant-dernière catégorie, Sève pense aux ordinateurs et aux logiciels* de composition et de synthèse sonore*. Il n'inclut donc pas dans cette classification ce qu'il appelle les « néo-instruments » de la lutherie informatique qui intègrent une composante fortement gestuelle. Cette classification pourrait être complétée avec une catégorie hybride, alliant

83. SEVE, *L'instrument de musique*, p. 19.

84. Voir aussi : Bernard SEVE, « Utilisation et « présentation esthétique » des instruments de musique », *Methodos*, n° 11 (2014) [<http://journals.openedition.org/methodos/2569>, consulté le 6 juin 2018].

85. SEVE, p. 20.

86. SEVE, p. 20.

celle des instruments électro-acoustiques, pour lesquels la production et l'amplification sont électroniques, et celle des instruments de l'ingénierie informatique.

Sève consacre son étude aux instruments de la première catégorie, c'est-à-dire les instruments acoustiques. Cette classification a l'avantage de distinguer les instruments de musique parmi tous les objets servant à la réalisation, au jeu et à l'écoute de la musique. D'autres définitions, au contraire, incluent tous ces objets dans un même ensemble. Ce sont des définitions très larges. Elles considèrent tous les objets de la musique, avec ou sans technologies électroniques. Rappelons celle de Stiegler, selon qui « tout ce qui contribue à la production, fixation, reproduction et audition des œuvres ou propositions musicales⁸⁷ » est instrument de musique. Sève propose plutôt de les désigner comme des « instruments *de la* musique » : ce sont tous les objets utiles à l'existence de la musique sous toutes ses formes, vivante et enregistrée. Ainsi les métronomes, les sourdines, les partitions, la baguette du chef d'orchestre, tout comme le microphone et la chaîne hi-fi, sont des instruments de la musique. Alperson voit aussi dans l'instrument une catégorie d'objets très large, où les compositeurs et les publics ont, eux aussi, leurs instruments⁸⁸. L'instrument de musique, pour lui, n'est pas seulement un objet qui fait de la musique, mais peut aussi être toute chose qui sert à la production de la musique. Ainsi la baguette est l'instrument du chef d'orchestre, la salle de concert et les écouteurs sont des instruments pour les auditeurs, les logiciels d'aide à la composition ou d'édition de partition sont ceux des compositeurs. Cette démarche qui consiste à tout inclure dans la définition d'instrument de musique revient à en dissoudre le concept, accomplissant l'amalgame entre l'instrument de musique et les instruments *de la* musique, ceux qui aident à la réalisation, mais qui ne sont pas coexistant au jeu de la musique. On y perd ce qui fait la spécificité des instruments de musique : le jeu, l'interprétation et la performance vivantes, le rapport direct au son. La baguette du chef d'orchestre ne produit pas de musique ; elle aide les musiciens, mais n'est pas nécessaire (le chef peut diriger sans). Les salles de concert aident à la production musicale et à l'écoute, elles influent sur la qualité de la transmission du son des musiciens aux auditeurs, mais ne sont pas non plus indispensables pour le jeu de la musique (même si elles ont pu contribuer à son développement en rendant possible l'écoute de la musique lors de concerts totalement

87. STIEGLER, *La Technique et le Temps*, p. 126.

88. ALPERSON, « The Instrumentality of Music ».

dédiés à la présentation musicale). Il faut donc chercher des critères plus restrictifs permettant de définir l'instrument de musique.

Pour Sève, l'universel dans un instrument de musique est « le geste qui fixe, dans un objet physique fabriqué à cet usage (ou, parfois, détourné à cet usage), le désir et la possibilité matérielle de produire des sons différents de ceux que la voix humaine peut produire⁸⁹ ». Le geste est donc un élément incontournable de l'instrument de musique. Il y a aussi des instruments d'instruments (les archets) ; des accessoires (la colophane) ; des modificateurs externes (les sourdines) ; et des instruments de la musique (les métronomes). Cette classification incluant tous les objets annexes de la musique, et pourtant aussi essentiels que les archets et sourdines, permet de réserver une place particulière à l'instrument de musique, et de ne pas le confondre au milieu de tous les outils de la musique, comme le feraient Stiegler ou Alperson. En effet, si tout devient instrument de musique, alors les dimensions de geste, de jeu, et même de musicien, disparaissent ; s'efface aussi tout ce qui fait la spécificité des instruments de musique au sens de Sève.

Sève aboutit à quatre critères définissant l'instrument de musique acoustique. C'est un objet technique fabriqué par l'homme, artefact assemblé, séparé du corps ; il est mis en œuvre par le corps avec transformation d'énergie ; c'est un compromis de qualités techniques et musicales ; et il est souvent travaillé comme un objet d'art. Si l'on se passe du quatrième critère, moins essentiel, on a : « un instrument de musique est une machine artificielle, spatialement séparable du corps humain, susceptible d'être réparée morceau par morceau, et permettant de transformer l'énergie produite par le corps de la personne qui en joue en sons considérés comme musicaux par la culture dans laquelle l'instrument est utilisé⁹⁰ ». Toute cette étude est donc centrée sur l'instrument de musique acoustique. La classification des objets techniques de la musique, vue plus haut, ne considère pas les nouveaux instruments numériques, ceux qui allient un geste corporel à des algorithmes* de synthèse audionumérique*. Ils combinent création numérique des signaux, production et amplification électroniques des ondes sonores, et un haut degré de gestuelle impliquée. Nous verrons par la suite qu'avec les nouveaux instruments numériques, le geste, loin de disparaître, s'inscrit dans une relation tout à fait différente avec l'instrument.

89. SEVE, *L'instrument de musique*, p. 81.

90. SEVE, *L'instrument de musique*, p. 169.

Rappelons aussi, dans cet état de l'art, la position de Claude Cadoz, qui examine l'instrument de musique sous l'angle du geste instrumental⁹¹. Pour lui, la continuité du transfert de l'énergie entre le corps du musicien et la diffusion du son est une caractéristique essentielle de l'instrument de musique, c'est la condition du geste instrumental. L'instrumentiste engage son énergie physique pour actionner l'instrument, mettant en vibration ses éléments. Une partie de l'énergie du musicien est transmise au son grâce à ce geste d'excitation : la puissance sonore est fournie par l'énergie musculaire du musicien. Outre le geste d'excitation, les gestes de modification et de sélection sont les autres gestes instrumentaux de la classification de Cadoz. Par exemple, le doigt de la main gauche du violoniste qui presse une corde pour changer la hauteur d'une note effectue un geste de modification, et le bras droit qui se lève pour poser ensuite l'archet sur l'une ou l'autre des cordes effectue un geste de sélection. Ces deux derniers types de gestes sont nécessaires pour de nombreux instruments de musique, mais le geste d'excitation est le plus essentiel des gestes instrumentaux : c'est lui qui est la condition du geste instrumental, car il fournit l'énergie utile à la production sonore. Selon Cadoz, « un geste n'est pas instrumental quand l'énergie intrinsèquement consommée par le phénomène résultant n'est pas de source humaine⁹² ». Remarquons que déjà l'orgue présente une rupture entre l'énergie du musicien et l'énergie sonore : une soufflerie active les vibrations de l'air dans les tuyaux, quelle que soit l'énergie que l'organiste applique sur le clavier. Le cas de l'orgue constitue néanmoins une exception. Outre l'orgue portatif, courant au Moyen-Âge, c'est un instrument très lié aux églises, il est souvent aussi monument d'architecture, et en général, l'organiste en joue caché dans sa tribune. L'orgue est ainsi resté un instrument « à part », et l'exception qu'il constitue n'a pas empêché la règle d'exister, celle qui énonce que la transmission de l'énergie depuis le corps du musicien jusqu'au son se fait de manière continue⁹³.

Avec les instruments électroniques ou numériques, la puissance sonore est fournie par l'énergie électrique : ce n'est plus une exception, mais de nouvelles familles d'instruments qui brisent la chaîne de transmission de l'énergie. Ainsi, pour Cadoz, dans un sens strict, « l'ordinateur n'est pas un instrument⁹⁴ » car l'énergie corporelle n'est

91. Claude CADOZ, « Musique, geste, technologie », *Les nouveaux gestes de la musique*, 1999, p. 47-92 ; Claude CADOZ, « Continuum énergétique du geste au son ».

92. CADOZ, « Musique, geste, technologie », p. 63.

93. SEVE, *L'instrument de musique*, p. 162.

94. CADOZ, « Musique, geste, technologie », p. 91.

engagée dans aucun geste instrumental. Or, « travailler son instrument, c'est toujours travailler son propre corps⁹⁵ ». L'ordinateur est plutôt « une représentation d'instrument⁹⁶ ». Le musicien peut « se placer dans une relation “de type instrumentale”, une représentation de relation instrumentale⁹⁷ », et les claviers et autres contrôleurs MIDI* sont des déguisements d'instruments selon Cadoz, et non de véritables instruments de musique. Cela fait écho au discours de Luciano Berio sur les synthétiseurs* et instruments électroniques : « ce ne sont pas des instruments – quelque chose de plutôt différent⁹⁸ ». Sa motivation à ne pas accorder le statut d'instrument de musique aux synthétiseurs électroniques est pourtant différente. Les synthétiseurs sont pensés pour assister le travail de composition, ils transforment la relation que le musicien peut avoir à l'instrument, et même au matériau musical. « Un compositeur ne peut pas penser musicalement avec ces machines, il se retrouve appauvri par elles d'une manière ou d'une autre⁹⁹ ».

Sève soutient aussi l'idée que l'instrument de musique implique gestualité et transfert d'énergie. Y inclure les ordinateurs et magnétophones serait alors « dissoudre le concept d'instrument¹⁰⁰ ». L'exemple qu'il emploie est celui de Pierre Henry avec ses *Variations pour une porte et un soupir*, et de la suite *Little Boy* de Jean-Claude Risset. Ces pièces sont réalisées via enregistrement et montage pour l'une, et par informatique pour l'autre. Toutes deux sont enregistrées et fixées sur un support, bande magnétique, disque ou informatique, et ne requièrent pas d'interprétation ni d'instrument de musique pour être entendues. En concert, elles sont restituées par des haut-parleurs : elles sont exposées, et non jouées. Sans cette dépendance intime avec l'instrument de musique, Sève préférerait parler d'arts sonores, ou de sculpture sonore, et ce très justement car la bande sonore est élaborée, sculptée de manière définitive en studio. Ainsi, l'ordinateur de Risset n'est pas un instrument de musique (il est cependant un « instrument de la musique » : il permet de *faire* de la musique, mais non de la *jouer*). « Quand le “jeu” disparaît, l'instrument me paraît disparaître aussi¹⁰¹ ». Risset lui-même définit ainsi l'instrument de musique :

Un instrument de musique traditionnel est une machine acoustique élaborée – faisant souvent appel aux technologies avancées, et conçue pour vibrer d'une certaine façon et pour être

95. CADOZ, p. 92.

96. CADOZ, p. 91.

97. CADOZ, p. 91.

98. BERIO, *Two Interviews*, p. 40.

99. BERIO, p. 40.

100. SEVE, p. 104.

101. SEVE, p. 187.

manipulée par un instrumentiste qui les met en vibration en contrôlant certains aspects du son produit. Une telle machine doit convertir de façon efficace l'énergie dépensée par l'instrumentiste en énergie sonore sensible à l'oreille. Elle doit aussi produire des sons ayant certaines caractéristiques qui dépendent de la musique considérée¹⁰².

Risset, lui aussi, se concentre sur l'instrument *traditionnel*, soit l'instrument de musique acoustique. Puis Sève reconnaît le problème posé par l'ordinateur « manié en live ». L'ordinateur permet de créer et de jouer des sons, en direct. Pourrait-on alors le considérer comme un instrument de musique ? Il n'est pas le support d'un geste instrumental, mais il permet tout de même la création et le contrôle des sons en direct. Sève évoque brièvement la « fusion de l'instrument et de l'ordinateur¹⁰³ », sans proposer de solution. Avec les interfaces gestuelles qui contrôlent des logiciels de synthèse sonore, on a un geste. Est-il vraiment un *jeu* ? Nous reviendrons sur cette question dans la deuxième partie.

En marge de cette définition, Sève mentionne les instruments frontaliers, qui ne s'accordent pas tout-à-fait à la définition d'instrument de musique, mais dont l'usage les rend très proches (le corps humain, les détournements d'instruments, bruiteurs, ready-made organologiques).

Les musiciens se sont emparés d'objets techniques qui sont, quant à eux, le produit de théories scientifiques indépendantes et qui sont primitivement destinés à d'autres usages qu'à "faire de la musique" (magnétophones, ordinateurs), tous ces faits dessinent une pratique de la musique qui se situe au-delà de la frontière organologique traditionnelle¹⁰⁴.

Il remarque justement que « la fonction "instrument de musique" déborde les instruments de musique¹⁰⁵ ». Elle se pose le mieux possible sur les instruments acoustiques, mais peut aussi épouser d'autres objets, qui fonctionnent alors, temporairement ou pas, comme des instruments de musique, et cela peut s'opérer dans une référence implicite aux « instruments prototypiques ». C'est-à-dire que l'articulation du geste, de l'objet, du rendu sonore, se construit par analogie avec l'instrument traditionnel. On fait sonner des cailloux, des verres de cristal ou des bouteilles, non pour dire : ceci est mon nouvel instrument de musique, mais pour dire : regardez, vous reconnaissez bien là une bouteille,

102. Jean-Claude RISSSET, cité dans SEVE, p. 164.

103. SEVE, p. 187.

104. SEVE, p. 187.

105. SEVE, p. 189.

mais en ce moment-même, vous y voyez aussi un instrument de musique. La bouteille revêt une fonction, elle s'habille en instrument de musique. Ainsi pour Sève, les produits de la « lutherie électro-acoustique, électronique et numérique » forment une catégorie parmi les instruments frontaliers. Seulement, il prend très peu le temps de décrire cette catégorie. Il évoque d'une part les musiques fixées sur support, avec le magnétophone de Henri. Le magnétophone sert à enregistrer des sons, qui sont ensuite découpés et assemblés sur une bande magnétique pour construire une pièce, mais il n'est pas un outil permettant de produire des sons. L'ordinateur de Risset permet de créer des sons, grâce à la synthèse audio-numérique, mais n'engage aucun geste de la part du musicien : la création musicale demande de construire des algorithmes de synthèse, d'arranger les sons via des manipulation mathématiques. Mis à part ces deux exemples, il existe une catégorie d'instruments composés d'ordinateurs et d'interfaces gestuelles et sonores, celle-ci demande plus d'attention. Ces instruments allient synthèse sonore numérique et gestuelle scénique, et on ne peut pas immédiatement les exclure de la catégorie des instruments de musique : nous allons les étudier en deuxième partie. Mais avant, nous allons nous arrêter sur les définitions qu'en propose la littérature : des définitions qui cherchent à inclure les instruments numériques.

1.1.3.3. Définitions inclusives

Les instruments de musique électriques et électroniques, nous l'avons vu plus haut (voir p. 40), se sont frayé un chemin dans la littérature en prenant place tout d'abord dans les classifications des instruments de musique, permettant d'étendre les organologies déjà existantes. Depuis que les ordinateurs peuvent produire de la musique, de nombreux dispositifs numériques s'imposent dans les processus créatifs et sont par conséquent incorporés aux études instrumentales. Ce sont tous les outils électroniques et numériques qui permettent de jouer de la musique de quelque manière que ce soit, soit une multitude d'instruments, de dispositifs, d'interfaces, qui ont été développés pour la performance musicale électronique et numérique. Ces nouveaux instruments (que nous appelons ici instrument, faute de mot, car la définition de l'instrument de musique sera justement discutée plus loin ; le mot « instrument » a donc ici un sens plus général que celui d'« instrument de musique ») sont sujets à discussions : on peine à les définir, à les nommer parfois, à les grouper, à les comprendre ; forment-ils une ou des nouvelles catégories organologiques, sont-ils de véritables instruments de musique ? Nous rapportons ici des propositions qui témoignent des tentatives de définir l'instrument de

musique au XXI^{ème} siècle, c'est-à-dire à l'heure des ordinateurs et des interfaces numériques. Elles sont, pour la plupart, proposées par des concepteurs d'instruments numériques et des musiciens qui les utilisent.

Certaines définitions se basent sur la constitution des instruments et sur leur fonctionnement. Joseph Malloch, David Birnbaum, Elliot Sinyor et Marcelo Wanderley définissent l'instrument de musique comme un outil qui produit du son, pouvant être contrôlé par des gestes et réagissant aux actions de l'utilisateur¹⁰⁶. L'instrument de musique numérique doit donc être composé d'un générateur sonore, d'une interface de contrôle et du mapping* qui les connecte. Le mapping est un code informatique* qui établit les relations entre les gestes et les sons générés (voir 2.4.3.2, p. 137). Cette notion de l'instrument de musique, qu'on décrit en trois parties, respecte les aspects essentiels que le sens commun attribue aux instruments de musique : produire des sons sous le contrôle gestuel d'un utilisateur. On retrouve une tripartition similaire chez Eduardo Miranda et Marcelo Wanderley, qui définissent l'instrument numérique comme un système comprenant une entrée par la voie de capteurs*, un mapping et une synthèse sonore¹⁰⁷. Michael Harenberg donne au logiciel le statut d'instrument de musique : c'est lui qui contient le mapping et le programme* de synthèse sonore, le lieu où est construite la musique. On y décrit les processus virtuels qui vont synthétiser le son¹⁰⁸. Arne Bense, au contraire, affirme que c'est la partie « hardware » (partie matérielle, donc l'interface de contrôle) qui est l'instrument : c'est l'objet que le musicien manipule dans ses mains, avec son corps, et c'est la partie qui est donnée à voir au public¹⁰⁹. Bernd Enders quant à lui, proposait avant cela un système quadripartite, constitué de modules discrets pour la génération, le contrôle, la modification et le stockage de son¹¹⁰. Ces définitions proposent chacune quelque chose de différent, privilégiant à chaque fois un élément différent pour

106. Joseph MALLOCH et coll., « Towards a new conceptual framework for digital musical instruments », dans *Proceedings of the 9th International Conference on Digital Audio Effects* (Montreal, 2006), p. 49-52.

107. Eduardo R. MIRANDA et Marcelo M. WANDERLEY, *New digital musical instruments: control and interaction beyond the keyboard*, The computer music and digital audio series, v. 21 (Middleton, Wis: A-R Editions, 2006).

108. Michael HARENBERG, *Virtuelle Instrumente im akustischen Cyberspace: Zur musikalischen Ästhetik des digitalen Zeitalters* (Wetzlar: transcript Verlag, 2014).

109. Arne Till BENSE, *Musik und Virtualität: Digitale Virtualität im Kontext computerbasierter Musikproduktion* (Osnabrück: Universität Osnabrück. Erzieh.-u. Kulturwiss., 2014).

110. Bernd ENDERS, « Instrumentenkunde—Form, Funktion und Definition des Musikinstruments im Spannungsfeld zwischen Musik und Technik », *Musikpädagogik und Musikwissenschaft* (1987), p. 306-345.

former l'instrument de musique. Doit-on considérer d'abord l'ordinateur, les interfaces, les logiciels, quand on recherche l'instrument de musique ? Le débat n'est pas clos.

David Wessel, quant à lui, énonce les propriétés que doivent satisfaire des modules numériques pour permettre un jeu musical. Il favorise des interfaces riches et précises, en mentionnant la facilité de jeu, associée à une capacité d'inciter au développement de la virtuosité par la pratique sur le long terme. Cela implique que « l'instrument doit être composé¹¹¹ » dans le but de respecter certaines conditions : le temps de latence dans la réponse sonore aux gestes (le décalage entre le geste et le déclenchement du son résultant) doit être court et stable, pour garantir une impression de causalité entre le geste et le son, pour le public comme pour l'utilisateur. Plutôt que de définir l'instrument de musique, il s'agit de donner des conditions pour que des outils numériques puissent permettre un jeu musical. Bruno Bossis prend parti en affirmant que

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 musique¹¹².

Ainsi, l'ordinateur peut être l'un des éléments prenant part à un instrument de musique, si cet ensemble comprend une interface gestuelle, ou même une entrée son : il faut comprendre par là que si l'ordinateur sert à traiter ou modifier le son d'un instrument de musique, comme c'est souvent le cas dans les musiques mixtes (voir 2.4.4.1, p. 143), Bossis pourra considérer le tout comme un nouvel instrument de musique.

Romain Bricout¹¹³ définit l'instrument comme un objet technique qui « articule geste et son dans un rapport indiciel », et qui est accompagné d'un ensemble de pratiques et d'un répertoire. Sa définition considère un objet ancré dans une pratique et une culture. Il montre que les interfaces forment une nouvelle catégorie organologique. Ce sont des outils musicaux « aphones » : ils ne produisent aucun son par eux-mêmes. Ils sont une

111. David WESSEL, « An enactive approach to computer music performance », dans *Le Feedback dans la Création Musicale*, par Yann Orlarey (Lyon: Studio Gramme, 2006), p. 93-98.

112. Bruno BOSSIS, « Écriture instrumentale, écriture de l'instrument », dans *Actes du colloque international: Composer au XXI e siècle: processus et philosophies*, Montréal, 2007, p. 2.

113. Romain BRICOUT, « Les interfaces musicales : la question des « instruments aphones » », *Methodos*, n° 11 (2014).

« incarnation de la pensée du geste musical¹¹⁴ », car le geste est complètement imaginé et construit avec l'interface et son logiciel.

Pour d'autres auteurs, le choix des musiciens ou des compositeurs est ce qui permet de définir l'instrument de musique. C'est ce que soutient Marie-Noël Heinrich :

L'instrument n'est plus seulement un dispositif physique matériel de production de la musique, mais tout dispositif, matériel ou logiciel, tout système que l'interprète ou le compositeur aura décidé de s'approprier, de construire ou d'élaborer, pour la production sonore et musicale, en l'équipant d'une certaine *autonomie de décision*¹¹⁵.

Ainsi, tout dispositif peut devenir instrument de musique, dès qu'un compositeur décide de s'en emparer pour sa production. Heinrich rejoint l'idée de Berlioz lorsqu'il écrivait que « tout corps sonore mis en œuvre par le compositeur est un instrument de musique¹¹⁶ ». La volonté seule du compositeur serait suffisante à faire un instrument de musique. Cette définition, qu'on peut qualifier d'intentionnelle, est très large ; elle permet d'inclure toutes sortes d'objets et elle ne fait pas de distinction entre les objets matériels et les logiciels. Heinrich mentionne dans sa définition l'idée de l'autonomie de décision accordée à l'instrument. Cela implique, de la part du compositeur ou de l'interprète, de considérer l'instrument comme en partie autonome : par exemple, un système formé d'ordinateurs en réseau peut avoir un comportement qui semble autonome, en tout cas qui ne dépend pas du musicien. Ce paramètre n'est pourtant pas nécessaire, il n'est aucunement déterminant dans la constitution d'instruments de musique, nouveaux ou anciens.

Un instrument de musique, pour Atau Tanaka, est un « outil expressif dans les mains du performeur¹¹⁷ ». C'est un système « ouvert¹¹⁸ », « *open-ended* ». L'expressivité a un rôle clé, elle distingue l'instrument d'un simple outil. Tanaka voit dans l'idée

114. Romain BRICOUT, *Les enjeux de la lutherie électronique : De l'influence des outils musicaux sur la création et la réception des musiques électroacoustiques*, thèse de doctorat (Lille 3, 2009), p. 265.

115. Marie-Noëlle HEINRICH, *Création musicale et technologies nouvelles: mutation des instruments et des relations* (Paris: L'Harmattan, 2003), p. 63.

116. BERLIOZ, *De l'instrumentation*, p. 21.

117. Atau TANAKA, « Musical performance practice on sensor-based instruments », dans Marc Battier et Marcelo M. Wanderley (éd.), *Trends in Gestural Control of Music* (Paris: Ircam-Centre Pompidou, 2000), p. 389-405.

118. Atau TANAKA, « Sensor-based musical instruments and interactive music », dans Roger T. Dean(éd.), *Oxford Handbook of Computer Music*, p. 233-257 (New York: Oxford University Press, 2009), p. 233.

d'instrument de musique une « métaphore utile » aux développements de la technologie et des pratiques artistiques :

La notion d'instrument de musique est donc une métaphore utile qui définit des contextes créatifs pour la technologie, délimite des scénarios exigeants pour leur utilisation, et relie l'innovation à la tradition artistique. Cette métaphore n'est pas une comparaison abstraite, mais un modèle efficace avec lequel des musiciens ont créé des systèmes fonctionnels et produit des œuvres d'art qui durent¹¹⁹.

L'instrument de musique n'est donc pas pour lui un concept fixe, mais un modèle qui sert la créativité des musiciens. C'est une idée abstraite qui guide à la fois le développeur et le musicien, et aide à l'émergence de systèmes sonores expressifs. Pour Tanaka, nul besoin d'établir une définition de ce qu'est ou n'est pas un instrument de musique. C'est un modèle pour qui veut créer un outil expressif pour une performance musicale, qui propose des critères de fonctionnement comme clés de la réussite de l'entreprise : ainsi la présence du geste, la réponse sonore, l'expressivité musicale... Il reste dans l'idée d'instrument de musique les traits essentiels : « l'instrument de musique est un objet qui produit du son, complet et autonome, qui permet au musicien de performer en situation live¹²⁰ ». La notion d'instrument de musique se concentre donc sur le rôle que doit remplir l'objet, elle est un modèle de fonctionnement et non une définition stricte.

D'autres définitions préfèrent se concentrer sur le rôle que doivent jouer les instruments numériques, notamment sur scène. David Burrows, dès 1987, décrit les traits caractéristiques des instruments, leur conférant le rôle de médiateur entre le corps et le son produit, entre ce qui est intérieur et ce qui est extérieur au corps¹²¹. Avec l'effort perçu, la difficulté de la technique dans la performance, il s'agit de « dramatiser les compétences », c'est-à-dire théâtraliser, rendre visible et efficace, manifester de manière audible et visible l'habileté du musicien. Ici, on insiste sur le visuel : l'instrument est un objet de performance, support de représentation de l'effort du musicien.

Pour John Croft, le rôle visuel de l'instrument et la manière dont il est considéré par le public sont aussi des éléments primordiaux¹²². Il se dit réticent à une nouvelle définition

119. TANAKA, « Musical performance practice on sensor-based instruments », p. 254.

120. TANAKA, « Sensor-based musical instruments and interactive music », p. 236.

121. David BURROWS, « Instrumentalities », *The Journal of Musicology* 5, n° 1 (1987), p. 117-125.

122. John CROFT, « Theses on Liveness », *Organised Sound* 12, n° 1 (2007), p. 59-66.

de l'instrumentalité, soutenant plutôt que l'instrumentalité ne peut pas évoluer dans sa définition si facilement. Pour lui, la condition de l'instrumentalité est que le public reconnaisse l'instrument de musique comme tel.

Je suggère que la notion d'instrumentalité résiste à une redéfinition et que nous devons trouver un moyen de la considérer comme une réalité résiliente et significative pour l'Homme, et que toute performance utilisant des moyens électroniques doit établir et inclure une relation à l'instrumentalité (donc pas un asservissement)¹²³.

C'est une réponse à l'idée que nos vies, tellement technologiquement informées, ont pu changer la manière dont on perçoit et définit l'instrumentalité. Croft prône plutôt une causalité nécessaire et évidente, visible pour l'auditeur, du lien entre le geste du musicien et le son qu'il produit. Pourtant nous avons vu que même chez les instruments acoustiques classiques, la causalité n'est pas toujours évidente et visible. Il propose une « purification » de la relation performeur-électronique. Cela passe, selon Croft, par un certain nombre de conditions, qui sont la proportionnalité de la réponse sonore au geste ; le partage de certaines caractéristiques morphologiques et énergétiques ; la synchronie de l'*onset* avec l'action ; la continuité, affinité ou fusion des timbres entre le son instrumental non traité et la réponse de l'électronique ; la stabilité ; le caractère observable ; l'apprentissage possible par le performeur ; et un grain sonore suffisamment fin. Croft parle notamment, dans son article, des musiques mixtes pour instruments acoustiques et traitement électronique. Pour lui, l'instrument numérique doit donc se rapprocher le plus possible, par ses caractéristiques techniques, des instruments acoustiques.

Sarah Hardjowirogo adopte une position similaire. Pour elle, l'« instrumentalité » n'est pas une propriété de l'objet en soi, mais advient par son utilisation, et selon différents degrés. « Un objet n'est pas en soi un instrument de musique (définition ontologique) mais devient un instrument de musique en étant utilisé de la sorte (définition utilitaire ou fonctionnelle)¹²⁴ ». Plutôt qu'une définition stricte de l'instrument de musique, elle montre qu'il y a des degrés d'instrumentalité, donc des manières plus ou moins fortes ou intenses d'être instrument de musique – insinuant par là une vision implicite de ce qu'est l'instrument de musique. Elle établit ainsi une liste de critères estimés fondamentaux pour

123. CROFT, p. 65.

124. Sarah-Indriyati HARDJOWIROGO, « Instrumentality: On the Construction of Instrumental Identity », dans Till Boverman et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century* (Singapour: Springer, 2017), p. 11.

la construction de l'instrumentalité : un système, pour être instrumental, doit comprendre un module de production sonore, doit pouvoir servir un but, une intention, doit proposer un apprentissage et une virtuosité possible, doit être jouable, donc contrôlable et aux réponses immédiates, doit permettre au corps de manifester de l'expressivité, et incarner des caractéristiques immatérielles, comme des traits culturels, et enfin, doit répondre à l'attente du spectateur. L'instrument numérique doit donc se rapprocher, finalement, de ce qu'on attend d'un instrument traditionnel acoustique pour être considéré véritablement comme un instrument de musique. Et c'est dans la manière d'utiliser l'objet que peut émerger l'instrumentalité, et donc l'instrument de musique.

1.1.3.4. Définir l'instrumentalité

S'il est si difficile de s'accorder sur ce qu'est l'instrument de musique, on peut explorer une voie alternative possible, qui est d'aborder la notion d'instrumentalité. L'instrumentalité se dit d'une situation instrumentale, soit une situation où l'on fait usage d'instruments au sens large. Pour certains, cette notion paraît moins restrictive et difficile que la définition d'instrument de musique. C'est Claude Cadoz qu'on entend en premier parler de « situation instrumentale ». Cadoz définit

comme instrumentale toute activité relationnelle qui fait appel à un dispositif matériel (l'instrument) extérieur au corps humain et telle que :

- sa finalité nécessite une consommation d'énergie en dehors des frontières du corps humain et de l'instrument ;
- et une partie au moins de cette énergie provient du corps humain¹²⁵.

Il décrit le geste instrumental comme l' « ensemble des comportements gestuels appliqués à l'instrument et dont une partie produira l'énergie nécessaire à la finalité de la tâche¹²⁶ ». Ce sont les gestes d'excitation, de modification et de sélection.

Comme nous l'avons vu plus haut, John Croft et Sarah Hardjowirogo préfèrent parler d'instrumentalité dans leurs débats ou tentatives de définition, plutôt que d'instrument de musique. Harjowirogo montre que l'instrumentalité est une qualité graduelle, et Croft parle de l'instrumentalité des situations de musiques mixtes, où un instrument traditionnel joue accompagné d'une bande sonore ou d'un dispositif de traitement sonore en temps réel.

125. CADOZ, « Musique, geste, technologie », p. 61.

126. CADOZ, « Musique, geste, technologie », p. 62.

Cance, Genevois et Dubois ont conduit une étude lexicale pour tenter de cerner le concept d'instrumentalité¹²⁷. Partant à la fois du dictionnaire et des définitions classiques de la musicologie et de l'informatique, ils enquêtent ensuite auprès d'experts (les personnes participant aux Journées d'Informatique Musicale de 2009) et auprès d'utilisateurs du Méta-Instrument et de la Méta-Malette (voir 2.4.2.2, p. 128). Ils y montrent que l'instrumentalité qualifie le plus souvent une situation d'interaction entre le musicien et un système, et que c'est à travers cette interaction qu'elle peut advenir. Elle ne résulte pas tant de propriétés intrinsèques des parties matérielles ou logicielles, mais se construit par le jeu musical, les interactions entre musiciens. Dans le discours des utilisateurs, la notion d'instrumentalité n'est cependant jamais complètement clarifiée et acceptée. « Il y a sans cesse négociation et entrelacs¹²⁸ » pour définir l'instrument, on parle tantôt de situation ou interaction instrumentale, d'outil ou d'instrument numérique, d'instrument virtuel, d'interface gestuelle ou musicale.

Finalement, choisir d'aborder la notion d'instrumentalité ne résout pas les problèmes définitionnels de l'instrument de musique. Même si l'on donne l'impression d'élargir le concept pour englober plus facilement les situations numériques, on se heurte toujours aux mêmes problèmes : la difficulté à définir d'une part, et la difficulté d'acceptation des interfaces numériques gestuelles en tant qu'instruments de musique par le public comme par leurs utilisateurs.

Conclusion

L'instrument de musique, s'il semble être un objet commun et connu, fait pourtant l'objet de définitions, ou de tentatives de définitions, nombreuses et variées. Les définitions traditionnelles de l'instrument de musique, qui considèrent principalement les instruments acoustiques, sont remises en cause par les changements instrumentaux qui transforment les scènes musicales d'aujourd'hui. Déjà avec les moyens électroniques, l'énergie sonore ne provient pas de l'énergie du musicien. La programmation numérique des logiciels permet l'élaboration des signaux sonores par des algorithmes. On construit des outils, des interfaces, des logiciels pour agencer différemment le geste et la production sonore sur scène. Avec les ordinateurs, le geste ne cherche pas à contrôler un objet qui produirait du son, mais des interfaces qui permettent de contrôler des logiciels. De

127. CANCE, GENEVOIS, et DUBOIS, « What is instrumentality in new digital musical devices? ».

128. CANCE et GENEVOIS, « Questionner la notion d'instrument en informatique musicale ».

nombreuses définitions ont été proposées pour inclure les nouveaux outils numériques des performances musicales, souvent sous forme de conditions que doivent observer les concepteurs de nouveaux instruments pour que leur invention soit digne d'être considérée comme un instrument de musique, et parfois ces définitions contournent la difficulté posée par une définition ontologique en considérant l'instrument de musique comme un modèle de fonctionnement. Beaucoup se sont heurtées à un obstacle, et, renonçant à définir précisément ce qu'est l'instrument de musique, ont préféré énoncer des conditions d'instrumentalité, ou bien parler de degrés d'instrumentalité. Comme nous l'avons vu, ces définitions se contredisent parfois, et certaines d'entre elles, en réaction aux définitions classiques et restrictives, se placent à un autre extrême, en proposant d'inclure tout objet utilisé pour faire du son dans la catégorie des instruments de musique. On efface alors tout ce qui distingue un piano d'un lecteur mp3 ou d'une baguette de chef d'orchestre.

Notons que la plupart des définitions que nous avons mentionnées sont très récentes, qu'elles soient classiques ou inclusives. On a cherché à définir l'instrument de musique à un moment où il devenait clair que des transformations étaient à l'œuvre. Les définitions classiques, centrées sur l'instrument acoustique, ont cherché à affirmer l'identité d'une catégorie vieille de plusieurs millénaires, mais c'est seulement au moment où l'on se rend compte que les choses changent que survient le besoin de définir ce qui semblait jusque-là être évident. Les approches inclusives veulent, au contraire, définir cette nouveauté, au regard de l'instrument de musique connu, l'instrument acoustique.

Le point commun qui émerge de toutes ces définitions est le fait qu'elles se placent en référence à la performance : on parle de ce que l'instrument doit proposer *lorsqu'il est joué devant un public*. Par la suite, nous verrons en quoi les instruments de musique sont intrinsèquement reliés à la notion de performance musicale.

1.2. Qu'est-ce qu'une performance musicale ?

L'instrument de musique se dévoile dans la performance musicale : il naît au public dans la performance. C'est en étant joué qu'il peut véritablement exister. Autrement, il n'est qu'un coffre-fort de possibilités non révélées : en magasin, en vitrine, en catalogue, l'instrument ne se dévoile pas. Aucun son, aucun geste n'en émerge. Il faut le voir *joué*, en présentiel ou dans un enregistrement vidéo, afin de percevoir gestes et sons ensemble.

L'expérimenter soi-même peut certes donner une idée, mais à moins d'être un bon initié, les possibilités de l'instrument ne sont jamais mieux révélées que par un musicien qui en maîtrise la technique et les idiomes. C'est donc bien le jeu qui présente l'instrument, et dans bien des cas, la performance musicale. Réciproquement, la performance musicale ne peut pas exister sans l'instrument de musique. Performance musicale et instrument de musique sont intimement liés, c'est pourquoi nous prendrons ici le temps d'explicitier cette notion de performance musicale avant de chercher à décrire comment s'articulent les relations entre performances, œuvres et instruments de musique. Cela sera nécessaire pour analyser les changements qu'y apportent le numérique et ses instruments.

1.2.1. Qu'est-ce qu'une performance musicale ?

1.2.1.1. Définir la performance

Tout d'abord, une performance n'est pas toujours musicale : la danse, le théâtre, ou les *happenings* font aussi des performances. Une performance n'est pas non plus nécessairement artistique. Elle peut être sportive, de communication (orateur, persuasion, humour, conteur...), de jonglerie, de magie, de pose... Une performance peut advenir dans une situation codifiée de spectacle ou dans un autre contexte. La danse, le théâtre, sont le plus souvent donnés dans des salles dédiées, et la performance est encadrée par tout un ensemble de pratiques et de codes sociaux : le spectateur achète sa place, s'assoit face à une scène sur laquelle se produisent les acteurs, et prend soin d'éteindre son téléphone portable avant le début du spectacle. La scène est éclairée, le public silencieux dans l'obscurité ne se permet d'applaudir qu'aux moments appropriés. Tous ces codes régissent les comportements et donnent leur légitimité aux artistes. Par ailleurs, une performance peut aussi se dérouler dans un contexte non codifié : un flash-mob par exemple, où un groupe de personnes se met à danser ou jouer de la musique dans un espace public, créant la surprise générale. On parle aussi de performance, et c'est ici son sens le plus courant, lorsque quelqu'un accomplit avec brio une tâche reconnue comme difficile : un poseur qui doit se tenir immobile pendant deux heures devant une classe d'étudiants en sculpture, un avocat qui doit défendre une cause ardue dans son discours, un gymnaste effectuant une figure difficile, un pilote d'avion de chasse réalisant une opération délicate... On peut aussi parler de la performance d'un robot à accomplir une tâche, célébrant ainsi le travail de développement de l'équipe qui a conçu le robot ; ou

encore on peut vanter l'efficacité du travail d'un système ou d'une organisation : l'opération de contrôle dans les transports publics a permis de verbaliser un grand nombre de fraudeurs, il s'agit d'une bonne performance, pourra-t-on entendre.

Ainsi, reconnaissons que dans le mot « performance » résonnent deux idées : d'abord, on y entend le sens d'une prouesse ou d'un exploit manifestant la compétence élevée d'une personne ou d'un système. On parle de la performance d'un sportif, d'une machine, d'un ordinateur... C'est une habileté, une puissance, un pouvoir technique, le niveau atteint par un compétiteur, la qualité d'une action technique. Ce sens tire son origine du contexte des courses de chevaux au XIX^{ème} siècle, où l'on parle des performances (souvent au pluriel) pour désigner les « résultats, actions accomplies par un cheval de course¹²⁹ ». Aussi, les performances d'un sportif peuvent être bonnes ou mauvaises.

Ensuite, il y a « performance », anglicisme issu du verbe *to perform*. Ce sens du mot performance relève du domaine des arts. Il remonte au début des années 1970 où émerge aux États-Unis un courant artistique reconnaissant dans l'action elle-même, dans l'acte réalisé, une valeur artistique. C'est le sens qui prévaut en général dans la performance artistique : est performance « toute manifestation artistique dans laquelle l'acte ou le geste de l'exécution a une valeur pour lui-même et donne lieu à une appréciation esthétique distincte¹³⁰ ». Richard Schechner décrit ainsi l'action de « performer » :

« Performer », c'est faire quelque chose à un certain niveau – réussir, exceller. Dans les arts, « performer » c'est faire un spectacle, une pièce, une danse, un concert. Dans la vie quotidienne, « performer » c'est se montrer, aller dans les extrêmes, pour souligner une action pour ceux qui regardent¹³¹.

Il décrit d'ailleurs huit types de performances : celles de la vie quotidienne (cuisiner, rencontrer du monde, simplement vivre) ; dans les arts ; dans les sports et autres divertissements populaires ; en affaires ; en technologie ; en sexualité ; dans les rituels, sacrés ou profanes ; et enfin dans le jeu. Ainsi, dans le domaine artistique, les

129. D'après le Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, citant J. des HARAS, XXIII, 191 ds Bonn., 1839, p. 105. On parle alors de performances au pluriel.

130. Daniel CHARLES, « PERFORMANCE, art », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 5 février 2018, <http://www.universalis-edu.com/acces-distant.bnu.fr/encyclopedie/performance-art/>.

131. Richard SCHECHNER et Sara BRADY, *Performance Studies: An Introduction*, 3. ed (London: Routledge, 2013), p. 28.

performances sont des œuvres d'art qui se déroulent dans le temps et au travers de l'action de personnes, que l'on appelle performeurs. Bien souvent, et c'est le cas en musique, s'opère un amalgame de ces deux sens : une performance est l'accomplissement d'une action qui fait œuvre en elle-même, et qui implique la présentation d'un exploit technique de la part des artistes. Dès lors, la dimension performative d'une prestation peut être deux choses :

- l'action, la prouesse, le jeu, effectué par une ou des personnes hautement compétentes (qu'on pourra dire virtuoses),
- la mise en situation artistique d'une action vivante, un geste valant pour lui-même.

Dans le cas de la musique, le produit du geste est ce qui compte le plus : c'est le son, la musique. Finalement, le geste vaut deux fois : il fait la performance et il fait le son. Le geste et le produit du geste font ensemble la performance musicale.

1.2.1.2. La performance artistique

A partir de son expérience enracinée dans le théâtre, Erika Fischer-Lichte a développé une théorie de la performance artistique en général¹³². Pour elle, la performance est d'abord un événement qui requiert la coprésence du performeur et du public, et une action du performeur. Elle la décrit en quatre énoncés :

1. Une performance advient par la co-présence physique d'acteurs et de spectateurs, à travers leur rencontre et leur interaction.
2. Une performance est transitoire et éphémère. Néanmoins, tout ce qui se passe au cours de la performance advient hic et nunc et est vécu comme présent d'une manière particulièrement intense.
3. Une performance ne transmet pas une certaine signification donnée. C'est plutôt la performance elle-même qui porte du sens qui naît au cours de la performance.
4. Les performances sont caractérisées par leur « événementialité » [*eventness*]. Le mode d'expérience spécifique qu'elles permettent est une forme particulière d'expérience liminale¹³³.

La performance appartient à la catégorie ontologique des événements : elle a lieu à un certain moment, dans un espace et un temps partagés par le performeur et le spectateur.

132. Erika FISCHER-LICHTE, *The Transformative Power of Performance: A New Aesthetics* (New York: Routledge, 2008).

133. Erika FISCHER-LICHTE, « Culture as performance: theatre history as cultural history », dans *Ästhetik des Performativen*, (Frankfurt aM: Suhrkamp, 2004).

Elle requiert la présence simultanée d'un public et de performeurs, elle permet et produit des interactions entre les deux partis. Elle est porteuse de sens en elle-même et ne cherche pas à transmettre quelque chose qui lui serait extérieur.

1.2.1.3. *La performance musicale*

Une performance musicale est une performance artistique où l'action du ou des performeurs a pour but principal la production ou le jeu de la musique. C'est tout d'abord une performance, donc une action se déroulant dans un moment et un lieu partagés par les performeurs et le public – ils sont en coprésence. Cependant, la performance musicale peut s'éloigner en quelques points de la performance artistique telle que la définit Fischer-Lichte. D'une part, le public peut être absent, voir même ne pas exister (il est cependant toujours supposé, intenté). D'autre part, l'action seule des performeurs ne constitue pas la performance. Le produit de leur action constitue l'objet de la performance et ce qui la caractérise : la musique.

Commençons par le premier point : le moment partagé ou la coprésence des artistes et des spectateurs n'est pas (ou plus) strictement nécessaire à la performance musicale¹³⁴. Depuis l'avènement des technologies de l'enregistrement et de la diffusion (radio et télévision, *live* par YouTube, Facebook ou Instagram), on peut produire une performance sans que le public et les musiciens soient situés au même endroit. On peut alors discuter le fait que cela soit encore une performance : la présence du public (ou au moins son existence) est une condition nécessaire à l'existence d'une performance musicale pour Stanley Godlovitch¹³⁵ comme pour Paul Thom¹³⁶ (voir plus loin, 1.2.2.2, p. 67). En effet, l'orchestre en répétition ne produit pas une performance. Mais s'il se produit devant la caméra ou les microphones de la radio et que l'enregistrement est diffusé en direct (dans une émission de radio ou pour un *live* diffusé sur Internet), le public peut être situé ailleurs, à côté du poste de radio ou devant un écran. On peut ainsi avoir un public à distance, et même pas de public du tout, si personne n'allume la radio ou ne se connecte au *live*. Pourtant, l'action des musiciens reste la même, elle est destinée à un public¹³⁷. Ainsi l'existence de l'auditoire peut faire défaut sans pour autant que l'action des musiciens ne

134. Alessandro ARBO, « Quelques réflexions sur le statut de la performance musicale », *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music* 50, n° 1-2 (2019), p. 123-142.

135. GODLOVITCH, *Musical performance*.

136. Paul THOM, *For an Audience: A Philosophy of the Performing Arts*, (Philadelphia: Temple University Press, 1993).

137. Aaron RIDLEY, *The Philosophy of Music: Theme and Variations* (Edinburgh: Edinburgh Univ. Press, 2004).

soit plus une performance. La possibilité d'interaction des performeurs avec le public est alors réduite à son minimum, mais l'intention d'adresser la musique à un public suffit à avoir une performance musicale. La coprésence n'est donc pas toujours vérifiée dans un sens strict.

Ensuite, nous constatons que dans une performance musicale, il n'y a pas que le geste effectué par le performeur qui compte, contrairement à ce que l'on entend dans le sens premier du mot performance, décrit plus haut. L'action des artistes ne vaut pas seulement pour elle-même, elle importe aussi pour ce qu'elle produit. Le geste est même régi par ce qu'il peut produire : les mouvements des musiciens sont ordonnés à la production musicale. Le résultat physique de l'action des performeurs est la production du son, qui importe même plus que l'action elle-même. Le fait que le produit d'une partie des gestes des performeurs soit un élément musical, et que cet élément soit la raison d'être de la performance, apparaît comme la condition pour qu'une performance soit musicale. Une partie des gestes sur scène a pour but premier de produire de la musique. Ainsi, pour ces deux raisons, ce qu'est la performance musicale s'éloigne de la performance artistique telle que la décrit Fischer-Lichte.

Il ne faut pas oublier cependant que la musique existe aussi sans performance : c'est celle qu'on joue sans l'adresser à un public, comme faisant partie de la vie. On chante par exemple pour soi-même, en marchant, en travaillant, on apprend une comptine à un enfant, on joue pour accompagner un rituel, ou on fait des gammes pour travailler son instrument. De la musique dans tous ses états et toujours vivante, mais sans qu'elle ne se pense ni comme œuvre d'art, ni comme performance. Il y a ainsi la musique fonctionnelle (pour endormir ou rassurer un enfant, pour coordonner la marche d'une troupe ou rythmer le travail), ou la musique qu'on joue non pas *pour* quelqu'un mais *avec* quelqu'un : chanter avec une assemblée dans une église ou autour d'un feu de camp¹³⁸. Ce qui fait basculer la musique dans la performance est une intention de présentation, souvent institutionnalisée, et une intention de réception de la part d'un auditoire. L'intention de présentation (jouer pour être entendu) suffit. Il faut qu'il y ait la possibilité d'un auditoire, ou l'intention d'un auditoire. Un musicien jouant seul dans une salle de répétition ne donne pas une performance. Mais une fanfare dans la rue, pour qui les passants s'arrêtent

138. Andrew KANIA et Theodore GRACYK, « Performances and Recordings », dans *The Routledge Companion to Philosophy and Music*, p. 80-90 (New York: Routledge, 2010).

– devenant ainsi spectateurs, bon gré mal gré – ou bien passent leur chemin fait bien une performance. Un chœur de soldats en marche ne donne pas une performance lorsqu’il traverse la campagne. Mais s’il chante devant la tribune présidentielle lors d’un 14 juillet, alors l’interprétation de la même chanson devient une performance. Le concert est le lieu privilégié et institué de la performance dans le monde occidental. Le seul fait de la présentation sur une scène – qui implique la présence d’un public, partie intentionnellement réceptive – agit comme « cadroir », ce que Stephen Wright définit comme un « dispositif de transformation et production de perception¹³⁹ ». C’est ce qui « qui permet à l’art de fonctionner différemment que toute autre activité humaine, par la suspension habituelle du cours normal des choses¹⁴⁰ ». En effet, « ce qui “est” et “n’est pas” performance ne dépend pas d’un événement lui-même mais de la manière donc cet événement est reçu et situé¹⁴¹ ». Le chœur de soldats chante la même chose en campagne ou au défilé, le soliste s’applique tout autant en répétition que devant le public. Le « cadroir », c’est l’effet du concert. S’asseoir dans un fauteuil dans une salle sombre, ou se tenir debout en regardant la scène, c’est se placer comme spectateur, et donner place à la performance. Ce à quoi nous ajoutons : activer la diffusion *live*, ou même enregistrer pour une diffusion ultérieure, ouvrent également à la possibilité d’une performance.

1.2.2. Performances, œuvres et instruments de musique

Parmi tous les genres de performances possibles, artistiques ou non, nous nous intéressons aux performances musicales. Celles-ci font appel, la plupart du temps, à des instruments de musique. Nous allons voir que dans la tradition occidentale, elles en appellent aussi aux œuvres musicales – même si la musique n’est pas seulement faite d’œuvres ou de performances. Nous allons examiner le lien qui relie les performances musicales aux instruments de musique : comment selon les instruments (au sens large) utilisés, on peut avoir différents types de performances ou de présentations de la musique, mais aussi comment les œuvres musicales et les instruments de musique sont nécessaires l’un à l’autre et s’influencent. Ce qui permettra ensuite d’établir une typologie des

139. Stephen WRIGHT, « Vers un art sans œuvre, sans auteur, et sans spectateur », *15ème Biennale de Paris*, 2007 [https://fr.scribd.com/doc/46253019/Stephen-Wright-Vers-un-art-sans-%C5%93uvre-sans-auteur-et-sans-spectateur, consulté le 05/06/2019].

140. *Ibid.*

141. SCHECHNER et BRADY, *Performance Studies*, p. 39.

différents types de présentations musicales, qui peuvent être ou ne pas être des performances.

1.2.2.1. Performances et œuvres musicales

La philosophie de la musique s'est beaucoup concentrée sur la notion d'œuvre musicale et sur la relation que les performances entretiennent avec les œuvres dont elles sont les interprétations. Le but de l'ontologie musicale a d'abord été de chercher quelle est la nature des œuvres et leurs critères d'identité, à savoir, d'une part quel type d'entités sont les œuvres musicales (abstraites, intentionnelles, sont-elles créées ou découvertes...), et d'autre part, à quelles conditions la musique qu'on entend est bien une interprétation de telle ou telle œuvre¹⁴², à quelle condition l'interprétation est fidèle à l'œuvre¹⁴³. Dans cette optique, la performance n'est étudiée qu'en rapport et à travers les œuvres, entités abstraites qui préexistent et survivent aux performances. L'étude de la performance se trouve ainsi reléguée à l'arrière-plan. Alors, d'autres philosophes et musicologues ont voulu s'intéresser au travail spécifique des interprètes qui font les performances, à l'instar de Stan Godlovitch¹⁴⁴, David Davies¹⁴⁵, John Rink¹⁴⁶ ou Nicholas Cook¹⁴⁷ (voir plus loin, 1.2.2.2, p. 67).

La performance musicale peut être l'interprétation d'une œuvre qui lui préexiste ou une création en direct, s'il s'agit d'une improvisation. Dans le premier cas, si une œuvre

142. L'ontologie des œuvres musicales a gagné l'attention des philosophes depuis les années 1980. Les philosophes analytiques qui ont écrit sur l'ontologie ont souvent écrit en réaction à la théorie de Goodman (Nelson GOODMAN, *Langages de l'art : une approche de la théorie des symboles*, trad. par Jacques Morizot (Paris: Hachette Littératures, 2001)), théorie révisionniste publiée en 1968 puis révisée en 1976, qui décrit le fonctionnement de l'art et notamment de la musique comme système symbolique. L'une des conclusions qui en découle est le fait que si un musicien fait une fausse note, le résultat n'est pas une interprétation de l'œuvre musicale décrite dans la partition, car elle n'y est pas tout à fait conforme. Cette thèse contre-intuitive a conduit les philosophes analytiques à proposer des ontologies des œuvres musicales qui correspondent mieux à l'expérience commune de la musique. Ainsi Jerrold LEVINSON, « What a Musical Work Is », *The Journal of Philosophy* 77, n° 1 (1980), p. 5-28 ; Jerrold LEVINSON, *Musical Concerns: Essays in Philosophy of Music* (Oxford: Oxford University Press, 2015) et *Essais de Philosophie de la Musique, Définition, ontologie, interprétation*, traduit par Clément Canonne et Pierre Saint-Germier (Paris: Vrin, 2015) ; Roger POUIVET, *L'ontologie de l'œuvre d'art: une introduction*, Rayon art (Nîmes: Editions J. Chambon : Diffusion Harmonia Mundi, 1999) ; Julian DODD, *Works of music: an essay in ontology* (Oxford ; New York: Oxford University Press, 2007) ; GOEHR, *The Imaginary Museum of Musical Works*. Voir aussi Andrew KANIA, « New Waves in Musical Ontology », dans *New Waves in Aesthetics*, éd. par Kathleen Stock et Katherine Thomson-Jones (Basingstoke: Palgrave Macmillan UK, 2008), p. 20-40 ; et Alessandro ARBO et Marcello RUTA, *Ontologie musicale: perspectives et débats* (Paris: Hermann, 2014).

143. Peter KIVY, *Authenticities: philosophical reflections on musical performance* (Ithaca: Cornell University Press, 1995) ; Stephen DAVIES, *Musical Works and Performances*.

144. GODLOVITCH, *Musical performance*.

145. David DAVIES, *Philosophy of the performing arts*.

146. John RINK, éd., *Musical performance: a guide to understanding* (Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2002).

147. COOK, *Beyond the score*.

est interprétée, celle-ci possède une trace. On appelle *trace* l'ensemble d'indications qui contient les informations nécessaires à la restitution de l'œuvre, et qui perdure une fois que la musique a fini de retentir. Ce n'est pas simplement ce qui reste d'un événement sonore, mais ce qui est susceptible de le prescrire : les instructions pour produire la performance d'une œuvre. Cette trace peut être écrite (sous forme de partition), orale¹⁴⁸ (elle existe comme un modèle dans la mémoire) ou phonographique¹⁴⁹ (c'est un enregistrement qui contient l'œuvre). La trace de l'œuvre est alors soit une partition, soit la mémoire (individuelle et collective), soit un enregistrement (vinyle, bande magnétique, CD, mp3 ou autre format numérique)¹⁵⁰. Stephen Davies¹⁵¹ montre que les œuvres interprétées peuvent avoir différents degrés de définition. Une symphonie dont la partition est complètement écrite est définie de manière dense : chaque instrumentiste sait exactement quelles notes jouer, le tempo et les nuances sont fixés de manière plus ou moins précise (laissant place à une certaine marge d'interprétation). Une mélodie accompagnée d'une structure harmonique est définie de manière plus fine : les musiciens suivent une structure mélodico-harmonique, mais l'orchestration n'est pas fixée. Une chanson (dont la partition contient des paroles, une mélodie et une grille d'accords, ou qui appartient à une tradition orale et n'a pas nécessairement de partition) pourra subir quelques variations mélodiques tout en restant la même chanson : elle est définie de manière fine. Ainsi, selon la manière dont est définie une œuvre et la précision des indications contenues dans la trace, le degré de liberté laissé aux musiciens interprètes est plus ou moins grand. Il peut ne concerner que les nuances, le tempo dans une certaine mesure (un concerto à la partition détaillée), l'orchestration (une chanson), des variations mélodiques.

Au contraire, certaines performances musicales n'exemplifient ou n'instancient aucune œuvre musicale qui leur préexisterait. Ce sont les performances d'improvisation. Une performance d'improvisation consiste à créer, en situation de concert, quelque chose de nouveau, qui n'a pas été écrit ou composé au préalable. Composition en direct, elle peut chercher quelque chose d'original ou s'inscrire dans une certaine tradition, reprenant ses éléments de langage, ses schémas typiques et articulations, tels les standards de jazz.

148. Alessandro ARBO, « Qu'est-ce qu'une œuvre musicale orale ? », dans Mondher Ayari et Antonio Lai (éd.), *Les corpus de l'oralité*, éd. (Sampzon: Delatour, 2014), p. 25-45.

149. Roger POUIVET, « L'ontologie du rock ».

150. Alessandro ARBO, « From the document to the work: Ontological reflections on the preservation and restoration of musical artefacts », *Journal of New Music Research* 47, n° 4 (2018), p. 300-308.

151. Stephen DAVIES, *Musical Works and Performances*.

L'improvisation peut consister à inventer des mélodies sur un thème ou une grille d'accords connus : cette situation est proche de l'exemple précédent de la chanson, mais avec une flexibilité encore plus grande. A l'opposé, l'improvisation « totale » ou « libre » ne part d'aucune référence connue et crée, dans l'instant, une situation musicale nouvelle et originale. Cependant, même lorsque l'on parle d'improvisation totale, celle-ci n'est jamais dénuée de références. Même quand les musiciens choisissent de ne partir d'aucune référence définie, ils se placent dans un certain système de règles ou dans une certaine tradition en adoptant des schémas (des modes, des gammes ou des rythmes) connus ; d'autre part, l'habitude de jeu les conduit naturellement à répéter des formules mélodiques, harmoniques ou rythmiques qu'ils connaissent bien. Le nouveau créé lors d'improvisations est certes une création, mais souvent basé sur un assemblage d'éléments connus et éprouvés par les musiciens eux-mêmes. Nicholas Cook montre qu'il n'existe pas de « *free* » jazz¹⁵² : le jeu musical est toujours contraint par des archétypes qui se construisent chez un musicien ou au sein d'un groupe, par des schémas qui se répètent. De plus, tout musicien improvisateur ne peut improviser que parce qu'il a « toute une vie de préparation et de connaissances derrière chacune des idées exécutées¹⁵³ ». L'improvisation n'est pas dénuée d'apprentissage des techniques, des règles et des manières de faire. On peut enfin ajouter que, si un musicien de free jazz doit se positionner à distance de tout style, cela implique alors qu'un interdit est posé sur tous ces « styles » (ce qui demande avant tout de les connaître), réduisant finalement la liberté du musicien. Le « *free* » jazz n'est ainsi jamais complètement *free*.

Ces performances d'improvisation sont-elles alors des œuvres musicales ? Pour David Davies, les improvisations constituent des œuvres de performance, en tant qu'événements¹⁵⁴. Ce sont des « performances-œuvres ». Sandrine Darsel parle d'« œuvre-en-acte » pour désigner ces œuvres qui ne durent que le temps d'un soir, dans une salle de concert, qui sont déterminées par leurs conditions de création et de réception¹⁵⁵. L'improvisateur est un « auteur de l'instant¹⁵⁶ ». Pour Philip Alperson aussi,

152. COOK, *Beyond the score*, p. 226.

153. Paul BERLINER, *Thinking in Jazz: The Infinite Art of Improvisation* (Chicago, University of Chicago Press, 1994), cité par Clément CANONNE, « Du concept d'improvisation à la pratique de l'improvisation libre », *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music* 47, n° 1 (2016), p. 17-43.

154. David DAVIES, *Philosophy of the performing arts*.

155. Sandrine DARSEL, *De la musique aux émotions: une exploration philosophique*, Collection *Æsthetica* (Rennes: Presses Univ. de Rennes, 2010).

156. Sandrine DARSEL, « Qu'est-ce qu'une œuvre musicale ? », *Klesis - Revue philosophique* 13 (2009), p. 147-185.

un improvisateur crée une œuvre d'art en direct¹⁵⁷. Il accorde donc le statut d'œuvre aux improvisations musicales, soulignant qu'alors, l'auditeur apprécie la performance d'une manière différente, mettant l'accent sur l'action créatrice, autant (voire même plus) que sur la création musicale réalisée. Peter Kivy montre que toutes les performances sont des œuvres¹⁵⁸. Il peut alors se produire une superposition de deux œuvres lorsque la performance consiste en l'interprétation d'une œuvre musicale préexistante à la performance. Il défend donc aussi le statut d'œuvre pour les improvisations, ce qui contredit l'idée selon laquelle les œuvres d'art sont des choses qui perdurent dans le temps. Paul Thom montre, quant à lui, que les improvisations sont bien des objets esthétiques, mais ne sont pas des œuvres d'art, car elles ne perdurent pas ni n'instancient quelque chose qui perdure¹⁵⁹. Stephen Davies partage cet avis, affirmant que les improvisations ne sont pas des œuvres musicales¹⁶⁰. Lydia Goehr souligne justement que l'improvisation se définit comme telle au moment où la composition s'affirme comme création d'œuvre écrites, autour de 1800¹⁶¹. L'improvisation se présente comme une pratique située en opposition avec la fois la composition et l'interprétation¹⁶². Affirmer que les improvisations ne constituent pas des œuvres permet de maintenir l'idée que les œuvres d'art sont des objets qui perdurent dans le temps. Cette idée est pourtant remise en cause par de nombreux artistes, auteurs de performances ou de *happenings* (par exemple ceux du mouvement Fluxus¹⁶³) qui considèrent l'activité artistique plus comme une action, un geste qui se fait, que comme la production d'objets qui durent. Questionnant la notion même d'œuvre d'art, ces artistes participent à la fois à la création d'œuvres éphémères et à la remise en cause de l'art comme production d'œuvres, et donc au désœuvrement de l'art¹⁶⁴.

Cependant, dans les performances musicales, la frontière entre improvisation et interprétation est parfois très fine. De ce que joue un musicien, quels sont les éléments complètement uniques, nouveaux, et quels sont les éléments déjà composés (qu'il peut

157. Philip ALPERSON, « On Musical Improvisation », *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 43, n° 1 (1984), p. 17-29.

158. KIVY, *Authenticities*.

159. THOM, *For an audience*, p. 28.

160. Stephen DAVIES, *Musical Works and Performances*.

161. GOEHR, *The Imaginary Museum of Musical Works*.

162. CANONNE, « Du concept d'improvisation à la pratique de l'improvisation libre ».

163. Mouvement d'art né dans les années 1960, croisant musique, arts visuels et littérature, Fluxus questionne le rôle de l'art, de l'œuvre, de l'artiste. S'en reconnaissent des « *happenings* » ou « *events* », qui sont des performances artistiques éphémères invoquant la participation du public et qui inventent de nouvelles manières de faire de l'art.

164. WRIGHT, « Vers un art sans œuvre, sans auteur, et sans spectateur ».

avoir en mémoire, dans la tête ou dans les doigts) ? Nous avons vu plus haut que dans toute improvisation se retrouvent en général des éléments connus (voir p. 63), des éléments déjà composés : que ce soient des motifs, schémas ou articulations typiques du style choisi pour l'improvisation, ou des habitudes de jeu d'un musicien. Nous verrons plus loin qu'avec les instruments numériques, de nouvelles questions se posent quant au matériau déjà composé précédant une improvisation (voir 3.3.2.2, p. 280), remettant en question la notion même d'improvisation.

1.2.2.2. *La musique comme performance*

La musique, nous l'avons vu, peut s'étudier par l'intermédiaire de ses œuvres, que l'on entend lors des performances. Mais on peut aussi s'intéresser en premier lieu aux performances elles-mêmes. Car la musique n'est jamais que du sonore : tous les gestes, même ceux qui sont inutiles à la production sonore en tant que telle, contribuent à la performance, et à la musique elle-même. La musique n'est pas seulement un paquet de sons organisés, elle est (en premier lieu) un art du vivant, incarné, qui prend naissance dans le corps du musicien, que ce soit de manière directe (la voix) ou par délégation, grâce à des instruments. Il existe pourtant aussi des œuvres musicales qui ne sont pas destinées à la performance, elles ne nécessitent pas d'interprétation, pas de jeu. Ce sont des œuvres où les sons sont fixés sur support¹⁶⁵. Leur existence a été rendue possible par les technologies de l'enregistrement. Leur présentation lors d'un concert (ou à la maison) est une lecture automatique du sonore par un appareil (*playback*), il ne s'agit pas d'une performance. Ce sont ainsi des œuvres « pour le playback, pas pour la performance¹⁶⁶ ». Aron Edidin distingue les différents genres d'enregistrements : il y a des enregistrements de performances (qui témoignent de l'existence d'une performance et en constituent une trace) et des enregistrements de compositions (qui constituent des œuvres fixées sur support)¹⁶⁷. Ainsi une partie de la musique se passe de performance, mais cela n'annule pas le fait que la musique est – ou fut – d'abord un art de la performance.

Si aujourd'hui la musique est majoritairement écoutée sous sa forme enregistrée – c'est ainsi qu'elle est facilement accessible et disponible, elle est même omniprésente –

165. Ce sont des œuvres phonographiques conçues en studio, par exemple la musique concrète et la musique électronique de studio, et aussi les disques de la musique rock. Voir POUIVET, « L'ontologie du rock ».

166. Stephen DAVIES, *Musical Works and Performances*, p. 7-8.

167. Aron EDIDIN, « Three Kinds of Recording and the Metaphysics of Music », *The British Journal of Aesthetics* 39, n° 1 (1999), p. 24-39.

les concerts continuent pourtant d'exister. Ecouter un disque à la maison, souvent, ne suffit pas : on veut voir son groupe favori en concert, écouter l'orchestre jouer en direct, admirer le virtuose aussi bien avec ses oreilles qu'avec ses yeux. Avec l'enregistrement, l'expérience de la musique se passe de la performance comme moment vécu et partagé par les musiciens et le public. Soit une performance a effectivement eu lieu, et on écoute son enregistrement, soit il n'y a pas eu de performance, et la musique est créée en studio – bien souvent à l'aide d'ordinateurs. Il y a aussi tous les cas intermédiaires où des parties ou échantillons musicaux sont joués par des musiciens, enregistrés puis montés en studio. Le résultat total n'a jamais existé comme performance, mais il se compose d'échantillons qui ont été performés, hors situation de scène mais toujours intentés pour un public, de manière indirecte. Avec le studio, on peut travailler le son pour avoir un rendu parfait, effacer tous les défauts, on peut éliminer le risque d'erreur. On évite alors les risques de la scène : erreurs des musiciens, stress et fatigue, problèmes techniques... On pourrait se passer de performance. Mais pourtant, on continue de se produire en concert. Cela montre bien qu'il y a un certain besoin de performance, et que la musique dépasse le seul fait du sonore. De la part des musiciens persiste une envie de se mettre sur scène, de partager son expérience créatrice et artistique avec un public. Et cela au-delà de la contrainte financière qui pousse les artistes de studio à partir en tournée pour rentabiliser un album et répondre au désir des mélomanes. Même si la diffusion par internet fait naître un genre nouveau de musiciens qui n'ont pas besoin de sortir de leur salon ou de leur studio pour se faire connaître, le concert reste souvent un objectif à atteindre pour sortir de la toile. La musique n'est pas que du sonore, et si la musique électronique ou numérique permet de tout préparer en studio, et de se passer de performance, elle n'a pas aboli la performance pour autant. La performance musicale est spécialement étudiée par David Davies, Stan Godlovitch et Nicholas Cook.

Pour David Davies¹⁶⁸, une performance est une action, ouverte à l'examen ou à l'approbation d'un public, c'est un geste intenté pour un public. Parmi les performances, toutes ne sont pas artistiques. Il distingue deux concepts : les œuvres-performances, qui incitent à interroger la nature des performances des œuvres musicales, et les performances-œuvres, où la performance est en elle-même une œuvre¹⁶⁹. C'est le cas des

168. David DAVIES, *Philosophy of the performing arts*.

169. DAVIES, p. 18.

musiques improvisées notamment : une performance peut n'être la performance d'aucune œuvre, mais être œuvre par elle-même. Ces deux concepts peuvent être confondus, quand la performance se veut être l'interprétation d'une œuvre musicale ou théâtrale. Ainsi, Davies montre que la performance a une valeur artistique propre, indépendamment de l'œuvre que le musicien prévoit d'interpréter. Il va ainsi à l'encontre de la conception de l'œuvre d'art comme un objet qui dure dans le temps, position défendue notamment par Thom et Stephen Davies¹⁷⁰.

Stan Godlovitch ouvre son livre avec l'affirmation : « la musique est un art performatif [*performative art*]¹⁷¹ ». Et il souligne que pourtant, on en fait principalement l'expérience via des enregistrements, qui ne sont plus des réelles performances. Il apporte un regard neuf sur la performance musicale dans son étude philosophique, en donnant au musicien interprète le statut d'artiste créateur, et non de simple messenger intermédiaire entre le compositeur et l'auditeur. Il montre que les performances musicales ne sont pas subordonnées aux œuvres écrites, mais opèrent au moins en collaboration avec, et aident à créer les œuvres elles-mêmes¹⁷². Il construit un modèle pour la performance musicale, en mentionnant les éléments son, agents, œuvre, auditeurs. Une performance est un « événement hautement intriqué comprenant des joueurs, des sons, des œuvres, des récepteurs, dans une configuration rituelle¹⁷³ ». C'est un événement qui invoque une cause (action humaine), une intention (projet), une compétence, et une audience visée et présente. La performance musicale consiste à « causer et donner forme de manière expressive à des séquences ordonnées de notes (hauteurs et rythmes)¹⁷⁴ ». Godlovitch explique que la performance appartient à la tradition de l'artisanat comme pratique professionnelle, c'est-à-dire qu'elle réunit des experts de leur art, qui font preuve de compétences techniques et interprétatives. Cette tradition est gouvernée de manière interne par des standards conservatifs sur les compétences et expertises manuelles ; elle comporte un aspect rituel et une structure hiérarchique, et elle oppose de la résistance aux nouveaux défis apportés par les nouvelles technologies en musique. Godlovitch mentionne le synthétiseur à clavier comme nouvel instrument, né de l'électronique, qui construit sa propre tradition. Cet instrument s'est suffisamment répandu pour avoir bâti

170. THOM, *For an audience* ; Stephen DAVIES, *Musical Works and Performances*.

171. GODLOVITCH, *Musical performance*.

172. GODLOVITCH, p. 5.

173. GODLOVITCH, p. 1.

174. GODLOVITCH, p. 53.

une communauté de musiciens et développé des techniques de jeu partagées. Quant à la musique par ordinateur, elle ouvre selon lui à une autre catégorie artistique. De même que la photographie n'est plus la peinture, l'ordinateur permet de nouvelles manières de jouer avec le son : « une nouvelle forme d'art¹⁷⁵ ». Si concevoir de la musique avec un ordinateur requiert toujours des compétences, le contrôle est distant (*remote control*) car dans l'absolu, c'est l'ordinateur qui crée le signal sonore* ; l'utilisateur n'a aucun moyen de manipuler lui-même les unités de mémoire ou les ondes électromagnétiques. Il n'y a plus de cause primaire : entre l'utilisateur et le résultat, le matériau informatique pose un fossé. Le signal numérique pourrait d'ailleurs tout aussi bien être traduit en sons par un haut-parleur qu'en image sur un écran, pour la machine et ses calculs, cela ne fait aucune différence. L'ordinateur, en outre, permet de concevoir de la musique qui se passe du jeu du musicien. Elle est exécutée par la machine, c'est le *playback*. Godlovitch n'a sans doute pas encore connaissance des possibilités de contrôler de la musique par ordinateur grâce à des interfaces gestuelles, qui permettent de la jouer en situation de concert.

Nicholas Cook affirme qu'en musique, ce sont les performances qui portent le sens musical. A son tour, il s'oppose à l'hégémonie de l'approche de la musique par l'écriture, liée à l'idée qui accorde à la performance la mission de reproduire une œuvre, encodée dans une partition écrite. C'est ce qu'il appelle la « malédiction de Platon », parce qu'elle donne une nature abstraite et immuable aux œuvres musicales. Cette idée est ancienne et a une grande influence sur les pensées et les pratiques. Dans les mots de Cook résonnent ceux de Christopher Small, qui décrit ce phénomène comme une réification de la musique. Il affirme plutôt que « la performance n'existe pas pour présenter des œuvres musicales, mais ce sont plutôt les œuvres musicales qui existent pour donner aux performeurs quelque chose à performer¹⁷⁶ ». Pour Small, la musique ne consiste pas en des objets mais en des actions, et il nomme cette famille d'actions « *musicizing* » : cela comprend jouer, écouter, répéter, composer, danser. Cook montre également que tout est impactant en performance, même les gestes non musicaux, depuis l'arrivée du musicien sur la scène aux mouvements de son corps qui accompagnent le jeu musical. Il mentionne par exemple le corps de Jimi Hendrix, dont les mouvements participent à la musique, ou encore tous les gestes d'un pianiste, même avant qu'il ne s'assie au piano. Rien dans

175. GODLOVITCH, p. 97.

176. Christopher SMALL, *Musicking: the meanings of performing and listening*, (Hanover: University Press of New England, 1998), p. 8.

l'environnement de la performance ne peut être tenu de n'avoir aucune influence : « le concept d'extra-musical est inapplicable à la performance¹⁷⁷ ».

La performance musicale est plus qu'un partage du sonore, c'est un partage d'événement. C'est quelque chose d'évident sur les scènes pop-rock (les mouvements du chanteur sont déterminants pour la performance musicale, comme le montre Cook avec Jimi Hendrix sautant ou levant la main, opérant une « musicalisation du corps¹⁷⁸ »), mais aussi très présent ailleurs. Le sonore de la musique a même été contesté par certains compositeurs : Mauricio Kagel avec *Pas de cinq - Wandelszene*, ou Francesco Filidei avec *I Funerali dell'Anarchico Serantini*. *Pas de cinq* (1965) est une « scène à déambuler ». Les performeurs se déplacent sur la scène entre les cinq sommets d'un pentagone dessiné au sol. Ils portent une canne, et par terre peuvent être disposés des objets pour diversifier le bruit des pas. La partition décrit les déplacements à effectuer. Ainsi que l'écrit Björn Heile :

De plusieurs manières, le théâtre instrumental de Kagel cherche à redécouvrir ce qui a été perdu dans la musique classique occidentale : la nature visuelle et cinématique de la performance, la physicalité du jeu de la musique, la présence corporelle des performeurs, l'espace tridimensionnel de la scène, le spectacle d'événements scéniques. Ce sont les composants de la musique dans la plupart des cultures ; aucune autre culture ne considère la musique comme du son pur et désincarné, de même qu'en musique occidentale, cette conception est relativement nouvelle¹⁷⁹.

I Funerali (2006) met en scène six percussionnistes alignés derrière une table. Ils font des mouvements de tête, des bruits de respiration, frappent des mains sur la table. Certains mouvements ne sont pas sonores, certains sons (à bouche fermée) ne sont pas visibles. La pièce consiste en une organisation de l'espace, du temps, des gestes ; on peut y voir un essai de démonstration des propriétés visuelles et corporelles de la musique, alors réduite à un geste qui structure le temps. Dieter Schnebel, lui aussi, attaque l'idée de musique purement sonore. Dans certaines de ses pièces, on s'intéresse plus au geste de production qu'au son produit. Dans *Maulwerke* (1968/74), les instructions invitent les performeurs à utiliser leur voix et leur respiration de certaines manières inhabituelles. Les partitions

177. COOK, *Beyond the score*, p. 332.

178. COOK, *Beyond the score*, p. 294.

179. Björn HEILE, *The Music of Mauricio Kagel* (Farnham, Surrey: Ashgate, 2006), p. 37.

notent des processus de production du son, mais pas de résultat final. L'œuvre n'est pas un objet fini, mais un processus. Ainsi, en se passant d'instruments de musique au sens propre et, par moment, en se passant du sonore lui-même, ces exemples peuvent se lire comme des démonstrations que la musique n'est pas que le fait du sonore, mais qu'elle abrite aussi une dimension corporelle : elle inclut le mouvement. Le geste du musicien structure aussi bien le temps du sonore que l'espace visuel scénique. En déconstruisant la musique, en explorant les limites du jeu musical et de la performance, ces pièces mettent en lumière certaines de ses propriétés essentielles.

Pour résumer, la nature de la performance musicale est de l'ordre de l'événement, de l'action, c'est un moment et un espace partagés. Elle est un acte en situation, et un acte qui produit de la musique. Son mode d'existence est limité dans l'espace et le temps. La performance existe sur les plans visuel, sonore, sur le plan de l'interaction entre les performeurs, entre les performeurs et le public, et entre les performeurs et les objets qu'ils utilisent. Une performance est par définition unique. Mais elle peut appartenir à un groupe de performances qui se ressemblent, quand elles sont aussi interprétation d'une même œuvre, ou quand elles répondent à un même schéma établi : on peut « refaire » une performance. Chacune sera unique, mais appartient à une famille de performances. Les ressemblances qui les unissent sont plus ou moins fortes, selon le type d'œuvre et la manière dont elle est définie (dense ou fine¹⁸⁰).

1.2.2.3. *La performance, l'œuvre et l'instrument de musique*

La performance, qu'elle soit l'interprétation d'une œuvre écrite ou composée, ou bien qu'elle soit une improvisation, est intimement liée à ses instruments de musique. Au cours du temps, dans la tradition de la musique écrite occidentale, la dépendance entre l'instrument et l'œuvre s'est accrue. Arrêtons-nous ici pour jeter un regard sur les siècles passés : à la Renaissance, on peut trouver des partitions dont la mélodie peut être jouée par n'importe quel instrument, le texte ne le spécifie pas. Flûte ou violon pourront également faire l'affaire. Dans l'ensemble baroque, la partition de basse continue sous-entend un clavecin, mais aussi et bien souvent de manière indifférente, un ou deux violoncelles, une contrebasse ou un basson. L'orchestre classique dispose d'une écriture bien plus détaillée, précisément distribuée selon les pupitres, chaque portée étant attribuée à un instrument (ou groupe d'instruments) bien spécifique. La partition ne laisse libre que

180. Stephen DAVIES, *Musical Works and Performances*.

le nombre d'instruments par pupitre : on pourra avoir indifféremment six ou dix premiers violons, par exemple. Dans des œuvres plus récentes, on n'imaginerait pas changer l'instrumentation. Un *Prélude à l'après-midi d'un faune* sans sa flûte ne serait plus un *Prélude à l'après-midi d'un faune*, ou un *Sacre du printemps* sans son basson ne serait plus un *Sacre du printemps*. Comme le souligne Sève, on passe de l'indifférence à la fusion de l'œuvre et de l'instrument¹⁸¹. L'œuvre (nous parlons ici des pièces composées, écrites, et interprétées lors des performances) dépend de l'existence des instruments de musique, et la performance ne peut exister sans eux.

Dans le cadre des œuvres que l'on performe, l'instrument de musique est une condition de l'œuvre. Quand une œuvre est composée pour un certain instrument ou groupe d'instruments, ce sont d'abord ces instruments qui l'inspirent. Le compositeur les connaît, il peut se les représenter, il entend leurs sons, leur jouabilité. Par l'écriture, il imagine un monde sonore qui les fera vivre ensemble, interagir, le temps de la performance de son œuvre. Il construit et écrit les relations qu'ils entretiendront dans la pièce, il élabore un équilibre de sons, de timbres, de dynamiques et d'harmonies qui constituent son œuvre. L'instrument inspire le compositeur, il est une condition de l'œuvre, de son écriture, et de sa performance¹⁸².

Réciproquement, les œuvres de la tradition écrite contribuent à façonner l'identité des instruments. Le violoncelle serait-il celui que l'on connaît sans les suites de Bach ? Comptant parmi les œuvres majeures de son répertoire, les suites de danses permettent au violoncelle de prouver ses capacités rythmiques et harmoniques. Et ce même violoncelle, est-il toujours le même avec la sonate de Kodály ? Cette pièce, interprétée pour la première fois en 1918, non seulement introduit de nouvelles techniques de jeu pour cet instrument, mais aussi lui confère un caractère sonore et rythmique nouveau. Le style et les couleurs sonores déployés dans la pièce ajoutent quelque chose à l'identité de l'instrument. Les œuvres contribuent parfois à instaurer de nouveaux modes de jeu chez les instruments, élargissant ainsi leur palette sonore. On peut penser aussi aux *flauterzunge* ou aux *pizz* Bartók, qui enrichissent les capacités sonores respectivement de la flûte et des instruments à cordes¹⁸³. Cela ajoute de nouveaux éléments à l'identité de

181. SEVE, *L'instrument de musique*, p. 320. Voir aussi François DELALANDE (éd.), *Le son des musiques: entre technologie et esthétique*, (Paris: Institut national de l'audiovisuel : Buchet/Chastel, 2001).

182. Jerrold LEVINSON, « L'instrument de musique : réflexions sur le geste, l'écoute et la création », *Methodos*, n° 11 (2014) [<http://methodos.revues.org/2560>, consulté le 3 janvier 2017].

183. SEVE, *L'instrument de musique*. Le *flauterzunge* est une technique d'articulation chez la flûte traversière. Les *pizz* Bartók consistent à faire claquer la corde sur la touche en la jouant avec les doigts.

l'instrument de musique. Ainsi, les œuvres contribuent à établir le caractère et l'identité des instruments.

Stravinsky va même plus loin en disant que les œuvres donnent naissance aux instruments. « Les instruments ne sont rien en eux-mêmes, c'est la littérature qu'ils jouent qui les crée¹⁸⁴ », écrivait-il. Cette littérature, appelée aussi *répertoire minimal*, est nécessaire non pour « faire » un instrument de musique, mais pour le « consacrer » comme vrai instrument de musique, l'adouber comme faisant partie de la famille des instruments de musique. Que serait un instrument qui n'aurait jamais été joué ni présenté au public, pour lequel n'existerait aucune partition ni tradition instrumentale ? Quel genre d'existence aurait-il ? Celle d'un reclus, caché dans un atelier de luthier, dont les quelques excursions au dehors se seraient révélées infructueuses et décourageantes. Il ne pourrait pas compter parmi les instruments de son époque, il serait tout au plus une sorte de clandestin. Le thérémine, instrument électronique inventé au début du XX^{ème} siècle, n'a pas suscité la création d'une collection d'œuvres qui lui seraient propres ; il a principalement été employé pour jouer des airs déjà connus¹⁸⁵. Varèse déplore ce manque de répertoire :

Le Theremin possède un son aigu jamais entendu auparavant et offre toutes les possibilités. Il a été utilisé dans de nombreux concerts en France. L'ennui est qu'on l'utilise pour jouer de la musique classique, ce qui rend sa sonorité semblable à celle de tous les instruments¹⁸⁶.

Varèse souligne ici le fait qu'en n'ayant pas réussi à se constituer un répertoire propre, le thérémine échoue à se construire une identité, à se définir une sonorité propre. Pourtant doté d'un son particulier, il n'a développé aucun idiome, aucune identité propre. À travers cet exemple emblématique, Varèse montre qu'un répertoire spécifique à un instrument permet de lui créer une identité sonore, par des modes de jeu, articulations ou idiomes particuliers. En répliquant des mélodies déjà existantes, le thérémine ne fait qu'imiter la voix d'autres instruments, et ne cherche pas à créer son propre mode d'expression. Cela souligne d'autant plus le besoin crucial des instruments d'avoir un répertoire pour exister. Un instrument de musique est non seulement un objet physique, avec des potentialités sonores connues ou inexplorées, mais aussi un objet social et culturel dont l'identité se

184. Igor STRAVINSKY, cité dans Jacques DEWITTE, « L'invention instrumentale : Hommage à Igor Stravinsky », *Methodos*, n° 11 (2011).

185. Quelques œuvres ont tout de même été composées pour le thérémine, par exemple la *First Airphonic Suite* de Joseph Schillinger (1929).

186. VARESE, *Écrits*, p. 89.

construit au travers des œuvres musicales et s'affirme par la démonstration des capacités sonores de l'instrument. Il y a donc une réciprocité de création, une dépendance réciproque entre l'instrument et l'œuvre – nous parlons bien ici d'œuvre écrite, que l'on peut rejouer à loisir, qui fait partie du patrimoine de l'humanité.

Certains instruments, pourtant, ne disposent pas d'un répertoire d'œuvres écrites. Instruments traditionnels et folkloriques, ils sont entourés non d'œuvres mais de pratiques sociales, liées à la communication, aux rituels, à des activités comme la chasse... On peut nuancer les propos de Stravinsky ou de Varèse : l'absence de répertoire ne leur interdit pas d'être des instruments de musique, cependant, ces instruments s'inscrivent dans une musique qui se passe de la notion même de répertoire, et appartiennent à d'autres traditions que celle de la musique écrite occidentale. Ils disposent d'idiomes particuliers qui ne constituent pas d'œuvres. La pratique, et non le répertoire, semblent être nécessaire à l'existence de l'instrument de musique.

Nous pouvons résumer en disant que les instruments de musique sont une condition de la création d'œuvres musicales, et que les œuvres contribuent à forger l'identité des instruments. Mais cette relation de dépendance entre l'œuvre et l'instrument de musique va être amenée à évoluer avec les instruments numériques.

1.2.2.4. *Présentations musicales*

Selon les outils et instruments utilisés lors de performances musicales, on peut avoir différents types de performances – ou pas de performance du tout. Il est ainsi plus approprié de parler de « présentation musicale » de manière générale. Le concert, avec ses dispositions conventionnelles, permet le déroulement d'une performance, en rassemblant performeurs et spectateurs dans ces rôles choisis. Mais tous les concerts ne sont pas des performances. On peut distinguer différents types de présentations musicales :

– *Le concert acousmatique** : c'est de la diffusion musicale, la lecture d'une bande enregistrée. L'œuvre est fixée sur un support, elle est lue de manière automatique et diffusée par des haut-parleurs. La musique peut être le médium principal du concert ou accompagner d'autres supports, comme une vidéo. Ce n'est pas une performance, mais une pure présentation de la musique : il n'y a aucune action performative, aucune action qui soit nécessaire une fois le processus de lecture lancé. Il suffit d'avoir branché des haut-parleurs et d'appuyer sur *play*, et c'est l'appareil qui « joue » – qui fonctionne, tout simplement. On pourrait parler de sculpture sonore ou de sonographie pour désigner ce

type de musique fixée sur support. L'aspect performatif est soit complètement absent (musique construite en studio par voie de synthèse ou avec des échantillons sonores), soit différé et dissocié (on a pu enregistrer des musiciens, mais le résultat est dissocié du moment performatif où les musiciens ont joué). C'est par exemple la restitution de *De Natura Sonorum* (1975) de Bernard Parmegiani : les sons enregistrés (sons concrets ou d'origine électronique ou instrumentale) sont fixés sur support et restitués par une machine lors du concert. On doit les premières œuvres de musique acousmatiques à Pierre Schaeffer, inventeur de la musique concrète¹⁸⁷ : des sons enregistrés, assemblés et fixés sur support, qu'on fait ensuite jouer par un lecteur de musique¹⁸⁸. L'une de ses premières œuvres, les *Cinq études de bruits*, est créée à la radio en 1948, puis en concert en 1971¹⁸⁹.

– *La diffusion spatialisée en temps réel* : c'est aussi la lecture d'une musique enregistrée, mais cette musique est fixée sur plusieurs pistes et le réglage des volumes des différents haut-parleurs est effectué en direct : c'est la spatialisation¹⁹⁰. Un opérateur, ou musicien-spatialisateur, s'occupe pendant tout le concert de régler la diffusion des différentes pistes dans l'espace de la salle. Il est assis à la table de mixage, souvent au milieu de la salle pour avoir une bonne idée de l'équilibre et du mouvement entre les sources sonores. On ne parlera pas de performance dans cette situation : l'influence de celui qui règle les volumes affecte la diffusion et la propagation du son (pouvant créer des impressions de mouvement), mais pas le son lui-même. Ses réglages s'apparentent plus à une adaptation évolutive aux effets de salle. On a pu parler d'interprétation à ce sujet, comme Eric Maestri¹⁹¹. Le compositeur Marco Stroppa parle aussi de « performer » la musique électroacoustique spatialisée¹⁹². Mais ce n'est pas à notre sens une interprétation

187. François BAYLE, *Musique acousmatique: propositions... positions* (Paris: Buchet/Chastel, 1993).

188. On peut voir dans *Pini di Roma – I pini del Gianicolo* d'Ottorino Respighi (1924) une préfiguration de la musique acousmatique, lorsqu'est joué, en même temps que l'orchestre, un enregistrement de chants d'oiseaux.

189. <http://brahms.ircam.fr/works/work/28232/> (consulté le 09/09/2019).

190. Notons qu'aujourd'hui, la spatialisation est généralement sous-entendue lorsqu'on parle de concert acousmatique. Si nous présentons ici deux catégories distinctes, c'est dans un souci historique (distinguant les premiers « concerts de bruits » des années 50 des concerts spatialisés, grâce notamment à l'acousmonium dont François Bayle fut à l'origine en 1974) et dans le but d'articuler notre argumentaire. Voir Pierre COUPRIE, « La musique électroacoustique en concert : histoire et perspectives », dans *L'observatoire des pratiques musicales. Méthodes et enjeux* (Paris, France, 2001), p. 43-52. Voir aussi François Delalande, « Le paradigme électroacoustique », dans Jean-Jacques Nattiez (éd.), *Musiques : Une encyclopédie pour le XXIe siècle*, vol. 1 (Paris: Actes Sud, 2003), p. 533-557.

191. Eric Maestri défend l'idée que la musique électroacoustique fixée sur support fait l'objet, elle aussi, d'une performance et d'une interprétation : Eric MAESTRI, « Si può interpretare la musica elettroacustica? », *Aisthesis. Pratiche, linguaggi e saperi dell'estetico* 6, n° 3 (2013), p. 173-193.

192. Marco STROPPA, « Live electronics or...live music? Towards a critique of interaction », *Contemporary Music Review* 18, n° 3 (1999), p. 41-77. Vincent Tiffon considère même comme geste instrumental l'action d'arrêter et redémarrer la lecture d'une bande qui accompagne un instrumentiste,

musicale : la bande sonore reste fixe, on ne touche pas au contenu du son mais à sa diffusion spatiale. Kevin Dahan et Martin Laliberté, s'ils parlent également d'interpréter la musique fixée sur support, envisagent plutôt d'en contrôler la lecture grâce à des interfaces gestuelles qui permettent de faire varier certains paramètres sonores¹⁹³. François Bayle, quant à lui, parle de « "mise en scène" acoustique et musicale¹⁹⁴ » pour désigner cette spatialisation lors du concert. En changeant les différents volumes des haut-parleurs, ainsi que parfois leurs caractéristiques (avec des filtres*), on peut certes altérer le résultat sonore, et parvenir au fait que chaque diffusion d'une même œuvre sera sensiblement différente, laissant penser à une famille de performances. Mais pour chaque diffusion, le résultat sonore est aussi différent pour chaque auditeur assis à un endroit différent de la salle. Pour exemple, de nombreuses œuvres de Bayle comme *La Main Vide* (1995) ou *A B A (à Béa)* (créée en 2017 à Bruxelles) entrent dans cette catégorie.

– *Le mixage* : lors de la performance, des morceaux, des extraits de musique et des échantillons sonores sont déjà prêts, sur disques ou sur support informatique, parfois aussi sur cassettes audio. La performance consiste à faire jouer ces supports, tour à tour ou en même temps en les superposant et en les enchaînant, et en y ajoutant des effets sonores. Mixer les échantillons, c'est jouer avec les supports. Cette catégorie est proche de la précédente mais s'en distingue par le fait qu'ici, on ne diffuse pas une œuvre déjà composée, mais on crée un nouvel assemblage à partir d'une collection d'échantillons ou pistes enregistrés. Le rôle du performeur n'est pas de spatialiser une musique déjà composée mais de créer un nouveau « mix » à partir de morceaux préexistants. C'est l'art du DJ, qui nécessite une compétence particulière à cette discipline. Il produit une nouvelle musique à partir d'extraits d'autres musiques. On ne dira pas qu'il « joue » de la musique : son instrument est un instrument de lecture, et non un instrument de musique. C'est une table de mixage avec des platines, sur lesquelles sont joués des vinyles. Cela n'empêche pas qu'il puisse faire preuve de compétences très spécifiques et d'une grande virtuosité dans la manipulation des objets et dans sa création sonore. Il s'agit bien là d'une performance et non d'une présentation musicale : bien souvent, le résultat sonore n'a rien

comme dans la pièce *Musica su due dimensioni* de Bruno Maderna pour flûte, percussion et bande (1958). Voir Vincent TIFFON, *Recherches sur les musiques mixtes*, thèse de doctorat (Aix-Marseille 1, 1994).

193. Kevin DAHAN et Martin LALIBERTE, « Réflexions autour de la question d'interprétation de la musique électroacoustique », *Proceedings of Journées d'Informatique Musicale (JIM2008)*, 2008, p. 10-15.

194. François BAYLE, « Acousmatique Musique », dans *Encyclopædia Universalis [en ligne]*, consulté le 10 septembre 2019, <http://www.universalis-edu.com/acces-distant.bnu.fr/encyclopedie/musique-acousmatique/>.

à voir avec les enregistrements sonores individuels. Mais ce n'est pas une performance instrumentale¹⁹⁵.

– *La performance instrumentale* : elle requiert l'utilisation d'instruments de musique. Toutes les scènes de musiques acoustiques et électriques (musiques amplifiées) sont instrumentales. Elles le sont dès lors qu'elles mobilisent des performeurs qui sont des musiciens et qui s'impliquent physiquement dans la production de la musique en jouant de leur instrument. Jouer est alors une action corporelle, appliquée à un objet qui produit les sons. Les musiciens peuvent aussi être non-instrumentistes, auquel cas ils sont chanteurs et peuvent se passer d'instrument¹⁹⁶. Demeure leur engagement corporel dans la production sonore.

– Parfois, une performance musicale peut faire appel à plusieurs des catégories précédentes. Plusieurs techniques sont utilisées : une bande est jouée, déclenchée par le régisseur son ou par les musiciens eux-mêmes depuis des ordinateurs, et le jeu instrumental se mêle aux pistes électroniques. Phill Niblock par exemple, dans sa pièce *Hurdy Hurray* (1998), combine la lecture d'une piste enregistrée avec le jeu en direct d'une vielle à roue. C'est ce que fait aussi Chapelier Fou, en superposant son jeu au violon à des pistes électroniques qu'il a réalisées en studio¹⁹⁷. Des musiciens peuvent même créer leurs bandes pendant le concert en s'enregistrant, puis en diffusant ce qu'ils viennent d'enregistrer tout en continuant à jouer. C'est possible grâce aux dispositifs de *loop-station*¹⁹⁸ et autres outils électroniques. Ainsi, un musicien seul peut simuler un orchestre

195. Le rôle du DJ est, le plus souvent, d'animer une soirée et de faire danser la foule. Historiquement, le DJ est celui qui sélectionne des morceaux et les fait jouer à la radio (voir Ulf POSCHARDT, *DJ-Culture*. Traduit par Shaun Whiteside (London: Quartet Books, 1998)). Mais parfois le DJ se place dans une dynamique un peu différente : il se concentre plus sur les effets sonores (comme le scratch) que sur le jeu des vinyles. C'est la tendance « *turntablism* », une manière parmi d'autres d'exercer l'art du DJ. Le jeu du DJ repose alors moins sur des sons préexistants que sur ceux qu'il produit en direct, on se rapproche alors d'un jeu instrumental. C'est par exemple le performeur Christian Marclay, qui enregistre pendant le concert ses échantillons sonores et les rejoue, utilisant la table de mixage comme un instrument de musique. Voir Bruno BOSSIS, Christian MARCLAY, et Frédéric DUFEU, « Le support sonore comme instrument de musique chez Christian Marclay », dans *La musique et ses instruments, Actes en ligne du colloque CIM-09*, 2009, <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/16367/>. Voir également Tobias C Van VEEN et Bernardo Alexander ATTIAS, « Off the Record: Turntablism and Controllerism in the 21st Century, Part 1 », *Dancecult: Journal of Electronic Dance Music Culture* 3, n° 1 (2011), <https://dj.dancecult.net/index.php/dancecult/article/view/319> ; Tobias C Van Veen et Bernardo Alexander Attias, « Off the Record: Turntablism and Controllerism in the 21st Century (Part 2) », *Dancecult: Journal of Electronic Dance Music Culture* 4, n° 1 (2012), <https://dj.dancecult.net/index.php/dancecult/article/view/332>, consultés le 18 octobre 2019.

196. Ou bien ils sont chefs d'orchestre. Ceux-ci ne jouent pas d'un instrument de musique, mais ils participent à la performance instrumentale en dirigeant les instrumentistes.

197. Voir un exemple : <https://chapelierfoumusic.com/fr/video/darling-darling-darling/> (consulté le 06/06/2019).

198. Il s'agit d'un dispositif permettant d'enregistrer une séquence sonore et de la faire jouer en boucle.

virtuel. C'est le cas du *Hidden Orchestra*¹⁹⁹, et de beaucoup de groupes contemporains en général, qui combinent les sons de différents instruments sans avoir besoin des instrumentistes associés. Les concerts de musique mixte (voir 2.4.4.1, p. 143) s'inscrivent aussi dans cette catégorie, où un musicien instrumentiste est accompagné par une bande enregistrée ou bien pas un ordinateur qui transforme en direct les sons qu'il joue, nécessitant ou pas l'intervention d'un opérateur pour l'ordinateur.

Le type de présentation musicale est déterminé par le type d'instruments utilisés (platines, appareils de lecture et haut-parleurs, instruments de musique). Cette classification nous servira pour examiner les types de performances créées par les instruments numériques. Nous y reviendrons en troisième partie, et nous pourrons alors la déployer et l'enrichir grâce à l'apport des situations musicales numériques.

Conclusion

Dans cette partie, nous avons pu aborder différentes manières de définir l'instrument de musique. Les définitions de l'instrument de musique sont variées, et encore plus aujourd'hui, alors que s'installent sur les scènes musicales de nombreux outils numériques qui défient les connaissances et croyances communes du public comme des artistes. Nous avons montré qu'il n'existe pas de consensus quant à la définition de l'instrument de musique. Les définitions de sens commun sont vagues et les croyances populaires ne sont pas capables d'appréhender des situations radicalement nouvelles. Les définitions classiques, centrées sur l'instrument acoustique, sont restrictives et excluent d'emblée tous les instruments numériques et les ordinateurs, ainsi que les instruments électroniques. Quant aux définitions plus larges, elles sont souvent justement trop larges ; parfois elles qualifient toutes sortes d'objets d'instruments de musique, d'autres fois elles se contredisent entre elles. Aujourd'hui, alors que les moyens numériques ont pris et acquis leur place dans les processus créatifs musicaux, l'instrument de musique semble résister à une définition exhaustive. Les multiples configurations musicales, de la salle de répétition au studio ou de la fosse d'orchestre aux platines du DJ, mettent en scène divers objets aux utilisations tout aussi variées, et on ne sait plus ce qui est instrument de musique et ce qui ne l'est pas. Il est donc temps à présent d'examiner en détail ce que sont et ce que font les nouveaux instruments numériques, pour identifier les changements qu'ils

199. <http://www.hiddenorchestra.com/> (consulté le 06/06/2019).

apportent dans les pratiques musicales, et vérifier si on peut les considérer comme des instruments de musique – et pour quelles raisons. Pour anticiper : nous sommes de l'idée qu'il convient de considérer au moins certains de ces nouveaux instruments comme des instruments de musique, mais que tous les outils numériques ne peuvent pas prétendre l'être. Il s'agira, dans le troisième chapitre, de tenter de réviser les définitions « classiques » de l'instrument de musique pour en chercher une définition plus ajustée, qui s'adapte avec souplesse aux nouveautés musicales tout en conservant un socle de signification. La nature de ces objets appartenant à un art sans cesse en évolution appelle à une redéfinition. Déjà en publiant leur classification des instruments de musique, von Hornbostel et Sachs présentaient que l'entreprise de la classification, en dépit de tous les avantages qu'elle apporte à la connaissance, ne rend pas justice à son objet :

Les traités de classification sont dans l'ensemble d'une valeur incertaine. Le matériau à classer, quel qu'il soit, a vu le jour sans aucun système, il se développe et évolue sans référence à aucun schéma conceptuel. Les objets à classer sont vivants et dynamiques, indifférents aux démarcations strictes et aux formes déterminées, alors que les systèmes sont statiques et dépendent de démarcations strictes et de catégories²⁰⁰.

Que l'on cherche à établir une classification ou une définition, une catégorie aussi ouverte que celle des instruments de musique n'accepte que très peu de critères restrictifs : juste assez pour lui permettre d'exister.

Comme nous l'expliquions plus haut, les instruments de musique sont nécessaires à l'existence des performances musicales instrumentales. C'est la condition pour que la musique soit « performée », pour qu'elle soit jouée et interprétée, *vivante*, incarnée dans le corps des musiciens et des performeurs, ancrée dans le moment partagé (en direct ou via l'enregistrement) avec des auditeurs. Nous avons examiné extensivement ce qu'est une performance musicale, sa relation à la notion d'œuvre musicale, et de quelle manière les performances sont marquées et caractérisées par le type d'instruments qu'elles mettent en scène. Avec l'arrivée des moyens numériques et des ordinateurs, les performances se trouvent transformées, et l'étude des instruments que nous nous apprêtons à commencer nous permettra d'appréhender les changements induits dans le fonctionnement des performances musicales par les instruments numériques.

200. Erich M. von HORNBOSTEL et Curt SACHS, « Classification of musical instruments », trad. par Anthony Baines et Klaus P. Wachsmann, *The Galpin Society Journal* 14 (1961), p. 3-29. Traduction personnelle.

Deuxième chapitre :

**Les instruments numériques
aujourd'hui**

2. Les instruments numériques aujourd'hui

Nous connaissons à présent différentes définitions et approches de l'instrument de musique : les définitions « classiques », centrées sur l'instrument acoustique, les approches contemporaines qui font évoluer ces définitions, les différentes manières d'aborder l'objet – ou l'idée – d'instrument de musique. Nous avons également exploré le concept de performance, et notamment celui de performance musicale. Les instruments utilisés pour produire la musique déterminent en grande partie le genre de performance que le spectateur pourra apprécier. Les instruments et les performances, objets de la musique, sont intimement liés dans leurs manières d'exister. Aujourd'hui, les systèmes musicaux qui s'inscrivent dans des fonctionnements numériques*, c'est-à-dire par l'encodage et le traitement numérique des données et des programmes* qui réalisent la synthèse sonore*, viennent à l'encontre des définitions traditionnelles de l'instrument de musique. Nous allons ici présenter et analyser ces instruments numériques, pour en comprendre les modes de fonctionnement sur les plans technique et esthétique. Cette étude de terrain nous permettra ensuite de confronter ces instruments aux critères des définitions du premier chapitre, pour pouvoir en proposer une révision là où ce sera nécessaire et saisir les transformations à l'œuvre dans les performances numériques. L'hypothèse de ce chapitre est que les instruments numériques font émerger un nouveau paradigme : un nouveau système de pratiques musicales. Avant de chercher à déterminer, dans un troisième chapitre, s'ils sont de véritables instruments de musique ou non, nous tenterons ici de vérifier si l'on peut en effet identifier un nouveau paradigme, qui serait caractéristique des nouveaux systèmes numériques de la musique. Nous allons pour cela examiner les instruments qui composent notre corpus, en analysant leurs modes de fonctionnement et les performances qu'ils permettent. Les instruments numériques seront donc présentés conjointement avec leurs productions, les pièces et performances qui les mettent en scène.

2.1. Introduction

Les nouveaux instruments numériques sont nombreux et très variés. Ils se caractérisent par l'élaboration et le traitement numérique du signal sonore*. Ces instruments permettent de produire du son en manipulant des interfaces*, grâce

auxquelles on peut interagir avec la matière numérique, l'information calculée qui élabore le signal sonore. Le « numérique » est de la matière informatique calculée ; des 0 et des 1 codent les données et les programmes qui les traitent. Nous n'en faisons l'expérience qu'à travers des interfaces. Avec les mots de Stéphane Vial, le phénomène numérique est un « noumène » : il ne devient perceptible qu'à travers un jeu d'appareillages. « Le noumène, ou chose en soi, c'est ce qui est au-delà de l'expérience possible¹ ». Le noumène numérique existe dans des puces de silicium au sein des processeurs*, il s'actualise en phénomène à travers des interfaces, devenant accessible à l'expérience. Vial explique ainsi :

Il faut aux processus numériques un appareillage technique pour pouvoir apparaître. Cet appareillage, ce sont les interfaces. Qu'elles soient graphiques (modalité visuelle), en ligne de commande (modalité textuelle) ou tangibles (modalité gestuelle), les interfaces sont les appareils de l'apparaître numérique : ce sont elles qui permettent de phénoménaliser le noumène numérique et d'en faire un phénomène visible et perceptible².

Une interface* est un dispositif permettant d'établir un lien de communication entre la machine et le musicien qui l'utilise. Les premiers ordinateurs à être commercialisés se manipulaient par l'écriture de lignes de commande. Rapidement sont développées les interfaces graphiques (le « bureau » et toutes ses icônes) pour un usage plus intuitif de la machine. Grâce à un dispositif de pointage (la souris), on manipule à l'écran des objets virtuels. Une interface graphique (l'affichage sur l'écran d'un logiciel*) permet à la machine de donner des informations à l'utilisateur et d'en recevoir. De manière générale, l'utilisateur peut fournir des informations à l'ordinateur grâce à toutes sortes de dispositifs capables de mesurer et transmettre des données. Le clavier et la souris d'ordinateur en premier lieu, mais aussi tout objet muni de capteurs* (donc mesurant quelque chose) peut être une interface, ainsi les claviers, des contrôleurs* à vent, ou tout objet équipé d'accéléromètres, de capteurs de position ou autres. Les interfaces constituent un grand terrain d'inventivité dans le domaine de la musique : elles permettent d'inventer des gestes et des modes d'interaction entre la machine et l'utilisateur.

1. Stéphane VIAL, *L'être et l'écran : comment le numérique change la perception* (Paris: Presses universitaires de France, 2013), p. 105. Un phénomène non perceptible est appelé noumène (il n'est donc pas réellement un phénomène, et ne peut le devenir que grâce à des appareils technologiques). Par exemple, il y a aussi le noumène quantique : on ne peut observer le comportement quantique des particules que grâce à des appareils de mesure, qui seuls rendent observable le monde de l'infiniment petit.

2. VIAL, p. 193.

L'interaction entre la machine et l'utilisateur dépend ainsi du type d'interface utilisé. Certains systèmes permettent des interactions grâce à des interfaces gestuelles. Celles-ci sont soit de forme complètement nouvelle, soit elles se servent d'instruments connus comme modèle ou directement comme support (on a des imitations numériques d'instruments classiques, ou bien des instruments acoustiques associés à des ordinateurs)³. Dans d'autres performances numériques, on agit directement « sur » l'ordinateur, par le texte ou par une interface graphique. C'est d'une part le texte du code informatique*, qu'on écrit dans un langage de programmation⁴. Et c'est d'autre part l'interface graphique, affichage à l'écran d'un logiciel qui permet d'interagir avec le code logiciel. Clavier et souris, écran tactile parfois, permettent d'agir sur le texte et l'interface graphique. Deux grandes catégories émergent ici : une première famille de dispositifs qui permettent une interaction gestuelle avec l'ordinateur, le performeur se tenant à distance de l'ordinateur avec son interface gestuelle ; et une seconde catégorie où le performeur est au contact de l'ordinateur et manipule le code par le texte ou par une interface graphique. C'est selon ces catégories que nous allons présenter les instruments dans ce chapitre. On aurait aussi pu classer les instruments numériques selon la technique employée, par exemple le type de synthèse sonore qu'ils utilisent (additive, soustractive, par modulation de fréquence*, granulaire, par modèles physiques...), ou encore par l'esthétique sonore développée (tonale, atonale, bruitiste...). Ou bien on pourrait classer les interfaces selon les types de capteurs qu'elles contiennent⁵. Mais cela ne permettrait pas de refléter ni l'action des musiciens en performance, ni la diversité des configurations scéniques. Or, l'instrument se manifeste dans le moment de la production musicale, par l'utilisation qui en est faite. C'est pourquoi nous nous appuierons sur le type de dispositif permettant l'interaction entre la machine et le musicien pour présenter et analyser notre corpus d'instruments.

Nous aurons ainsi d'abord la catégorie des interactions gestuelles. Celles-ci peuvent s'effectuer de différentes manières. Certaines utilisent des outils nouveaux : ce sont les

3. Marc BATTIER et Marcelo M. WANDERLEY, *Trends in gestural control of music*, Paris: Ircam - Centre Pompidou, 2000.

4. Un langage de programmation* peut être de plus ou moins haut niveau. Le niveau haut ou bas d'un langage désigne sa proximité avec le langage-machine (celui-ci étant le langage de plus bas niveau). Un langage de haut niveau permet d'utiliser des abstractions et d'outrepasser les contraintes matérielles de la machine. Il nécessite un compilateur, qui traduit le code en langage machine. Les langages utilisés pour le *live coding* sont plutôt de haut niveau.

5. Bert BONGERS, « Physical Interfaces in the Electronic Arts », dans *Trends in Gestural Control of Music*, éd. par Marc Battier et Marcelo M Wanderley (Paris: Ircam - Centre Pompidou, 2000), p. 41-70.

nouvelles interfaces gestuelles comme les DMI* (*Digital Music Interfaces*) ainsi que les contrôleurs MIDI* (qui peuvent imiter la forme d'instruments traditionnels ou inventer d'autres modes d'interaction). D'autres peuvent passer par des instruments traditionnels. Nous considérerons ainsi des situations où un instrument acoustique fonctionne avec un ordinateur. Ce sont les musiques mixtes, et des instruments « mixtes » ou augmentés. Nous aurons aussi des instruments qui sont des systèmes embarqués* : le système numérique de production sonore est contenu dans l'instrument, il est autonome et se passe d'ordinateur. La seconde catégorie, celle des interactions directes avec l'ordinateur, comprend d'abord les interactions par interfaces graphiques. Nous présenterons des logiciels de création musicale (ou stations audionumériques) ainsi que des performances d'orchestres d'ordinateurs, où les musiciens sont au contact direct de l'ordinateur et interagissent grâce à des logiciels et leurs interfaces graphiques. Ensuite, nous verrons les interactions par le texte : l'écriture de code informatique. En performance de *live coding**, on peut voir le code développé en direct.

Pour tenter de connaître au mieux ce vaste champ des instruments numériques, nous étudions un certain nombre d'instruments, illustrant ainsi différents aspects des musiques numériques contemporaines. Nous les avons choisis pour leur représentativité au sein d'une catégorie et pour leur influence dans le milieu de la performance numérique et de la création d'instruments. Nous présenterons les instruments de notre corpus avec leurs productions ou les performances qu'ils (ou qui les) mettent en scène, et au fur et à mesure de nos analyses, nous relèverons les transformations qui peuvent concourir à la définition d'un nouveau paradigme numérique dans la musique.

Nous commencerons par un rapide historique des développements de l'électronique et de l'informatique dans le domaine musical. Mais avant, nous montrerons d'où il faut partir : un changement de paradigme sous-entend un ancien paradigme, nous allons expliciter le paradigme acoustique (ou paradigme classique). Nous poursuivrons en décrivant les instruments qui constituent notre corpus ainsi que leurs performances. Tout au long de cette description, nous expliciterons progressivement de quelles manières les nouveaux instruments transforment les pratiques musicales, par rapport aux fonctionnements acoustiques et électroniques. Il faut préciser que dans tout ce chapitre, nous parlons d'« instruments » et non d'« instruments de musique ». Le mot « instrument » n'est pas ici un raccourci pour « instrument de musique », mais un mot

générique pour désigner les outils, les systèmes et les dispositifs, tous les objets techniques utilisés pour la production musicale lors de performances. C'est dans la troisième partie de cette thèse que nous nous attacherons à évaluer la validité de l'appellation d' « instrument de musique » pour ces objets et dispositifs numériques.

2.2. Un paradigme en changement

Notre hypothèse est qu'en transformant les pratiques musicales en différents aspects, les nouveaux instruments numériques contribuent à faire émerger un nouveau paradigme. Ces différents dispositifs s'éloignent du paradigme musical jusqu'alors considéré (plus ou moins implicitement) comme régulateur des performances musicales. C'est le paradigme acoustique, qui régit la pratique des instruments acoustiques et leurs performances : il comprend l'idée que la musique est produite par les instruments qui sont des objets délimités, dont certaines parties sont mises en vibration par les gestes experts des musiciens qui parviennent à en contrôler les émissions sonores (au prix de nombreuses années de pratique assidue), fournissant un certain effort physique. Les nouveaux types d'instruments impliquent de nouvelles formes de productions musicales sur scène, de nouvelles manières de composer et de nouvelles manières de concevoir les instruments utilisés dans les performances musicales.

Un paradigme est une conception théorique qui régit le fonctionnement d'une forme d'activité ou d'un ensemble de pratiques, et les représentations qui lui sont associées : la façon dont on en parle, la place et le degré d'importance qu'on lui accorde, les manières dont on peut la pratiquer et la consommer. Cette conception est locale et temporaire. Délimitée dans l'espace et dans le temps, elle appartient à une communauté. Thomas S. Kuhn a théorisé le concept de changement de paradigme dans le contexte des sciences expérimentales⁶ – on peut parler dans ce cas de paradigme épistémologique. Un changement de paradigme s'effectue lorsqu'un nouveau modèle épistémique s'impose à une communauté scientifique, ce qui implique de changer les principes et les méthodes adoptés par cette communauté. Un paradigme a une fonction normative, c'est-à-dire qu'il

6. Thomas KUHN, *La structure des révolutions scientifiques*, (Paris: Flammarion, 1983). Voir aussi Patrick JUIGNET, « Les paradigmes scientifiques selon Thomas Kuhn », *Philosophie, science et société [en ligne]*, 2015, [<https://philosciences.com/philosophie-et-science/methode-scientifique-paradigme-scientifique/113-paradigme-scientifique-thomas-kuhn>], consulté le 5 février 2019].

pose ce qui existe, il définit les entités et leurs interactions. Lors d'un changement de paradigme, les théories ancienne et nouvelle sont incommensurables : on ne peut travailler à la fois dans l'une et dans l'autre, elles s'excluent mutuellement. La révolution copernicienne⁷ est l'archétype du changement de paradigme selon Kuhn.

A notre époque, les multiples formes d'arts musicaux ne se ressemblent pas. Les disques, les concerts de rock, de techno, de musique classique ou expérimentale, les distributions en streaming ou les concerts de jazz impliquent tous des formes de pratiques, de production et de consommation différentes. Mais le jeu de la musique avec les instruments acoustiques, tels que nous les avons présentés plus haut avec les définitions classiques, implique un certain mode de fonctionnement, spécifique à ces objets acoustiques. Devant le développement d'une multitude de nouveaux outils numériques qui alimentent les productions musicales, il faut se poser la question d'un remaniement de paradigme, dans le but de comprendre « en quoi les technologies numériques rendent possibles de nouveaux langages et de nouveaux usages, et plus largement de nouveaux types de relation au monde⁸ ».

Comme nous pouvons déjà l'apercevoir, il ne s'agira pas d'un changement de paradigme strict, au sens de Kuhn. Notre approche n'est pas, comme la sienne, épistémologique, mais se donne pour objectif de décrire et analyser les pratiques musicales pour comprendre les transformations qui s'y accomplissent. Le nouveau paradigme dont nous faisons ici l'hypothèse se comprend comme un ensemble de pratiques liées à la musique. Ces pratiques sont nouvelles, mais elles ne viennent pas remplacer celles qui lui préexistent : les instruments acoustiques et électroniques continuent d'exister. Si l'utilisation du terme paradigme semble être abusive, elle ne l'est pas si l'on s'en tient à une conception théorique et pratique (et non épistémologique) du paradigme.

Nous tenterons de comprendre s'il y a véritablement émergence d'un nouveau paradigme. Nous chercherons cependant un paradigme théorico-pratique, comme nous venons de le souligner, mais aussi partiel. Un paradigme complet décrirait aussi le rôle des groupes sociaux, des institutions politiques, de ceux qui éditent, diffusent,

7. Au début du XVI^{ème} siècle, Copernic montre que la Terre et les autres planètes tournent autour du soleil. On doit alors abandonner le modèle d'une Terre immobile autour de laquelle gravitent les autres planètes, le soleil et les étoiles, pour adopter le modèle héliocentrique. Outre l'avancée scientifique majeure, cela aura des répercussions philosophiques et religieuses, d'où l'idée de révolution.

8. Philippe LE GUERN, « Irréversible ? Musique et technologies en régime numérique », *Réseaux*, n° 172 (2012), p. 33.

promeuvent la musique, des influences multiples qui font évoluer les styles artistiques et les cultures. Les composantes technique, sociale et musicale sont liées ; nous laisserons néanmoins l'étude d'un paradigme complet à la médiologie⁹, et nous nous limiterons à prendre en considération dans cette thèse l'empreinte des facteurs techniques dans le contenu musical, dans les pratiques et les représentations. Pour comprendre ce qui a pu changer, passons d'abord en revue le paradigme acoustique.

Le paradigme acoustique, tel que proposé par Oliver Bown, Alice Eldridge et Jon McCormack¹⁰, distingue les rôles des différentes personnes que sont le compositeur, l'interprète et le facteur d'instrument. Il entend désigner la manière dont on considère et dont s'organise la pratique musicale acoustique, c'est-à-dire sur instruments traditionnels ou historiques. Cela englobe le fait qu'un instrument produise du son sous les gestes du musicien, qui contrôle volontairement les sons produits, grâce à la technique instrumentale qu'il a apprise et pratiquée. Le paradigme « classique » implique la notion d'une œuvre écrite, distincte de la performance, la partition faisant autorité pour l'interprétation. Ce paradigme régule les pratiques occidentales depuis la fin du XVIII^{ème} siècle, c'est-à-dire que les compositeurs sont conscients d'écrire des œuvres, et c'est ce à quoi ils aspirent. C'est ce que Lydia Goehr explique en montrant qu'autour de 1800 se produit un changement dans l'attention que l'on porte aux œuvres¹¹. Progressivement, le nom du compositeur prend de l'importance, on respecte cet objet fixe qu'est l'œuvre, les performances ont davantage pour but de présenter ces œuvres que d'accompagner un événement festif, royal ou religieux. Goehr défend le rôle régulateur des œuvres dans les pratiques musicales occidentales depuis 1800. Cette notion d'œuvre musicale (écrite, qu'on interprète) décrit bien le fonctionnement de la musique dite « classique », musique occidentale écrite des trois derniers siècles. Cependant, l'improvisation ou les musiques populaires et traditionnelles, jouées aussi sur instruments acoustiques mais se passant de partitions, ne répondent pas à ce fonctionnement-là. Le paradigme classique est celui de

9. Régis DEBRAY, *Manifestes médiologiques* (Paris: Éditions Gallimard, 1994) ; Régis DEBRAY, « Qu'est-ce que la médiologie ? », *Le Monde diplomatique*, 1er août 1999, <https://www.monde-diplomatique.fr/1999/08/DEBRAY/3178> (consulté le 28/06/2019). Voir aussi Georgina BORN, « On Musical Mediation: Ontology, Technology and Creativity », *Twentieth-Century Music* 2, n° 1 (2005), p. 7-36 ; et Pamela BURNARD, *Musical creativities in practice* (Oxford: Oxford University Press, 2012) ; et Philippe LE GUERN, « Musiques et Technologies Numériques, Présentation du dossier », *Réseaux*, n° 172 (2012).

10. Oliver BOWN, Alice ELDRIDGE, et Jon MCCORMACK, « Understanding Interaction in Contemporary Digital Music: From Instruments to Behavioural Objects », *Organised Sound* 14, n° 02 (2009), p. 188-196.

11. GOEHR, *The Imaginary Museum of Musical Works*.

la musique écrite, celui de la partition, celle-ci étant un jeu d'instructions inscrites dans un langage codifié et partagé par une communauté. La familiarité de ce langage, accompagnée d'une connaissance des pratiques correspondant au style de composition, permettent à l'interprète de comprendre les indications et de les exécuter. Il réalise alors la performance d'une œuvre. On peut tout aussi bien interpréter une œuvre non écrite : des chansons de tradition orale par exemple, ou bien des œuvres conservées d'une autre manière, via l'enregistrement, comme les œuvres rock¹². On définira le paradigme acoustique par un ensemble plus large : il comprend toute la musique jouée par des musiciens sur instruments acoustiques, qu'elle soit improvisée ou écrite. Elle peut faire appel ou non au concept d'œuvre, avoir recours ou non à une notation, être jouée en concert ou servir à animer des événements particuliers. Ainsi, il n'y a pas de condition sur la notion d'œuvre. On se rapporte uniquement à un certain rapport du musicien à son instrument : un rapport physique et direct du corps du musicien à l'objet. Ce rapport passe par l'apprentissage technique et stylistique d'un ou de plusieurs répertoires, une transmission des pratiques au sein de communautés d'interprètes, et, dans ces communautés, un échelonnement des niveaux de pratiques, entre amateur débutant et virtuose confirmé.

Dans les parties qui suivent, nous allons présenter les instruments de notre corpus, regroupés par types de fonctionnement : selon que les instruments engagent leur utilisateur dans une interaction gestuelle ou une interaction directe avec l'ordinateur. Tous les instruments seront présentés conjointement avec des performances qui les mettent en scène, car c'est par la performance que nous pouvons approcher l'instrument. Nous décrirons, étape par étape, les transformations majeures qui émergent à travers le développement et l'utilisation de ces instruments. Mais commençons tout d'abord par un bref historique des développements techniques qui, intégrés à la musique, ont étendu les possibilités instrumentales.

12. Roger POUIVET, « L'ontologie du rock ».

2.3. Histoire et nouveautés techniques

2.3.1. Instruments électroniques

Entre dérivations d'instruments acoustiques et complètes nouveautés, les instruments électroniques ont commencé à voir le jour dès la fin du XIX^{ème} siècle. La naissance de l'électronique et les technologies de l'enregistrement ont permis des applications musicales¹³. Deux inventions techniques ont initié un large mouvement d'innovations techniques et musicales : c'est d'un côté la transformation des ondes sonores en ondes électriques, avec l'invention du téléphone par Alexander Graham Bell en 1876, et de l'autre côté, le phonographe conçu par Thomas Edison en 1875 (et de manière indépendante et simultanée, par Charles Cros en France). Le phonographe était un outil mécanique pour capturer le son en gravant sa forme d'onde sur un cylindre d'aluminium¹⁴. Il permettait de restituer l'enregistrement en lisant la forme d'onde avec une pointe pouvant transmettre le mouvement à une membrane vibrante, l'onde sonore étant ensuite amplifiée par un pavillon. Le procédé est à l'origine entièrement mécanique : une manivelle sert à la rotation du cylindre. Le premier enregistrement, réalisé avec le phonographe de Edison, de la comptine « Mary Had a Little Lamb » en 1877, ouvre la voie à la musique sur support. Avec l'enregistrement, le son est séparé de sa source de production, il devient un objet isolé, qu'on peut analyser et découper. Cela aura par la suite une grande influence sur les pratiques et les productions musicales¹⁵.

13. Sophie GOSSELIN et Julien OTTAVI, « L'électronique dans la musique, retour sur une histoire », *Volume!* 1, n° 2 (2002) ; Peter MANNING, « The Influence of Recording Technologies on the Early Development of Electroacoustic Music », *Leonardo Music Journal* 13 (2003), p. 5-10 ; Bastien GALLET, « Musique et électronique, retour sur un retour », *Volume!* 3, n° 1 (2004). Voir aussi Mark KATZ, *Capturing sound: how technology has changed music* (Berkeley and Los Angeles, CA: Univ of California Press, 2010).

14. L'enregistrement sur cylindre apparaît déjà en 1775, avec la « tonotechnie » du père Engramelle, qui propose de fixer des clous sur des cylindres, afin de pouvoir ensuite restituer automatiquement sur des instruments à clavier les interprétations de pièces musicales. C'est une anticipation des pianos automatiques. Voir Joseph ENGRAMELLE, *La tonotechnie ou L'art de noter les cylindres, et tout ce qui est susceptible de notation dans les instruments de concerts mécaniques* (Paris: Minkoff, 1775).

15. La musique concrète naîtra dans les années 50, dans le studio de Pierre Schaeffer, permise par les technologies de l'enregistrement des sons, de leur écoute par haut-parleurs. Voir Michel CHION, *La Musique électroacoustique, Que sais je ?* 1990 (Paris: Presses Universitaires de France, 1982).



Figure 4 : Le phonographe de Edison¹⁶.

Puis dans les années 1910, la lampe triode (ou Audion) de Lee De Forest, qui permet d'amplifier des signaux électriques, conduit à la mise au point des oscillations électriques. Cela permet de produire des ondes de courant alternatif à partir d'un courant électrique continu. C'est l'élément de base permettant la synthèse sonore analogique* qui, avec le haut-parleur, sera utilisée dans les instruments électroniques.

Parmi ces instruments, citons tout d'abord le Telharmonium¹⁷, ou Dynamophone, inventé par Thaddeus Cahill en 1897, avant que n'existe la lampe triode. C'est une énorme machine, occupant une pièce entière, qui se joue avec un clavier et des haut-parleurs¹⁸ (ceux-ci sont placés dans une autre pièce). Des moteurs activés par le clavier mettent en rotation des roues crantées (roues « phoniques ») placées près de micros, constitués d'une bobine et d'un aimant (c'est le principe de la dynamo, d'où le nom de Dynamophone). Cela permet de générer un signal électrique oscillant à une fréquence qui dépend de la vitesse de rotation de la roue et du nombre de crans. C'est un instrument électromécanique¹⁹ : les formes d'ondes sont encodées sur un support matériel, ici les roues crantées, dont la rotation permet de générer l'onde électronique, convertie ensuite en onde sonore. L'instrument avait pour but de diffuser de la musique à distance, grâce à

16. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=427395> (consulté le 18/10/2019).

17. Philippe ALBERA (éd.), *Musiques électroniques* (Genève: Éditions Contrechamps, 1990).

18. Le Telharmonium pouvait s'entendre grâce à des cônes de papiers placés devant un receveur de téléphone, une forme primitive de haut-parleur.

19. Hugh DAVIES et Thierry BAUD, « Instruments électroniques : Classification et mécanismes », *Contrechamps* 11, 1990, p. 53-69 ; Francis William GALPIN, *A textbook of European musical instruments: their origin, history and character* (London: Williams & Norgate, 1937).

des câbles utilisant le réseau téléphonique dans la ville de New York. On pouvait donc diffuser des concerts en différents endroits, en direct. L'orgue Hammond, inventé dans les années 30, reprend le principe des roues « phoniques » dans son fonctionnement. Il aura bien plus de succès que le Telharmonium, qui s'éteint progressivement au début des années 1910. On qualifiera ces instruments d'*électromécaniques indirects* : en actionnant les touches du clavier, le musicien déclenche la génération mécanique du signal électrique. Le son vient du signal électrique, mais sa source est mécanique : les formes d'ondes sont inscrites dans l'instrument. Quant à l'orgue au fonctionnement électrique, c'est l'inverse : le son est produit de manière acoustique, mais déclenché grâce à l'énergie électrique (soufflerie, clapets etc.), commandée par le clavier du musicien.

Le thérémine, mis au point en 1919 par Lev Sergueïevitch Termen, est le premier des instruments véritablement *électroniques*, c'est-à-dire utilisant la synthèse sonore électronique²⁰. Le musicien le joue sans toucher l'instrument, il place ses mains au-dessus d'antennes. La position de la main droite détermine la hauteur du son, et la gauche, le volume. Le corps du musicien agit comme une résistance dans le circuit électrique qui synthétise le signal sonore. Le son est engendré par des oscillations électroniques. Le thérémine est peu courant mais encore joué et construit aujourd'hui²¹. Plus tard, les ondes Martenot²² (1928) et le Trautonium²³ (1929) utilisent aussi une synthèse sonore électronique grâce à l'oscillateur électronique*. Le premier dispose d'un clavier, et les deux se jouent aussi sur un rail permettent le passage continu d'une note à l'autre. Ils permettent de modifier l'intensité, les timbres, et de jouer avec vibrato. Ces instruments investissent un rapport de transformations de substances différentes : le geste contrôle le son sans le produire, la source sonore est une oscillation électronique.

20. Voir ici un aperçu : <https://www.youtube.com/watch?v=w5qf9O6c20o> .

21. Leon S. THEREMIN et Oleg PETRISHEV, « The design of a musical instrument based on cathode relays », *Leonardo Music Journal* 6, n° 1 (1996), p. 49-50 ; Stephen Montague, « Rediscovering Leon Theremin », *Tempo*, n° 177 (1991), p. 18-23.

22. Jean LAURENDEAU, *Maurice Martenot, luthier de l'électronique* (Montréal: Louise Courteau, 1990). Les ondes Martenot sont le premier instrument électronique à être produit à grande échelle et utilisé par de nombreux compositeurs.

23. Pierre COUPRIE, « Oskar Sala », *Leonardo Online*, 2002.
[<http://www.olats.org/pionniers/pp/sala/sala.php>, consulté le 2 octobre 2018].

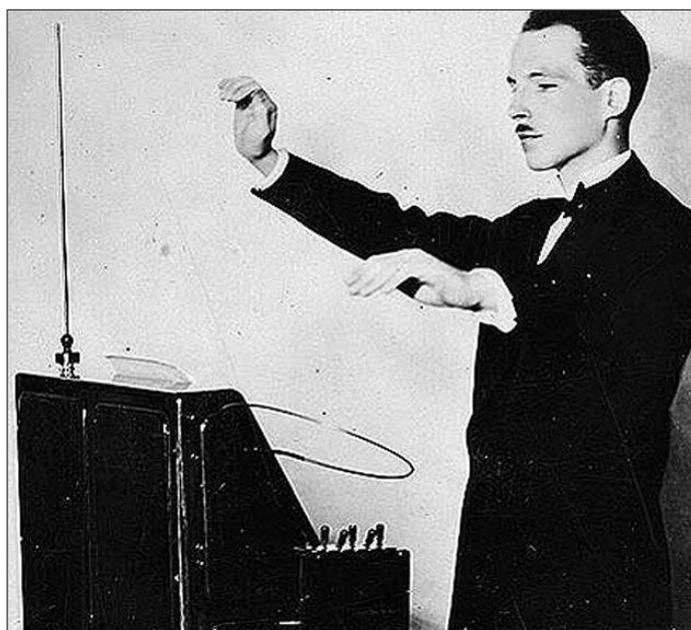


Figure 5 : Lev Termen jouant de son instrument²⁴.

Parfois, l'électronique se greffe sur un instrument traditionnel : ainsi la guitare électrique, qui troque sa caisse de résonance pour un amplificateur et ses ouïes pour des pickups. Beauchamp et Rickenbacker construisent en 1931 la « *frying pan guitar* », petit instrument en aluminium avec des capteurs électromagnétiques, pour répondre à un besoin de puissance sonore. Elle permet aux guitaristes de jouer des mélodies tout en se faisant entendre dans des groupes *country* et *jazz*, face à des instruments plus sonores. Un peu plus tard, Les Paul propose le concept de « *solid body* » : remplacer la caisse de résonance par un corps plein, une épaisse planche de bois²⁵. Le but est d'abord d'amplifier le son, mais aussi d'élargir la gamme de sonorités avec des réglages électroniques et des pédales d'effets²⁶. Le mode de production sonore est d'abord physique : c'est la vibration de la corde qui produit le signal, traité électroniquement et restitué par le haut-parleur. L'électronique a un rôle de traitement et d'amplification du son, mais pas de synthèse. On peut nommer cette catégorie les instruments électroacoustiques, ou *électromécaniques directs* : la source du son est contrôlée directement et mécaniquement par le musicien, ici la vibration des cordes. L'instrument est un dérivé d'instrument acoustique, dont les capacités sonores sont déployées autrement, grâce au système électrique et électronique. Dans le cas de la guitare

24. <https://www.redkalinka.com/upload/english/theremin-strange-musical-instrument.jpg>

25. André MILLARD, *The electric guitar: a history of an American icon* (Baltimore: JHU Press, 2004).

26. Gavin CARFOOT, « Acoustic, electric and virtual noise: The cultural identity of the guitar », *Leonardo music journal* 16 (2006), p. 35-39.

électrique, la chaîne d'énergie du geste au son n'est pas continue (l'énergie électrique intervient entre temps) mais conserve une relation causale : une attaque douce ou forte des cordes jouées donnera un signal électrique d'intensité correspondante, et l'amplitude du son émis sera en relation directe avec la force de l'attaque du musicien, même si tourner le bouton du volume peut rompre cette relation.

Dans les années 50, le RCA Mark II *Sound Synthesizer* est la première machine appelée synthétiseur*²⁷. Elle occupe le volume d'une pièce entière et permet de jouer des pièces encodées sur cartes perforées, produisant les sons de manière électronique²⁸. Le synthétiseur à clavier, utilisable sur scène ou en studio, se répand à partir de 1970, quand sort le Minimoog puis tous ses successeurs similaires, qui utilisent la synthèse analogique. Le musicien joue au clavier et peut changer les sonorités en contrôlant les tensions qui règlent les oscillateurs et les paramètres des filtres* à l'aide des boutons et curseurs. Le Minimoog ne peut jouer qu'une note à la fois, plus tard viendront des synthétiseurs polyphoniques.

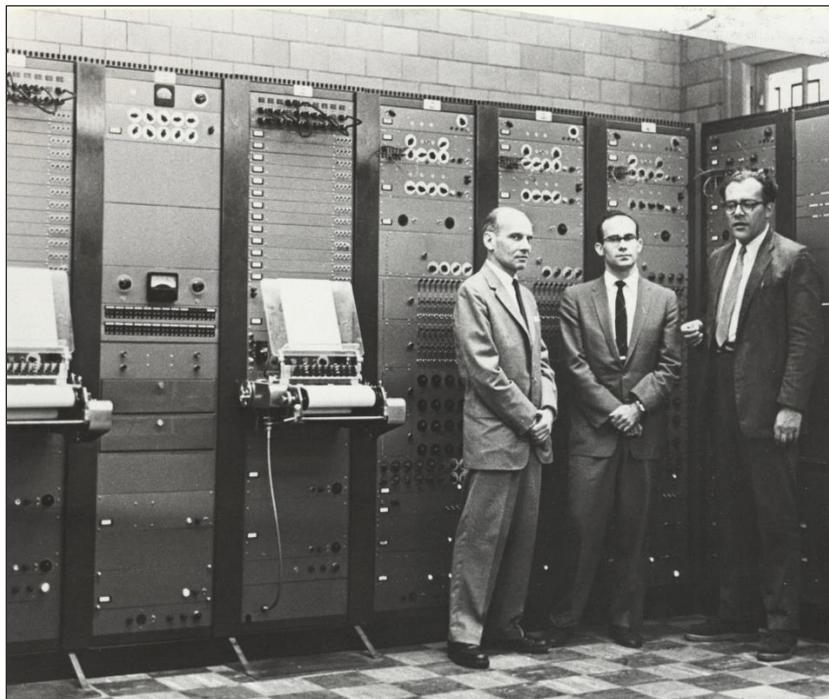


Figure 6 : Le RCA Mark II avec Milton Babbitt et les principaux développeurs de la machine, Peter Mauzey et Vladimir Ussachevsky, en 1958²⁹.

27. DAVIES et BAUD, « Instruments électroniques : Classification et mécanismes ».

28. Difficile à mettre en œuvre, le RCA Mark II a assez peu été joué, mais fut loué par des compositeurs sériels (Milton Babbitt notamment) pour sa capacité à jouer de manière précise les paramètres sonores encodés.

29. https://www.historyofrecording.com/RCA_and_Victor_Synthesizers.html (consulté le 01/10/2019).



Figure 7 : Le Minimoog³⁰.

Avec les instruments électriques et électroniques s'opère déjà un glissement de signification de l'instrument de musique : l'énergie déployée par le musicien dans ses gestes ne produit pas directement le son, mais déclenche et contrôle des phénomènes électroniques. Alors, la continuité de la transmission de l'énergie du corps du musicien à l'air environnant, essentielle aux définitions « classiques » de l'instrument de musique, n'existe plus : c'est le courant électrique qui fournit l'énergie à l'instrument et permet la naissance d'une onde sonore. La remise en cause de ce point important porte un premier coup à la définition classique de l'instrument de musique. Alors que l'orgue était une exception à cette règle, la famille entière des instruments électroniques, en pleine expansion, la remet en cause ; c'est une vraie rupture. Les instruments électroniques donnent accès à un nouveau matériau sonore et à de nouvelles manières de jouer. La causalité mécanique qui lie le son produit au geste du musicien est remplacée par une causalité électronique, car c'est la conception des circuits électroniques qui régit le fonctionnement sonore des appareils, et leur réaction aux gestes de contrôle des musiciens. Les instruments électroniques, en tout cas pour la plupart, sont toujours joués comme des instruments de musique : ce sont des instruments autonomes, dont il faut apprendre les techniques de jeu (ou simplement les adapter, lorsqu'un pianiste passe aux ondes Martenot ou au Trautonium) pour pouvoir en faire un usage musical. L'instrument est localisé, il produit ses propres sons quand il est joué. Les instruments électroniques

30. <http://www.vintagesynth.com/moog/moog.php> (consulté le 01/10/2019).

sont, depuis longtemps, intégrés dans la famille des instruments de musique. Les ondes Martenot ou les Thérémines se sont d'ailleurs parfois bien mêlés aux orchestres symphoniques ou autres ensembles³¹. Les manières de jouer et de considérer les instruments électroniques restent ainsi très proches du paradigme acoustique. Nous considérons ainsi que les instruments électroniques sont de véritables instruments de musique, même s'ils brisent la continuité du transfert de l'énergie.

Citons a contrario l'exemple du « *player piano*³² » ou piano automatique ainsi que les autres automates, qui renversent les valeurs traditionnellement associées à l'instrument de musique. Le piano automatique est un piano muni d'un lecteur de cartes perforées et d'un mécanisme permettant à l'instrument de jouer tout seul – sans pianiste. Avec ces machines qui se passent d'instrumentistes peut émerger une contestation de l'idée de performance musicale. Quand à Donaueschingen en 1926 se donne un concert pour instruments automatiques, sans aucun musicien³³, la polémique est lancée : Heinz Pringsheim (pianiste, compositeur travaillant à la radio) et Erwin Stein (élève et ami d'Arnold Schönberg) soutiennent la nécessité de performance dans la musique, contre ces instruments qui jouent tout seuls, c'est-à-dire que la musique, pour eux, doit être jouée par un musicien, elle doit être interprétée. Le piano sans pianiste ne donne pas une performance musicale. « La musique existe-t-elle pour être entendue, ou pour être *faite* ?³⁴ » – se demandent-ils. Bien avant la musique concrète et les studios électroniques, on se dispute sur la nécessité ou non pour la musique d'être jouée par des musiciens. Hans Heinz Stuckenschmidt (musicologue et critique, fervent défenseur de la nouvelle musique en Allemagne et biographe de Schönberg) au contraire, se réjouit de pouvoir se passer de musicien pour rejoindre la musique comme pur phénomène acoustique³⁵. Ici, c'est de la définition de la musique que l'on débat. Est-elle un seul contenu sonore organisé par un compositeur, ou est-elle une production sonore qui doit être jouée ? Ce débat devance l'arrivée de la musique acousmatique*, qui sera une musique fixée sur support, ne

31. Des compositeurs comme Edgar Varèse ou Bohuslav Martinů ont utilisé le Thérémine dans certaines de leurs œuvres. Quant aux ondes Martenot, elles ont eu encore plus de succès, avec des œuvres de nombreux compositeurs (les précédents et aussi Arthur Honegger, Olivier Messiaen, Tristan Murail, elles sont aussi présentes chez Jacques Brel ou Léo Ferré ou des groupes de musique comme Noir Désir ou Radiohead).

32. PATTESON, *Instruments for new music*.

33. A ce concert figuraient des œuvres des compositeurs Ernst Toch, Gerhart Münch et Paul Hindemith.

34. Heinz PRINGSHEIM, « Die Mechanisierung der Musik », *Allgemeine Musik Zeitung*, 1925, p. 289-292, p. 291, cité dans PATTESON, *Instruments for new music*, p. 30.

35. PATTESON, *Instruments for new music*, p. 35.

nécessitant pas de musicien pour la jouer. La musique « vivante », ou musique interprétée sur scène, et la musique acousmatique cohabiteront sans remettre en cause la conception de la musique. Deux nouveaux genres, la musique concrète et la musique électronique, feront leur entrée dans le monde musical à partir des années 50. Le piano automatique crée des tensions car il retire immédiatement au musicien son rôle, alors que les musiques concrètes ou électroniques appellent à une autre écoute et à une autre représentation de la musique. Quant aux instruments électroniques, contrairement au piano automatique, ils permettent au musicien de garder sa place sur scène. Avec la synthèse sonore électronique, ils donnent aux musiciens l'espoir d'accéder à tout un nouveau monde sonore. Sur ce terrain de nouveautés, l'apport du numérique va non seulement renforcer des systèmes parfois instables, mais aussi ouvrir à un nouvel univers, celui du code.

2.3.2. *Le numérique*

Le passage au numérique se caractérise par un encodage du signal par des nombres. Plutôt que de travailler sur un courant électrique continu, on manipule des données numériques : des séries de nombres. En informatique, ces nombres sont écrits en langage binaire³⁶ : des 0 et des 1. La synthèse audionumérique commence dans les années 50. Elle consiste à créer des signaux numériques avec un ordinateur, pour ensuite les transmettre à des haut-parleurs pour entendre le son. Le signal sonore n'est pas créé grâce à des oscillateurs électroniques, mais il est généré par des algorithmes*. Ceux-ci sont exécutés par des ordinateurs, qui effectuent des séries de calculs en suivant les instructions d'un programme pour délivrer un signal numérique.

On peut trouver une généalogie de l'ordinateur dans les machines à calculer comme la Pascaline de Blaise Pascal (1642), capable d'effectuer additions et soustractions³⁷. Au début du XIX^{ème} siècle, des machines plus complètes permettent aussi d'effectuer multiplications et divisions et même d'évaluer des fonctions, comme la machine de Babbage. La programmation est inaugurée avec le métier à tisser Jacquard : des cartes perforées permettent de programmer les motifs à réaliser lors du tissage. Des moteurs

36. Le système usuel de comptage est un système décimal (on utilise dix signes, les chiffres de 0 à 9). Mais on peut noter les mêmes nombres, de manière équivalente, dans un système binaire, en utilisant deux signes (0 et 1 par exemple), ce qui peut se traduire en pratique par une alternance de présence et d'absence de courant dans le circuit électrique.

37. On peut même faire remonter cette généalogie aux abaqués, bouliers ou autres instruments permettant de calculer, dès les civilisations anciennes.

viennent augmenter la puissance de calcul des machines, puis progressivement, l'électronique supplante les parties mécaniques (leviers et manivelles). Les premiers ordinateurs comme machines à calcul numérique programmables se développent au cours des années 40. Citons le Harvard Mark I, ordinateur électromécanique mis au point en 1937 par Howard Aiken chez IBM³⁸, qui fait tourner son premier programme en 1944. En 1943, l'ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Computer*) est entièrement électronique. C'est en 1951 que pour la première fois, de la musique est produite par des ordinateurs. Le CSIRAC, ordinateur australien construit par Trevor Pearcey et Maston Beard et programmé par le mathématicien Geoff Hill, lit des partitions encodées sur des cartes perforées pour jouer des mélodies populaires³⁹. Au même moment, à Manchester, Christopher Strachey programme l'hymne national britannique pour la BBC sur le Manchester Mark II, une machine de Turing⁴⁰. La production du son a lieu en direct, ces ordinateurs étaient dotés de haut-parleurs mais ne permettaient pas la création ni l'enregistrement de fichiers sonores. Ils ont servi à jouer des mélodies connues, mais n'ont pas suscité de nouvelles compositions.

Peu de temps après, l'ordinateur est utilisé pour la composition algorithmique⁴¹. Hiller et Isaacson en sont les pionniers lorsqu'en 1956 ils programment un ordinateur pour composer automatiquement la suite *Illiad*, en implémentant les règles du contrepoint telles qu'énoncées dans le traité de Fux, *Gradus ad Parnassum*⁴². La pièce est ensuite jouée par un quatuor à cordes. Au même moment, la synthèse sonore numérique est développée par Max Mathews, qui produit MUSIC en 1957, premier logiciel de synthèse

38. Bernard COHEN, *Howard Aiken: portrait of a computer pioneer*, History of computing (Cambridge, MA: MIT Press, 1999).

39. Paul DOORNBUSCH, « Computer sound synthesis in 1951: the music of CSIRAC », *Computer Music Journal* 28, n° 1 (2004), p. 10-25.

40. Attention à ne pas confondre le RCA Mark II (qui n'est pas un ordinateur) avec le Manchester Mark II (plus couramment appelé Ferranti Mark I ou *Manchester Electronic Computer*, et successeur du Manchester Mark I, tous deux développés par Alan Turing), ni avec le Harvard Mark II (mis au point en 1947 par Aiken chez IBM). Martin CAMPBELL-KELLY, « Christopher Strachey, 1916-1975: A Biographical Note », *IEEE Annals of the History of Computing* 7, n° 1 (1985), p. 19-42 ; Jack COPELAND et Jason LONG, « Alan Turing: How His Universal Machine Became A Musical Instrument », *IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News*, 2017 [<https://spectrum.ieee.org/tech-history/silicon-revolution/alan-turing-how-his-universal-machine-became-a-musical-instrument>, consulté le 1^{er} octobre 2019].

41. En composition algorithmique, on utilise l'ordinateur pour composer une pièce, pas pour la production sonore. C'est le début de la CAO : composition assistée par ordinateur.

42. Hugues VINET et François DELALANDE, éd., *Interfaces homme-machine et création musicale* (Paris: Hermes, 1999) ; Johann Joseph FUX, *Gradus ad Parnassum*, éd. par Monique Rollin, trad. par Pierre Denis, Arts du spectacle. Recherches et éditions musicales (Paris: Editions CNRS, 1997). Voir aussi Oliver BAUDOUIN, *Pionniers de la musique numérique*, Collection Pensée musicale (Sampzon: Delatour France, 2012).

audionumérique⁴³. La nouveauté fondamentale est que l'ordinateur produit des fichiers numériques, qui doivent être lus par un haut-parleur grâce à un convertisseur numérique-analogique* pour donner du son. MUSIC est le premier d'une série de logiciels, aboutissant à MUSIC V, un langage complet de synthèse numérique. Jean-Claude Risset rejoint Mathews aux Bells Laboratories en 1964, où il parvient à synthétiser des sons cuivrés avec le logiciel MUSIC III, en étudiant la structure physique du son de la trompette. Ses travaux sur le timbre ont contribué aux fondements de l'informatique musicale⁴⁴. Sa suite *Little Boy* (1968) est entièrement composée par ordinateur, avec MUSIC V. Risset explique qu'avec la synthèse audionumérique, « le compositeur demande [...] à l'ordinateur de calculer directement l'onde sonore, un peu comme s'il gravait directement le sillon du disque⁴⁵ ». On lui doit, en plus de l'expression, la démarche de « composer le son » : créer le son dans sa structure physique, ce qui revient à une recherche de l'expression du timbre de façon mathématique⁴⁶. John Chowning, lui aussi compositeur et scientifique, invente la synthèse par modulation de fréquence en 1967, que Yamaha utilisera pour construire le DX7, célèbre synthétiseur numérique. En Europe, Iannis Xenakis utilise la programmation par ordinateur pour composer à partir de procédés statistiques et probabilistes dès 1957 avec *Diamorphoses* (œuvre fixée sur support) ; plus tard il se sert de sa machine UPIC, un synthétiseur graphique qui permet de dessiner des formes d'ondes. Il compose ainsi *Mycènes Alpha* en 1978.

En 1977, les premiers mini-PC avec périphériques sonores arrivent sur le marché⁴⁷. Se forme alors, dans la baie de San Francisco, la *League of Automatic Music Composers*, un groupe de musiciens qui innove avec les premières performances musicales par

43. MUSIC fonctionnait sur un IBM 704, un ordinateur de 20 m³. Il lui fallait des heures de calcul pour synthétiser quelques minutes de son, encodées sur une bande magnétique, lues ensuite par un haut-parleur grâce à un convertisseur numérique-analogique. MUSIC est le premier d'une série de programmes, les MUSIC N. Voir Curtis ROADS et Max MATHEWS, « Interview with Max Mathews », *Computer Music Journal* 4, n° 4 (1980), p. 15-22.

44. Jean-Claude RISSET, « Nouveaux gestes musicaux : quelques points de repères historiques », dans *Les nouveaux gestes de la musique* (Marseille, 1999), p. 19-33 ; Jean-Claude RISSET, *Composer le son : repères d'une exploration du monde sonore numérique*, Collection GREAM : « Création contemporaine », v. I (Paris: Hermann, 2014), p. 320.

45. Jean-Claude RISSET, « Composer le son : expériences avec l'ordinateur, 1964-1989 », *Contrechamps* 11 (1990), p. 107-126. Voir aussi Jean-Claude RISSET, *Composer le son : repères d'une exploration du monde sonore numérique*, Collection GREAM : « Création contemporaine », v. I (Paris: Hermann, 2014) ; et Jean-Claude RISSET, *Ecrits: Writings volume 2*, éd. par Olivier Class et Marta Grabocz, Collection du GREAM (Paris: Hermann, 2019).

46. Bastien GALLET, « Techniques électroniques et art musical : son, geste, écriture », *Volume / 1*, n° 1 (2002).

47. Les microprocesseurs*, qui se généralisent au cours des années 70, permettent non seulement de miniaturiser les ordinateurs, mais aussi de les produire en série et donc d'en diminuer le prix. Rappelons que les premiers ordinateurs étaient tous des modèles uniques et occupaient le volume d'une pièce entière.

ordinateurs⁴⁸. Ces quelques pionniers décident d'apprendre la programmation sur leurs nouvelles machines, les KIM 1, et ils développent des programmes pour produire du son. Claviers et souris en mains, ils improvisent collectivement, jouant avec les réactions des ordinateurs branchés en réseau. Deux d'entre eux témoignent :

Pour les musiciens de cette époque et de cette région, il n'y avait qu'un pas entre la pratique de la musique acoustique réalisée par l'application rigoureuse d'algorithmes, dont le hasard (Cage), la stochastique (Xenakis) ou les procédés minimalistes (Reich), et l'application de méthodes similaires par des machines en musique électronique live⁴⁹.

Ces nouveaux musiciens se concentrent sur la production de musique en direct, et non sur l'élaboration de musique fixée sur support – appelée « *tape music* » dans le milieu anglosaxon.



Figure 8 : La League of Automatic Music Composers avec, de gauche à droite, Tim Perkis, Jim Horton et John Bischoff, lors d'une performance à San Francisco en 1981⁵⁰.

48. John BISCHOFF et Chris BROWN, « Indigenous to the Net: Early Network Music Bands in the San Francisco Bay Area », <http://crossfade.walkerart.org/brownbischoff/>, consulté le 21/06/2019.

49. BISCHOFF et BROWN. Voir aussi John BISCHOFF, « Software as sculpture: Creating music from the ground up », *Leonardo Music Journal* 1, n° 1 (1991), p. 37-40.

50. <http://crossfade.walkerart.org/brownbischoff/>, consulté le 22/06/2019.

En 1986 à San Francisco, alors que la *League* s'essouffle, le *Network Muse Festival* voit deux de ses anciens membres, John Bischoff et Tim Perkis, produire une performance par ordinateurs où un micro-ordinateur central, appelé « *hub* », permet de coordonner le réseau en jouant le rôle de mémoire collective⁵¹. Ce système permet de simplifier le travail long et fastidieux de connexion des ordinateurs par câbles, caractéristique de la *League*. Quelques autres participants du festival se joignent à eux pour former un nouvel ensemble prenant le nom de *Hub*. Il y a ainsi un système partagé, le réseau d'ordinateurs, commandé par tous les musiciens à la fois⁵². Quelques années plus tard, le *Hub* profite des avantages du protocole MIDI (*Music Instrument Digital Interface*), un protocole de communication qui facilite les échanges entre les différents ordinateurs créé en 1983. Il permet d'encoder les notes de manière numérique par quatre paramètres : la hauteur, la durée, l'intensité, et le moment de départ de la note. Ce changement d'architecture du système a nécessité la création d'un nouveau répertoire – l'alternative aurait été d'adapter les pièces déjà existantes, celles-ci étant toujours très dépendante du matériel sur lequel on les jouait. La *League* puis le *Hub* sont donc des initiateurs des performances musicales par ordinateurs⁵³.

D'un autre côté, le numérique a permis des innovations dans le domaine des instruments. En 1981, Guiseppe Di Giugno réalise à l'Ircam le système 4X, un mini-ordinateur permettant de synthétiser toutes sortes de sons et de transformer en temps réel les sons d'instruments acoustiques. Pierre Boulez l'utilise dans *Répons*, qu'il compose la même année. En 1983, Yamaha commercialise son DX7, premier synthétiseur numérique avec clavier qui connaît un grand succès commercial. Il marque le début de l'hégémonie des synthétiseurs numériques sur les analogiques. Pour une utilisation similaire (jouer toutes sortes de sons à partir d'un clavier de piano), les algorithmes logiciels remplacent les circuits analogiques, permettant une meilleure qualité de son, une plus grande stabilité et des possibilités sonores élargies. Ces synthétiseurs sont autonomes, mais on peut aussi les connecter à des ordinateurs. Ils jouent alors le rôle de contrôleur, et l'ordinateur celui de synthétiseur.

51. Scot GRESHAM-LANCASTER, « The Aesthetics and History of the Hub: The Effects of Changing Technology on Network Computer Music », *Leonardo Music Journal* 8 (1998), p. 39-44.

52. Les membres du *Hub* sont John Bischoff, Tim Perkis, Chris Brown, Scot Gresham-Lancaster, Mark Traylor (aujourd'hui décédé) et Phil Stone.

53. Après une suspension de ses activités pendant une dizaine d'années, le groupe s'est de nouveau réuni en 2004. Ses six membres ont reçu le *Giga-Hertz Grand Prize for Lifetime Achievement* en 2018 à Karlsruhe.



Figure 9 : Le synthétiseur Yamaha DX7⁵⁴.

Une manière d'utiliser l'ordinateur dans le jeu de la musique est d'utiliser des interfaces, permettant de contrôler par des gestes la synthèse sonore ou la lecture du son. Les concerts de la *League* ou du *Hub* sont en effet dépourvus de toute action gestuelle sur scène, et on a pu chercher à rendre ces performances de musique numérique plus interactives⁵⁵. Parmi les nombreuses inventions de Max Mathews, le *Radio-baton Controller* et *Conductor program* qu'il construit avec Bob Boie permettent de contrôler la lecture numérique d'une pièce enregistrée en variant le tempo et les nuances⁵⁶. Ce sont 2 baguettes avec émetteurs radio, et une tablette radio-réceptrice. Le mouvement et la position des baguettes sur la table contrôlent le déclenchement du son et son intensité. La musique est partagée entre une part encodée (le fichier audio) et une part expressive (qui contrôle les paramètres de lecture). Le contrôle se fait via des paramètres MIDI. Si d'autres musiciens, comme Andrew Schloss et Richard Boulanger, ont réutilisé le *Radio-baton* pour créer de nouvelles compositions, il n'a pas connu de franc succès⁵⁷.

54. <https://flypaper.soundfly.com/produce/10-influential-synths-ever/>. Le DX7 n'est aujourd'hui plus fabriqué, mais existe sous forme virtuelle dans des logiciels de synthèse sonore.

55. W. Andrew SCHLOSS et David A. JAFFE, « Intelligent musical instruments: The future of musical performance or the demise of the performer? », *Journal of New Music Research* 22, n° 3 (1993), p. 183–193 ; W. Andrew SCHLOSS, « Using contemporary technology in live performance: The dilemma of the performer », *Journal of New Music Research* 32, n° 3 (2003), p. 239–242.

56. Max V. MATHEWS, « The Radio Baton and Conductor Program, or: Pitch, the Most Important and Least Expressive Part of Music », *Computer Music Journal* 15, n° 4 (1991), p. 37-46. Voir une démonstration : <https://www.youtube.com/watch?v=3ZOzUVD4oLg> 2.

57. TANAKA, « Sensor-based musical instruments and interactive music ».



Figure 10 : Max Mathews jouant le Radio-baton, le 7 avril 2010⁵⁸.

Une invention significative dans le domaine de la musique numérique est les Hands de Michel Waisvisz (nous y reviendrons en 2.4.1.1, p. 109). Développées à partir de 1984, c'est une paire de manettes munies d'une multitude de capteurs, qui mesurent les mouvements des mains⁵⁹. Ces données sont envoyées à un micro-ordinateur qui les convertit en données numériques MIDI, et les envoie dans un synthétiseur⁶⁰. Cela permet de contrôler la synthèse audionumérique en direct, avec des mouvements corporels. De nombreux autres contrôleurs MIDI sont produits sur le modèle des instruments à vents⁶¹ : la pression du souffle détermine l'intensité sonore, et la position des doigts correspond à une hauteur de note ; ces données sont transmises à un synthétiseur. Le « flûtiste » peut ainsi jouer des sons de trompette, par exemple. Aujourd'hui, de multiples façons d'utiliser l'ordinateur en musique existent, entre des logiciels, des interfaces gestuelles et des contrôleurs très développés.

En l'espace de moins d'un siècle, les innovations électroniques ont apporté beaucoup de renouveau dans les pratiques musicales⁶². Le régime numérique s'est greffé sur ce

58. Image extraite de YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=3ZOzUVD4oLg> (consulté le 08/07/2019).

59. Giuseppe TORRE, Kristina ANDERSEN, et Frank BADLÉ, « The Hands: The Making of a Digital Musical Instrument », *Computer Music Journal* 40, n° 2 (2016), p. 22-34.

60. Concert de Michel Waisvisz, avec The Hands et le Crackle Synth, 2004 : <https://www.youtube.com/watch?v=U1L-mVGqg4> 3.

61. TANAKA, « Sensor-based musical instruments and interactive music ».

62. Pour approfondir les manières dont les technologies se sont implantées dans les pratiques

terreau pour y apporter de nouvelles perspectives : d'une part l'accès au son dans sa structure numérique, par l'écriture d'algorithmes pour la synthèse sonore (c'est la lutherie informatique⁶³), et la possibilité d'interaction avec le son chiffré avec des interfaces. On peut modifier, en temps réel, les fonctions mathématiques et les paramètres qui régissent l'élaboration des signaux sonores. On peut avoir accès à ces chiffres et les modifier par l'intermédiaire d'interfaces gestuelles ou graphiques. Les interfaces sont graphiques (l'affichage à l'écran d'un logiciel), textuelles (les langages de programmation), elles sont des claviers et des souris, des tables de contrôle avec boutons et curseurs, elles sont aussi des interfaces gestuelles, qui elles-mêmes peuvent être de toutes sortes. Elles permettent soit une interaction gestuelle, à distance de l'ordinateur, soit une manipulation directe de l'ordinateur, face à l'écran. Nous allons à présent explorer tout à tour ces deux catégories de dispositifs pour la musique.

2.4. Interaction gestuelle avec l'ordinateur

Les interfaces gestuelles sont très nombreuses, on peut en distinguer plusieurs types. Nous avons les DMI (*Digital Musical Interface*) et les toutes les variétés de contrôleurs MIDI, et aussi des instruments acoustiques ou électriques qui peuvent eux-mêmes jouer le rôle d'interface, permettant d'interagir avec des ordinateurs : ce sont des situations de musique mixte et les instruments « mixtes » ou augmentés. Nous présenterons aussi des interfaces particulières, qui fonctionnent en captant des signaux physiologiques sur le corps des performeurs, ainsi que des instruments embarqués*. Tous les instruments seront présentés conjointement avec leurs productions musicales, pour pouvoir en percevoir à la fois les aspects techniques et scéniques.

La distinction entre DMI et contrôleur MIDI ne repose pas sur une véritable différence. Ces deux catégories désignent des interfaces permettant de contrôler des algorithmes quand ils sont branchés à un ordinateur. Les deux dénominations se distinguent d'abord par leurs communautés d'origine : les communautés expérimentales et académiques dans le domaine des technologies musicales pour les premiers, et

musicales, et notamment dans les musiques populaires, voir Paul THEBERGE, *Any sound you can imagine: Making music/consuming technology* (Hanover & London: Wesleyan University Press, 1997).

63. Solvi YSTAD, « De la facture informatique au jeu instrumental », dans *Les nouveaux gestes de la musique*, éd. par Hugues Genevois et Raphaël de Vivo (Marseille: Parenthèses, 1999), p. 111-120 ; Marie-Noëlle HEINRICH, *Création musicale et technologies nouvelles: mutation des instruments et des relations* (Paris: L'Harmattan, 2003), p. 37.

l'industrie de la musique numérique pour les seconds. Les DMI, comme leur nom l'indique (interfaces *musicales*), sont spécifiquement dédiés au jeu de la musique. Souvent, ils fonctionnent avec le protocole MIDI (mais pas nécessairement), ce qui en fait aussi des contrôleurs MIDI. Les contrôleurs MIDI, quant à eux, peuvent contrôler d'autres médias (des images, de la vidéo...), selon le logiciel avec lequel ils sont connectés. Quand ils servent au jeu de la musique, ils sont alors aussi des DMI. Ainsi, DMI et contrôleurs MIDI ne sont donc pas deux catégories distinctes. Dans un souci de clarté et de facilité de lecture, nous conservons néanmoins cette distinction le temps de la présentation des instruments.

2.4.1. Performances avec des DMI

Les DMI, *Digital Music Interfaces*, sont des contrôleurs gestuels qui, connectés à un logiciel de synthèse sonore, permettent de contrôler la production du son par des gestes corporels. Il en existe une multitude, la plupart est le fruit d'initiatives isolées de la part de chercheurs, de musiciens, d'ingénieurs, curieux des technologies numériques et du sonore. Ces DMI restent souvent à l'état de prototype unique : nombreux sont ceux qui ne sont joués que par leur inventeur. Nous en présentons ici quelques-uns qui sont significatifs, par l'investissement soutenu et continu que leurs développeurs leur ont manifesté, par le rayonnement qu'ils exercent dans leurs communautés, ou parce qu'ils connaissent un développement commercial. Ce sont donc des exemples particulièrement « réussis » que nous choisissons d'analyser. Si individuellement, ces interfaces ont connu une très faible diffusion, elles sont cependant le reflet d'une activité foisonnante, riche d'expérimentations et d'innovations et qui réunit de nombreux chercheurs et artistes dans différentes communautés (par exemple la communauté NIME, *New Interfaces for Musical Expression*⁶⁴).

64. La communauté NIME organise chaque année depuis 2001 des conférences rassemblant chercheurs et musiciens autour du design d'interfaces musicales et de la musique par ordinateur. Voir <https://www.nime.org/>. On peut aussi citer le concours Margaret Guthman, qui depuis 2009, récompense les meilleures innovations en matière d'instruments de musique. Il se tient chaque année à la *Georgia Tech School of Music* à Atlanta, et nombre des instruments candidats font usage du numérique. Voir <https://guthman.gatech.edu/>.

2.4.1.1. *Les Hands*

Nous avons déjà évoqué Michel Waisvisz avec son interface les Hands⁶⁵, dont la première version date de 1984 ; cet instrument précurseur est significatif pour les innovations qu'il a apportées dans la performance musicale numérique. Waisvisz l'a raffiné et travaillé pendant de nombreuses années, évoluant vers des versions permettant des interactions toujours plus fines avec le son. Il représente le premier contrôleur gestuel à avoir été considéré comme un instrument de musique par son inventeur, qui l'a lui-même joué pendant longtemps.

Les Hands fonctionnent avec une série de capteurs (accéléromètres, boutons, capteurs d'orientation au mercure et capteurs de distance à ultrasons) installés sur des manettes (voir Figure 11), permettant d'avoir un contrôle sur le son⁶⁶. Dans ses premières versions, le degré de contrôle était limité. Les données issues des mesures sont converties en données MIDI pour contrôler un synthétiseur DX7 (voir Figure 9, p. 105)⁶⁷. Lors du premier concert de Waisvisz avec cet instrument en 1984, dans sa pièce *Beat Concert*, il peut contrôler jusqu'à trois voix différentes. Dans *Archaic Symphony*, une pièce créée en 1986 et enregistrée en 1988, le musicien peut contrôler jusqu'à plus de 70 instruments virtuels. Le logiciel *Lick Machine*, créé pour accompagner les Hands, permet de naviguer dans une bibliothèque d'échantillons sonores, de les jouer tout en contrôlant des paramètres de jeu (vitesse, durée, transposition...). Chaque capteur de l'interface permet de contrôler des paramètres sonores : hauteur, intensité des échantillons joués, utilisation d'une fonction *scratch*, navigation dans le catalogue d'échantillons. Puis les développements techniques ont permis aux Hands II de contrôler un traitement sonore de précision d'échantillons sonores via le logiciel LiSa, spécialement créé pour les Hands. LiSa est reprogrammable : on peut l'adapter pour chaque nouvelle performance. Il permet aussi d'enregistrer de nouveaux échantillons sonores pendant les performances. Après des années de pratique et de développement, Waisvisz s'est constitué une collection

65. Michel WAISVISZ, « The hands: A set of remote midi controllers », in *Proceedings of the International Computer Music Conference: International Computer Music Association, 1985, 1985* ; TORRE, ANDERSEN, et BALDÉ, « The Hands ». John Robert FERGUSON, « Michel Waisvisz: No backup/Hyper instruments », dans *Expanding the horizon of electroacoustic music analysis*, éd. par Simon Emmerson et Leigh Landy (Cambridge: Cambridge University Press, 2016), p. 247-65.

66. A visionner ici <https://fourthree.boilerroom.tv/film/michel-waisvisz-hands> **3** pour une performance de 1984, et ici <https://www.youtube.com/watch?v=U1L-mVGqug4> pour une performance datant de 2004, avec une version plus développée de l'instrument **4**.

67. Le DX7 est un synthétiseur : il comporte un clavier, mais peut également être contrôlé par une autre interface, ici la première version des *Hands*. C'est en effet l'un des premiers synthétiseurs à être compatibles avec la norme MIDI.

d'échantillons sonores, qu'il jouait et traitait sur scène. Les améliorations techniques ainsi que l'entraînement ont permis aux Hands de passer de « contrôleur » à instrument⁶⁸, en offrant un contrôle gestuel de plus en plus fin et expressif. Pour cela, Waisviz a préféré arrêter tout développement technique à un certain point pour pouvoir se consacrer aux expérimentations et à la pratique sur un instrument stable⁶⁹. « C'est vraiment devenu mon instrument⁷⁰ », pouvait-il finalement affirmer. On entend donc que le musicien souligne une distinction entre instrument et contrôleur : l'instrument doit permettre de manipuler en détail les mécanismes de production sonore, alors qu'un contrôleur permet de déclencher des événements, souvent des objets sonores déjà enregistrés. C'est à force d'affinages technologiques et de longues heures – ou années – de pratique que les Hands est devenu, dans sa version la plus aboutie, un instrument, selon son auteur. Dans la pièce *Touch Monkey*, créée à Paris en 1986, il est justement question de cette opposition entre contrôleur et instrument : Waisviz y utilise tour à tour ces deux modes de jeu : déclenchement d'échantillon et contrôle continu du son⁷¹.



Figure 11 : Les Hands, version de 2005⁷².

68. TORRE, ANDERSEN, et BALDÉ, « The Hands ».

69. Michel WAISVISZ, Round Table Gestural Controllers [en ligne], septembre 1999, <http://www.crackle.org/MW's%20gestural%20round%20table.htm>, consulté le 4 mars 2019].

70. CHADABE, *Electric Sound*, p. 228. Traduction personnelle.

71. ARS Electronica, « "Touch Monkeys" Michel WAISVISZ » [http://90.146.8.18/en/archiv_files/19871/E1987_144.pdf], consulté le 13/04/2018].

72. <http://www.crackle.org/TheHands.htm> (consulté le 20/06/2019).



Figure 12 : Michel Waisvisz jouant les Hands en 1984 au Concertgebouw, Amsterdam⁷³.

Le geste est à la fois minime et de grande ampleur : Waisvisz tient ses manettes dans les deux mains et effectue des mouvements avec ses bras. Chaque doigt contrôle aussi des capteurs, le spectateur n'en perçoit pas les mouvements. La plupart du temps, on ne perçoit pas de causalité entre le geste et le son. Le contenu sonore semble changer souvent et n'être pas déterminé par les mouvements du performeur, mais parfois des changements sonores soudains se produisent avec un mouvement brusque. L'attitude corporelle manifeste une certaine expressivité, accompagnant parfois les dynamiques sonores. La notion d'effort était très importante aux yeux de Waisvisz : il fallait non seulement que le corps s'investisse pleinement dans la production sonore, mais aussi qu'un grand effet sonore soit généré par un geste de grande ampleur⁷⁴. Waisvisz a le plus souvent été réticent à l'idée d'enregistrer ses œuvres. Après un album expérimental en 1978 (jouant le *Crackle synth*, instrument électronique de sa facture⁷⁵), il a très peu enregistré, jusqu'à finalement sortir un album en 2005, *In tune*, jouant les Hands et le *Crackle synth*.

Le geste est en effet essentiel à sa musique, comme en témoigne Robert Rowe : « écouter un enregistrement de la pièce *The Hands* de Michel Waisvisz est étrange et

73. <https://fourthree.boilerroom.tv/film/michel-waisvisz-hands> (consulté le 26/06/2019).

74. Jon BELLONA, « Physical Intentions: Exploring Michel Waisvisz's The Hands (Movement 1) », *Organised Sound* 22, n° 3 (2017), p. 406-417.

75. Le *Crackle synth* est un instrument qui se joue en touchant des parties du circuit électronique avec les doigts.

quelque peu problématique, mais assister à une performance est inoubliable⁷⁶ ». Waisvisz est parvenu à jouer de la musique numérique de manière physique : ce sont ses gestes qui font la performance musicale, et c'est là que les Hands ont un rôle important et précurseur dans le domaine des interfaces musicales.

Le jeu de Waisvisz est une improvisation libre, sans structure apparente. Dans l'enregistrement vidéo de *No Backup Concert*⁷⁷, un changement significatif de texture sonore se produit à un moment donné (à 5"), où l'on passe de craquements et bruits de machines à quelque chose de plus léger, sifflements aigus, tintements et sons plus doux. Chacune des différentes pièces se démarque des autres par le contenu sonore, qui est déterminé par la configuration du logiciel de synthèse sonore utilisé à ce moment-là. « Je ne peux pas concevoir un engagement personnel dans le fonctionnement technique de l'instrument et dans la performance de manière séparée du travail de composition⁷⁸ », disait Waisvisz. Pour lui, la composition se situe à la fois dans l'élaboration de l'instrument et dans l'instant du concert : c'est le travail de préparation du logiciel et le jeu improvisé, révélant ses possibilités sonores. « Préparer une performance, ce n'est pas composer, ce n'est pas non plus étudier ou répéter la pièce ; c'est plutôt designer une attitude et rendre disponibles des sons et des outils de traitement sonore⁷⁹ ». Waisvisz parle bien d'improvisation, sans toutefois mentionner ce mot : « composer de la musique électronique sur scène dans l'instant, avec des ordinateurs préparés qui contiennent des sons, des algorithmes reliés aux capteurs, et avec la présence d'un public dédié⁸⁰ ». C'est-à-dire décider à chaque instant, sur scène, de quoi et comment jouer, à partir d'un support de sons et d'outils de traitement préparés à l'avance. Il serait plus juste de parler d'improvisation que de composition, mais nous pouvons déjà apercevoir que les interfaces numériques remettent en causes certains concepts, comme la distinction généralement établie entre la composition et l'improvisation. Pour Waisvisz, jouer, c'est entrer en interaction avec les sons produits. « Je préfère éviter la notion de contrôle », dit-

76. Robert ROWE, « New Computer Music by Barlow; Dashow; Kaske; Lansky; Roads; Waisvisz », *Computer Music Journal* 14, n° 3 (1990), p. 83-84.

77. <https://www.youtube.com/watch?v=U1L-mVGqug4> 3.

78. Volker KREFELD et Michel WAISVISZ, « The hand in the web: An interview with Michel Waisvisz », *Computer music journal* 14, n° 2 (1990), p. 28-33.

79. Michel WAISVISZ, « "Composing the now" - Notes for a lecture », octobre 2003, [<http://www.crackle.org/composingthenow.htm>, consulté le 18 avril 2019].

80. WAISVISZ, « "Composing the now" ».

il, « c'est un engagement, une belle forme de synchronie plutôt que du contrôle ; le contrôle est une illusion totale⁸¹ ».

2.4.1.2. *Les Gloves*

Indépendamment de l'idée des Hands de Waisvisz, Laetitia Sonami a créé le *Lady's glove*, un gant allant des doigts jusqu'au coude, muni d'une trentaine de capteurs (mesurant la flexion du coude, du poignet, des doigts, et leurs positions respectives)⁸². La seconde main porte aussi des accéléromètres et des capteurs pour permettre une mesure de distance entre les deux mains. Comme Waisvisz, Sonami a joué avec son instrument pendant une vingtaine d'années. La première version du glove a été conçue en 1991, et la plus aboutie date du début des années 2000. Le gant permet « une approche incarnée de la musique par ordinateur⁸³ » : ce sont les mouvements des mains et des bras qui contrôlent la musique jouée par l'ordinateur. Les signaux mesurés sont convertis en données MIDI puis utilisés par le logiciel pour la synthèse sonore. Le logiciel change pour chaque composition⁸⁴. Lors des concerts, on peut parfois remarquer un lien entre l'expressivité des gestes et le son ; un mouvement brusque s'accompagne d'un fort élément sonore⁸⁵. La plupart du temps cependant, le public n'a pas de compréhension intuitive de la manière dont les sons sont produits et contrôlés. Pendant une certaine période, Sonami a joué des pièces basées sur des textes. Elle récitait alors un texte tout en jouant avec le glove, elle accompagnait sa voix de sons de synthèse ou bien la rejouait en la transformant. Le logiciel, réalisé en Max/MSP*, utilise différentes techniques de synthèse (en particulier la synthèse additive) ainsi que des échantillons déjà enregistrés. C'est dans ce logiciel que les paramètres gestuels (les mesures de flexion ou de position) sont reliés aux paramètres sonores, c'est ce qui constitue le mapping* : un code informatique qui définit une manière d'associer des paramètres gestuels aux paramètres sonores. Sonami travaille avec différents modèles ou schémas (« *template* »), qui définissent chacun un mapping particulier, ou un « menu de possibilités⁸⁶ ». Chaque pièce

81. Elizabeth DYKSTRA-ERICKSON et Jonathan ARNOWITZ, « Michel Waisvisz: the man and the hands. », *Interactions* 12, n° 5 (2005), p. 63-67.

82. Dès la fin des années 80, les contrôleurs-gants ont aussi été développés dans le domaine de la réalité virtuelle (les VPL Data Gloves, lancés en 1987) et des jeux vidéo (le Mattel Power Glove, 1989). Le but n'est alors pas le contrôle ou la production sonore.

83. TANAKA, « Sensor-based musical instruments and interactive », p. 243.

84. Dans certaines performances, les données MIDI peuvent aussi servir à contrôler des lumières ou des moteurs.

85. A visionner ici : <https://www.youtube.com/watch?v=ngygk20M1pI> **5**.

86. Laetitia SONAMI, lors d'un entretien par Skype le 10 avril 2019.

est composée d'une série de ces schémas. On passe de l'un à l'autre par un mouvement de doigts sur le glove. Les possibilités sonores sont donc composées, elles sont préparées dans le logiciel ; dans l'interprétation se décide quelles possibilités seront effectivement jouées ou pas. Les gestes sont librement exécutés, choisis dans un ensemble de possibilités – qui correspondent à des possibilités sonores – mais le jeu n'est pas improvisé. La pièce est donc partiellement composée, et elle s'achève dans l'exécution. Sonami sait quel geste produira quel son. Elle ne joue en général qu'une pièce ou deux, qu'elle garde pendant quatre ou cinq ans, avant d'en créer de nouvelles. Chaque pièce peut beaucoup évoluer pendant cette période.



Figure 13 : Laetitia Sonami jouant le glove⁸⁷.

Le concept du glove a été adapté par Imogen Heap en 2010, puis produit et commercialisé à partir de 2015, sous le nom de Mi.Mu gloves⁸⁸. Ces gants sont conçus pour pouvoir jouer des sons électroniques avec des gestes corporels, au lieu de manipuler des boutons et curseurs : ils permettent de se détacher de la table de mixage et de l'ordinateur. Les Mi.Mu gloves se font connaître grâce à plusieurs artistes pop qui les

87. <https://grayarea.org/wp-content/uploads/2016/11/Laetitia-Sonami.jpg> (consulté le 28/06/2019).

88. Thomas J. MITCHELL, Sebastian MADGWICK, et Imogen HEAP « Musical interaction with hand posture and orientation: A toolbox of gestural control mechanisms », dans *Proceedings of the 2012 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2012 [<http://eprints.uwe.ac.uk/18267>, consulté le 16 décembre 2016]. On pourrait aussi considérer le Satta MIDI glove, gant ressemblant à celui de Sonami, adapté dans la musique pop par l'artiste Satta : <https://therealsatta.com/videos>. Ou encore, des gants similaires aux Mi.Mu, créées par la startup française Specktr : <https://www.specktr.com/> (consulté le 28/06/2019).

utilisent : Imogen Heap en premier lieu⁸⁹, puis Chagall⁹⁰, Ariana Grande⁹¹ et d'autres. Ces chanteuses les utilisent pour s'accompagner ou pour traiter leur propre voix en direct. Les données de mouvements sont envoyées par Wifi à un ordinateur. On peut, tout en chantant ou en jouant d'un autre instrument, manipuler ses propres sons en direct, ou s'accompagner d'autres sons. Chagall témoigne d'être « lassée d'être derrière la table⁹² » : avec ces gants, la performance s'anime, la chanteuse bouge ses mains, ses bras. On observe un certain travail chorégraphique et la performance peut se rapprocher de la danse. Les mouvements servent à la production musicale, mais il y a un réel travail des gestes, effectués dans les airs, sans manipuler d'objet. Les Mi.Mu gloves permettent à la fois l'improvisation et l'exécution de pièces composées, à la manière de *Hide and Seek*, chanson d'Imogen Heap, aussi interprétée par Ariana Grande lors de sa tournée *Honeymoon* en 2015.



Figure 14 : Image des Mi.Mu gloves⁹³. Des capteurs intégrés permettent de mesurer la flexion des doigts, la position des mains dans l'espace et leurs mouvements.

89. <https://www.youtube.com/watch?v=wXpkLWQqETY> 6.

90. A visionner ici : <https://www.youtube.com/watch?v=ncDgRsZ9gXE> 7.

91. Ariana joue les Mi.mu gloves lors de sa tournée Honeymoon en 2015, rendant du même coup un hommage à Imogen Heap. <https://www.youtube.com/watch?v=sa6h6wZpE30> 8.

92. Dans une démonstration des gants : <https://www.youtube.com/watch?v=ncDgRsZ9gXE> 7.

93. <https://www.pastemagazine.com/articles/2015/02/watch-imogen-heap-use-wearable-tech-to-make-music.html> (consulté le 28/06/2019).



Figure 15 : La chanteuse Chagall avec les Mi.Mu gloves⁹⁴.

2.4.1.3. Le Spring spyre

Ayant délaissé le glove après de longues années de développement et de pratique, Sonami a créé un nouvel instrument, le Spring spyre. Un cadre circulaire est traversé par trois ressorts reliés à des capteurs qui agissent comme des microphones. Le performeur touche, agite les ressorts, créant ainsi des vibrations qui sont mesurées par les capteurs. La nouveauté principale de cet instrument par rapport au glove est que le logiciel est réalisé grâce à une technique de *machine learning**. Sonami utilise pour cela le *Weckinator*, un logiciel développé par Rebecca Fiebrink pour construire le mapping* lors de la conception d'un instrument numérique⁹⁵. On fournit au logiciel une série de paires geste-son, et le reste des associations geste-son se fait automatiquement. Ainsi, pour chaque geste effectué, l'instrument associera une réponse sonore qu'il aura construite à partir des données de départ. Il faut donc, pour chaque pièce, « entraîner » l'algorithme en définissant un certain nombre de gestes et les sons qui leur correspondent, puis l'algorithme complète le continuum de gestes possibles. Sonami a créé cet instrument

94. Image extraite de YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=ncDgRsZ9gXE> 7.

95. Fiebrink décrit le *Weckinator* comme un « méta-instrument » : un instrument pour créer des instruments. Le procédé de *machine learning** consiste à donner au *Weckinator* une collection de paires geste-son, et le logiciel complète de lui-même le reste de l'espace des gestes et des sons, en apprenant à partir des données de base. Cela laisse une certaine autonomie au système, et permet à son utilisateur d'être surpris du résultat. Il requiert de la pratique pour pouvoir l'utiliser habilement. Voir Rebecca FIEBRINK, « Machine learning as meta-instrument: Human-machine partnerships shaping expressive instrumental creation », dans Till Boverman et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century* (Singapour: Springer, 2017), p. 137-151.

pour pouvoir se tourner vers l'improvisation. Bien plus que le glove, le Spring spyre permet de jouer sur l'inattendu, de se laisser surprendre par les réponses sonores, et d'improviser dans l'espace des sons. Il s'agit de synthèse sonore en temps réel.



Figure 16 : Le Spring spyre joué par Laetitia Sonami⁹⁶.

2.4.1.4. Les tether-controllers et les orchestres d'ordinateurs

Nous allons considérer ici un contrôleur gestuel qui a été utilisé dans de nombreuses pièces par certains ensembles d'ordinateurs. Le rôle de cette interface diffère selon l'utilisation qu'on en fait, nous présenterons donc trois pièces pour expliciter ces différents rôles. En transformant des contrôleurs à l'origine construits pour un jeu vidéo de golf en interfaces pour la musique, l'orchestre d'ordinateurs PLOrk (Princeton Laptop Orchestra, ensemble d'ordinateurs fondé en 2005) fut à l'initiative des *tether-controllers* (aussi appelés *GameTrack controllers*). Ces contrôleurs ont été – et sont toujours – employés dans de nombreuses productions de PLOrk. Devenus leur interface emblématique, ils ont aussi été adoptés par d'autres ensembles, comme SLOrk (Stanford Laptop Orchestra) et Sideband, dont nous présentons ici trois pièces. PLOrk fut le premier ensemble à proposer un mode de fonctionnement pour ensemble d'ordinateurs, modèle

96. <http://sonami.net/instruments/> (consulté le 28/06/2019).

qu'ont suivi ensuite de nombreux ensembles – imitant également l'acronyme en -Ork. Les musiciens répartis sur scène sont chacun équipés d'un ordinateur, d'un jeu de haut-parleurs (des haut-parleurs hémisphériques mis au point pour que les sources sonores soient locales et individuelles, imitant ainsi le fonctionnement d'un orchestre acoustique⁹⁷), et éventuellement d'interfaces (*tether-controllers* ou autres)⁹⁸.



Figure 17 : Images de PLOrk à ses débuts, en 2005. Chaque performeur est assis à côté de son ordinateur, avec une manette de jeu, et un jeu de haut-parleurs⁹⁹.

Il existe aujourd'hui un certain nombre d'ensembles d'ordinateurs à travers le monde. Deux ans après la création de PLOrk, SLOrk voit le jour à Stanford en Californie¹⁰⁰, puis BLOrk (Boulder, Colorado, en 2008, qui collabore beaucoup avec des instruments acoustiques) et CLOrk (Concordia Laptop Orchestra, fondé en 2011 à Montréal). Ces ensembles se sont développés au sein d'universités, ils ont persévéré dans leur travail par des productions régulières au fil des ans ou des semestres, mobilisant des étudiants en musique ou en électronique, informatique ou ingénierie¹⁰¹. Ils poursuivent l'objectif d'allier la musique électronique, la programmation informatique et la performance musicale interactive. On peut aussi citer Sideband¹⁰² (formé en 2008 à Princeton pour constituer un ensemble stable, contrairement aux groupe d'étudiants qui changent chaque

97. Scott SMALLWOOD, Daniel TRUEMAN, et Perry R. COOK, « A History of Hemispherical Speakers at Princeton », consulté le 26 juin 2019, <http://music2.princeton.edu/delorean/history.html>.

98. TRUEMAN et coll., « PLOrk ».

99. Daniel TRUEMAN, « Why a laptop orchestra? », *Organised Sound* 12, n° 02 (2007), p. 171–179.

100. Ross FELLER, « Andrew J. Nelson: The Sound of Innovation - Stanford and the Computer Music Revolution », *Computer Music Journal* 40, n° 1 (2016), p. 73-75.

101. Voir par exemple l'annonce du séminaire « laptop orchestra » de l'université de l'Indiana pour le premier semestre 2018 : <http://www.iub.edu/~emusic/lorlk/> (consulté le 28/06/2019).

102. <http://sidebandband.com/> (consulté le 28/06/2019).

année), le FLO¹⁰³ (Female Laptop Orchestra, fondé en 2014), et Swanlork¹⁰⁴ (Swansea Laptop Orchestra, fondé en 2015 et résident de l'université de Wales Trinity Saint David), des ensembles professionnels jouant de manière occasionnelle. D'autres ensembles ont fonctionné pendant peu de temps, comme le UCLOrk¹⁰⁵ (Université UCL de Londres, vivant le temps d'un festival), le Dublork (fondé en 2011 à Dublin, plus actif depuis 2017), KLO¹⁰⁶ (Kopenhagen Laptop orchestra), HELO¹⁰⁷ (Huddersfield Experimental Laptop Orchestra) et bien d'autres aux États-Unis comme KLOrk¹⁰⁸ (Kalamazoo, Michigan), L2Ork¹⁰⁹ (Linux Laptop Orchestra, Virginia), ou LOL¹¹⁰ (Laptop Orchestra of Louisiana). En France, mentionnons Synoork¹¹¹ (un ensemble qui se forme une fois par an depuis 2013, lors d'ateliers de création organisés par l'association Syntono) et l'OrMaDor¹¹² (Orchestre de Machines et d'Ordinateurs, une initiative ponctuelle), à vocation didactique. Ainsi, si certains ensembles ne sont pas pérennes, ceux qui le sont suscitent beaucoup d'enthousiasme.

Nous avons choisi ici trois pièces fonctionnant avec la même interface, le *tether-controller*. Celui-ci est composé de deux câbles rétractables dont on tient les extrémités dans les mains, ils sont reliés à un boîtier posé au sol qui mesure les mouvements effectués (soit l'angle et la longueur de câble tirée). Le performeur tire sur les câbles et effectue des mouvements avec. Selon le logiciel auquel le contrôleur est connecté, le mouvement peut avoir un contrôle continu sur les paramètres du son (réglage de volume, de timbre, de la hauteur des notes), ou bien avoir un rôle de déclenchement d'événements sonores par dépassement de seuils (déclencher un son en tirant le câble au-delà d'une certaine hauteur par exemple). Nous prenons maintenant en considération trois pièces qui les utilisent de différentes manières : *Twilight*, *WALO* et *From the Waters*.

103. <https://femalelaptoporchestra.wordpress.com/blog/> (consulté le 28/06/2019).

104. <http://www.swansealaptoporchestra.com/> (consulté le 26/09/2019).

105. <https://blogs.ucl.ac.uk/dh/2014/11/17/the-ucl-laptop-orchestra-uclork/> (consulté le 28/06/2019).

106. <http://laptoporchestra.dk/> (consulté le 28/06/2019).

107. <http://helo.ablelemon.co.uk/> (consulté le 28/06/2019).

108. <https://sites.google.com/a/wmich.edu/klork/> (consulté le 28/06/2019).

109. <http://l2ork.music.vt.edu/main/> (consulté le 28/06/2019).

110. <https://laptoporchestrala.wordpress.com/about/> (consulté le 28/06/2019).

111. <http://www.syntono.fr/synoork> (consulté le 28/06/2019).

112. <http://www.cahiersacme.com/article-16530082.html> (consulté le 28/06/2019).



Figure 18 : Les tether-controllers en performance (ici la pièce WALO de Lainie Fefferman). Les câbles, reliés à un boîtier posé au sol, peuvent être tirés à différentes longueurs et dans différentes directions par les performeurs¹¹³.

Twilight

Twilight est composé par Ge Wang en 2012 pour huit ordinateurs avec haut-parleurs hémisphériques et *tether-controllers*. La pièce est créée en 2013 par l'ensemble SLOrk¹¹⁴. Ge Wang la décrit comme « une composition pour orchestre d'ordinateurs qui montre la capacité des ordinateurs portables à être des instruments puissants, sensibles et expressifs en situation de concert¹¹⁵ ». C'est une pièce en deux mouvements qui illustre une fin possible de l'humanité, laissant derrière elle des villes et des machines qui ne s'arrêtent jamais de fonctionner. La note de programme est une citation d'un classique de science-fiction, la nouvelle *Twilight* de John W. Campbell (1934). Elle décrit une extinction de l'humanité, s'effaçant doucement au profit des machines.

Les musiciens sont répartis sur tout l'espace de la scène, chacun à côté de son ordinateur et de ses haut-parleurs. Ils tiennent les manettes dans leurs mains, et imitent les gestes du chef qui leur fait face sur le devant de la scène. Les gestes sont de grande amplitude, entre les positions accroupie et debout, bras en l'air. Le second mouvement commence alors que tous les musiciens se sont allongés, et semblent dormir à côté de leurs ordinateurs. Le chef d'orchestre joue seul, face au public cette fois, pendant que les autres quittent la scène progressivement. Puis le chef sort à son tour, alors que le son retentit encore pendant une minute.

113. <https://www.youtube.com/watch?v=UEteTnc4ZkY> 9.

114. <https://vimeo.com/100624271> 10.

115. Sonic Gallery, soniccurator [en ligne], « Computer Music | Sonic Gallery » [<https://sonicgallery.org/tag/computer-music/>, consulté le 31 janvier 2018].



Figure 19 : Les musiciens du Stanford Laptop Orchestra en concert. Chaque musicien a son ordinateur, ses haut-parleurs semi-sphériques, une manette dans la main. De dos, on voit le chef d'orchestre (Ge Wang), dont les musiciens suivent les mouvements¹¹⁶.

Il existe une sorte de partition, où figure une liste d'indications des gestes à effectuer (voir Figure 20). Il est intéressant de remarquer que la partition et l'enregistrement vidéo de la performance ne se correspondent pas toujours. La partition indique par exemple que les musiciens doivent être à genoux et bercer leur ordinateur, avant de se recroqueviller en avant, ce qu'on n'observe pas dans l'enregistrement vidéo. Cette différence est sans doute liée à plusieurs versions de la pièce, ou bien à une certaine flexibilité laissée à l'interprétation.

116. Image extraite de Vimeo : <https://vimeo.com/100624271> (consulté le 26/09/2019).

Twilight (2012) by Ge Wang
for laptop orchestra

Sounds

Patterns

Instructions

- to be played by 6 or more (ideally ≥ 8) players, divided into 2 equal size groups.
- the visual presentation is key; be conscious physical performers!

Movement 1

- players to assume "ninja stance": comfortably crouching on one knee to maximize range of motion with gametrak, from rest to fully extending the gametrak tether.
- follow conductor cues.

group 1 (ppp-mp-ff-pp) (ppp-f-fff-p) (ppp-p-mf-ff-pp)

group 2

rumble X let ring - - - -

group 1 (ppp-p-mf-ff-pp) "the wave" one after another, as cued "tessellate" (ppp-p-mp-ff-f-p-pp)

group 2

rumble X let ring - - - - X let ring - - - -

Movement 2

- players to assume "hibernation stance": comfortably kneeling on both knees while cradling the laptop
- when cued, move to "fetal stance": still kneeling, slowly lean forward with laptop

Figure 20 : Partition de Twilight¹¹⁷.

L'aspect visuel de la pièce est important : ce sont les gestes, leur amplitude, leur vitesse, les postures adoptées par les musiciens, mais aussi les lumières qui changent et contribuent grandement à l'atmosphère, du rougeoiement du crépuscule au bleu-violet de la nuit, contribuant à illustrer le texte de la nouvelle *Twilight*. Ainsi la performance se rapproche d'un spectacle « son, lumière et gestes ».

Les instruments sont ici un ensemble formé par un ordinateur avec le code informatique (écrit en ChucK¹¹⁸), les manettes et le boîtier, le jeu de haut-parleurs. Chaque musicien est autonome avec son propre système. Le fonctionnement de

117. La partition et l'enregistrement vidéo sont disponibles sur le site internet de SLOrk : <http://slork.stanford.edu/works/twilight/> (consulté le 26/09/2019).

118. ChucK est un langage de programmation pour la musique conçu par Ge Wang. Voir Ge WANG, Perry R. COOK, et Spencer SALAZAR, « ChucK: A Strongly Timed Computer Music Language », *Computer Music Journal* 39, n° 4 (2015), p. 10-29.

l'ensemble imite celui de l'orchestre classique : un chef, dos au public, indique aux musiciens les gestes à effectuer.

Les gestes des performeurs ne requièrent aucune expertise ni compétence technique : quelques répétitions ont pu suffire à mettre la structure en place. La synthèse sonore s'effectue en temps réel.

L'esthétique est figurative, représentationnelle : cela raconte une histoire, des humains qui quittent la scène, progressivement, et la musique des machines persiste après leur disparition.

WALO

WALO est une pièce de Lainie Fefferman, écrite en 2015 pour l'ensemble Sideband¹¹⁹. Elle fait partie d'un projet de plusieurs compositions sur le thème du portrait, par lesquelles Fefferman veut dresser un portrait sonore des interprètes. Cette pièce permet de donner au spectateur un aperçu de leurs personnalités à travers leurs voix¹²⁰. Ainsi, le matériau sonore comprend des enregistrements des voix de chacun des interprètes et membres de Sideband, ainsi que des sons de cloches de synthèse. Sept performeurs jouent des voix, les deux autres jouent les sons de cloches.

La dimension gestuelle est mise en avant. Les performeurs tiennent les *tether-controllers* dans leurs mains. Les balancements horizontaux des bras de deux performeurs font retentir les cloches lorsqu'ils sont coordonnés. Les échantillons de voix enregistrés sont déclenchés avec des mouvements verticaux, par passage de seuil, par les sept autres performeurs. Chacun joue d'une voix. Les aspects sonore et visuel de la performance sont d'égale importance pour maintenir la tension sur scène. Les performeurs sont des exécuteurs de gestes, danseurs ou « bougeurs ». Si les gestes sont faciles à effectuer, la coordination des « sonneurs de cloches » demande de l'entraînement. Les autres contrôlent le déclenchement des échantillons de voix en ajustant la longueur de fil tiré, ce qui ne demande aucune expertise. Il n'y a pas de contrôle fin sur le son : les gestes sont seulement déclencheurs d'un son fixé.

La pièce est constituée par les extraits sonores et la manière dont ils sont reliés aux gestes des performeurs. Une partition, ou script, donne aux performeurs les instructions sur scène. Pour rejouer la pièce, il faudrait transmettre le logiciel et la partition, supposant

119. A visionner ici : <http://www.sidebandchronicles.com/lainie-fefferman-walo/> **11**.

120. D'après un échange par email avec Lainie Fefferman, 18 mai 2017.

que l'ensemble destinataire dispose des mêmes supports d'instruments (câbles, interfaces, haut-parleurs).

From the Waters et le Rope instrument

Anne Hege écrit la pièce *From the Waters* pour Sideband en 2012¹²¹. C'est une pièce qui utilise et met en scène le *rope instrument*. Il est constitué de plusieurs *tether-controllers*, reliés entre eux par une corde circulaire. Tous les performeurs tiennent la corde dans leurs mains, la corde nécessite ainsi l'action coordonnée de plusieurs personnes pour être mise en mouvement. *From the Waters* est la révision d'une première version, *Middle Passage: Reclaiming what is lost*, imaginée par Anne Hege suite à la mort de son frère, tué avec trois autres policiers en service. La pièce est née dans l'optique d'un rituel de deuil : l'objectif était de proposer une action de groupe pour exprimer et vivre collectivement le chagrin de la perte. Elle a été créée par PLOrk en 2010. *From the Waters* est un raffinement de la version précédente, une épuration, répondant à un besoin de simplification pour que la performance soit réalisable. La pièce a aussi été jouée sous forme d'ateliers thérapeutiques orientés vers la guérison du deuil, « *hinting at grieving* ». Elle peut être jouée sans Anne Hege, même si elle-même ignore si cela a déjà été fait¹²².

121. <https://vimeo.com/114634237> **12**. Voir Anne HEGE, « Middle Passage: Reclaiming what is lost as Performance and Practice », dans *Proceedings of the 1st Symposium on Laptop Ensembles & Orchestras*, vol. 1, p. 47-50, Louisiana State University, 2012.

122. D'après un entretien avec Anne Hege, le 22 novembre 2017 via Skype.



Figure 21 : Image de la performance de From the Waters, en juin 2012 à Princeton¹²³.

Lors de l'exécution de la pièce, les musiciens sont en cercle, tenant dans chaque main l'extrémité d'un câble. On entend un vrombissement en arrière-plan, sur lequel alternent un son fixe ressemblant à une voix, répétant quelques notes, et des tintements aigus. Puis ils se placent par deux face à face, les mains ouvertes vers le haut, ils effectuent des mouvements lents en miroir. On entend alors toujours les vibrations harmoniques de l'arrière-plan et les grincements aigus en alternance avec des sons de voix, polyphoniques. En seconde partie, les performeurs se tiennent en cercle, chacun prend la corde circulaire jusqu'alors posée au sol, la lève, et la pousse de droite à gauche, en haut, en bas. C'est une chorégraphie d'ensemble. Dans cette partie, on n'a plus que l'élément vocal, alternant entre deux notes. Puis les mouvements s'accélèrent et les joueurs se désynchronisent. Le même son vocal est renforcé par des sons de vent en arrière-plan.

Le matériau sonore comprend des sons préenregistrés, synthétisés avec SuperCollider¹²⁴. Les gestes sont reliés aux sons grâce au *Weckinator* (voir p. 116). Lors de la préparation du mapping*, on informe le logiciel en délimitant différents espaces et en les associant aux sons désirés, puis le *Weckinator* complète le reste, associant chaque point de l'espace à des sons. Il existe une sorte de partition pour les gestes, une liste d'indications écrites pour les performeurs. D'après Hege, les performeurs avaient

123. <https://puplork.github.io/media/sideband.html> (consulté le 02/07/2019).

124. SuperCollider est un langage de programmation pour la musique.

vraiment l'impression de jouer d'un instrument de musique. Cependant, du point de vue du spectateur, le lien du visuel au sonore ne s'établit pas facilement, il paraît difficile de croire à un vrai contrôle du son par les performeurs. La perception du public est certainement différente de celle des musiciens ou des compositeurs, qui ont apprivoisé leur instrument lors des répétitions. Cependant, le vrombissement sonore, les apparitions et disparitions du son vocal ne semblent pas être déterminés par l'action des performeurs.

Le *rope instrument* est une adaptation du *tether-controller* pour le jeu collectif. Il n'a été utilisé que dans cette pièce, aucun autre répertoire ne lui a été consacré. Il dépend de l'exécution de la pièce pour être de nouveau mis en œuvre.

2.4.2. *Les contrôleurs MIDI*

Les contrôleurs MIDI sont innombrables, ils se développent depuis les années 80, en premier sur le modèle du piano avec le clavier-maître¹²⁵. De manière générale, ce sont des interfaces qui permettent de contrôler d'autres équipements MIDI, matériels ou logiciels, et en particulier des logiciels de synthèse et de traitement du son. Ils peuvent proposer une grande variété de gestes de contrôle. Certains imitent des instruments déjà existant (le clavier de piano, qui permet alors de jouer des sons complètement différents de ceux d'un piano, mais aussi les contrôleurs de type instruments à vent¹²⁶). D'autres, comme tous les DMI de la catégorie précédente, construisent des modèles gestuels nouveaux pour de nouveaux espaces sonores. On a ainsi le Karlax et le Méta-Instrument. D'autres encore se manifestent comme une externalisation des modes de contrôle d'un logiciel : quand le clavier et la souris se trouvent limités pour piloter un ordinateur, on préfère parfois utiliser des interfaces avec des boutons et des curseurs : ce sont les surfaces de contrôle. Tout objet, muni de quelque capteur et d'un convertisseur MIDI, peut virtuellement devenir un contrôleur MIDI. Leigh Landy, musicologue et compositeur, remarque que « la plupart se satisfait du clavier (ou batterie MIDI) comme medium de performance, ce qui, plus ou moins par définition, rejette l'idée de la musique des sons, et [...] nous ramène à la musique des notes¹²⁷ ». Il souligne que selon leur morphologie, les contrôleurs s'orientent

125. Joseph A. PARADISO, « Electronic Music Interfaces: New Ways to Play », *IEEE Spectrum* 34, n° 12 (1997), p. 18-30.

126. Comme le Sylphyo, commercialisé par Aodyo : <https://www.aodyo.com/controleur-a-vent-instrument-5.html> (consulté le 27/06/2019). Il peut s'utiliser comme contrôleur, branché à un ordinateur, ou comme instrument autonome, utilisant son générateur de sons intégré.

127. Leigh LANDY, *What's the Matter with Today's Experimental Music?: Organized Sound Too Rarely Heard* (New York: Routledge, 2013), p. 156.

naturellement vers le travail d'un certain type de matériau sonore. Ainsi un clavier pose comme matériau de base des notes et sons disjoints, alors que d'autres types de contrôleurs peuvent donner accès à un espace continu de paramètres sonores. Nous nous intéressons ici à différents contrôleurs, reliés à des logiciels de production sonore.

2.4.2.1. *Le Karlax*

Le Karlax est un contrôleur MIDI créé en 2009 par Rémi Dury et sa compagnie Da Fact. Il a l'allure d'une clarinette qu'on tient dans les deux mains, mais dans laquelle on ne souffle pas. C'est un manche avec des touches pour chaque doigt, et dont les parties inférieure et supérieure peuvent pivoter l'une sur l'autre. C'est un contrôleur gestuel avec un grand nombre de degrés de liberté. Il ne contient pas de source sonore en lui-même, c'est une fois branché à un programme de synthèse sonore qu'il peut commencer à jouer quelque chose. En tant que contrôleur MIDI, il peut aussi contrôler d'autres données, de la vidéo par exemple. Commercialisé depuis bientôt dix ans, il a su séduire des compositeurs et se voit régulièrement écrire de nouvelles œuvres.



Figure 22 : Image du Karlax¹²⁸. On voit les touches où se positionnent les dix doigts. Les parties supérieure et inférieure pivotent l'une sur l'autre.

Le Patch Bien Tempéré III pour flûte, électronique et Karlax est une pièce de Tom Mays¹²⁹, qui requiert deux performeurs, un flûtiste et un joueur de Karlax, ou

128. Voir <http://www.dafact.com/> (consulté le 26/06/2019).

129. Tom Mays est compositeur et professeur de Création et Interprétation électroacoustique au conservatoire de Strasbourg. Cette pièce est une commande de La Grande Fabrique pour l'ensemble Fabrique Nomade.

« karlaxiste ». La flûte est employée avec un programme informatique, spécialement développé pour cette pièce, composé de patches* qui reproduisent le son de la flûte en temps réel tout en changeant sa hauteur en fonction de l'intensité du son joué. Des retards sont aussi utilisés dans la dernière partie. Cette pièce est une expérimentation, conçue pour tester, éprouver et prouver des possibilités de l'utilisation du traitement sonore en temps réel, le but étant de faire émerger des catégories musicales de traitement en temps réel. On entend des vrombissements sourds et graves, on entend avec les notes de la flûte des jeux de fréquences et de nuances avec l'électronique. Ce sont d'abord de lentes et longues notes, puis des notes plus rapides et actives, puis un retour à un rythme lent mais cette fois avec plus de variété dans les notes de la flûte. C'est une œuvre complètement écrite, les deux musiciens lisent des partitions : une partition conventionnelle pour la flûte, et une notation du geste spécialement développée pour le Karlax¹³⁰.

2.4.2.2. *Le Méta-Instrument*

Le Méta-Instrument est un contrôleur MIDI qui développe un modèle gestuel nouveau. Il épouse la forme du buste et des bras, étant pratiquement un exosquelette, pour accueillir naturellement les gestes du performeur. Ce contrôleur gestuel créé par Serge de Laubier¹³¹ comportent un grand nombre de capteurs de mouvements. Il répond au désir de pouvoir « jouer » la musique concrète, et plus généralement, la musique enregistrée sur bande, c'est-à-dire rendre une musique enregistrée « interprétable » grâce à des gestes, en mettant quelques paramètres sous les doigts d'un musiciens¹³². Par exemple, on peut faire en sorte que chaque élément sonore d'une piste enregistrée soit déclenché par un geste, qui contrôlerait aussi le volume sonore ou bien l'attaque des notes. Le Méta-Instrument dispose de capteurs pour les dix doigts et de capteurs de rotation pour les poignets et les avant-bras. Par exemple, l'avant-bras droit contrôle le tempo de lecture de la partition, les poignets peuvent contrôler l'intensité du son et le vibrato. La première version date de 1989, elle pouvait contrôler 31 variables. Le Méta-Instrument 4, dernière

130. Tom MAYS et Francis FABER, « A Notation System for the Karlax Controller. », dans *Proceedings of the 2014 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2014, p. 553-556.

131. Serge de Laubier est compositeur et chercheur. Ingénieur du son et musicien, il crée Puce Muse en 1982, un « centre de création de musique visuelle ». Voir <http://www.pucemuse.com/>.

132. Serge de LAUBIER, « The Meta-Instrument », *Computer Music Journal* 22, n° 1 (1998), p. 25-29. Voir aussi Pierre COUPRIE, « Le Méta-Instrument : genèse et évolution d'un nouvel instrument », *Musique-Images-Instruments. Revue française d'organologie et d'iconographie musicale*, Instruments électriques, électroniques et virtuels, 17 (2018), p. 230-245.

version mise au point en 2017, contient 92 capteurs d'une grande précision. Branché à un ordinateur, il peut contrôler la synthèse sonore, mais aussi l'image et la lumière.

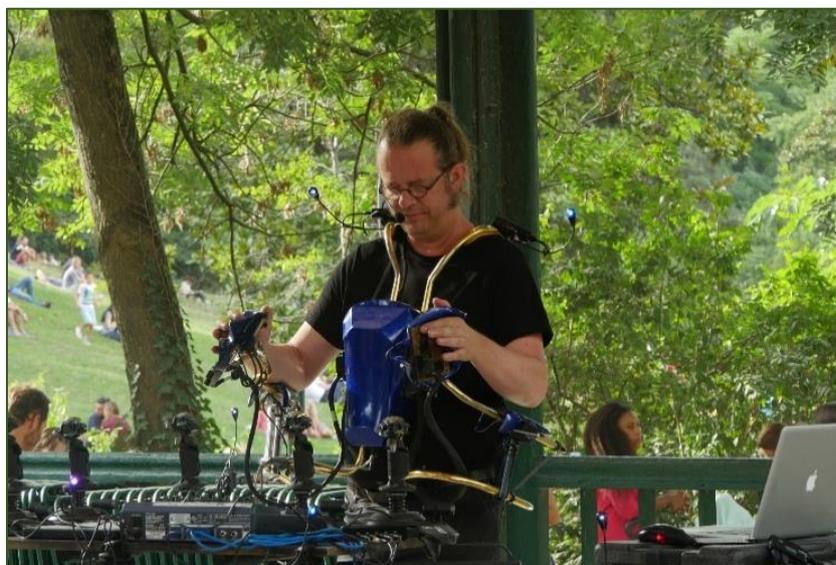


Figure 23 : Le Méta-instrument joué par Serge de Laubier¹³³.

Le logiciel Méta-Malette permet de développer et de jouer des instruments virtuels. En tout, 150 programmes logiciels ont été créés par différents compositeurs pour associer les mouvements à un contrôle de signaux sonores, mais aussi graphiques, mécaniques et lumineux. Cela donne des performances où son, images et lumières peuvent être pilotés par une même personne. En 2007, dans une reprise de *La Main vide* de François Bayle (1994), musique et images sont reliées pour une performance immersive. La pièce originale est une pièce acousmatique spatialisée (voir 1.2.2.4, p. 75). Dans cette reprise, les mouvements des mains de l'instrumentiste (au Méta-Instrument) sont captés et retranscrits numériquement en images mouvantes. *Le doux, le caché, le ravissement* est un spectacle ou « opéra performatif » créé en 2019, où de Laubier joue pour la première fois le Méta-Instrument 4 en public. Dans un spectacle sonore et visuel, entremêlé de textes explorant le thème de la main, le Méta-Instrument passe d'un logiciel à un autre entre, pour tantôt contrôler les images lumineuses projetées, tantôt contrôler la musique. C'est parfois le jeu d'une multitude de bruits que l'instrument contrôle ; d'autre fois il se contente de dérouler une piste enregistrée (la *Valse triste* de Sibelius, dans un enregistrement de Karajan), ou encore, il déroule les notes d'une séquence en contrôlant l'articulation (pour une pièce de Bach).

133. <http://www.pucemuse.com/recherche-developpement/meta-instrument/>, consulté le 28/06/2019).

De Laubier décrit l'instrument en trois parties : la partie captation et numérisation* du geste, la partie traitement des données et la partie « orchestration », qui comprend la synthèse sonore et la synthèse visuelle. Ces trois parties décrivent les trois étapes de développement logiciel qui réunissent le travail de production de l'instrument et celui de composition, tant sonore que visuelle.

Les pièces pour Méta-Instruments peuvent donc avoir différents degrés de liberté d'interprétation, selon la quantité d'informations déjà enregistrée. Si celle-ci est faible, l'interprète dispose d'une grande liberté quant aux sons qu'il peut produire et manipuler. Le Méta-Instrument s'oriente naturellement vers l'improvisation, ne disposant pas d'écriture. « Il y a toujours au moins une structure [...] et un espace de jeu¹³⁴ » : l'improvisation est rarement totalement libre, elle s'inscrit dans un cadre défini à l'avance.

Le Méta-Instrument 4 n'a encore été construit qu'en un seul exemplaire. La version précédente existe en une dizaine d'exemplaires, mais seuls trois ou quatre des acquéreurs continuent d'en jouer. L'instrument est entièrement modulaire, c'est-à-dire qu'on peut choisir de l'assembler soi-même et d'une manière différente, ou n'en utiliser qu'une partie : une manette, ou quelques capteurs pour quelques doigts – qui suffisent déjà à réaliser des choses très complexes.

Pour de Laubier, « il y a plus de continuité que de différences¹³⁵ » entre le jeu avec le Méta-Instrument et avec un instrument de musique traditionnel. Le jeu du Méta-Instrument exige une connaissance sensible des modes de contrôle et de chaque logiciel utilisé pour les performances. Par sa modularité et sa flexibilité, le Méta-Instrument veut encourager de futurs utilisateurs à encoder eux-mêmes leurs propres logiciels. La question qui anime la création est celle de décider entre ce que l'on enregistre pour le restituer à l'identique, et ce que l'on choisit de pouvoir interpréter, donc entre ce que l'on extrait du jeu et place sur une bande enregistrée et ce que l'on garde pour le pouvoir des doigts et la faillibilité du musicien. Cela se décide lors du développement des logiciels, au moment où l'on détermine lesquels des paramètres seront contrôlés par le performeur et de quelle manière. Dans le cas du Méta-Instrument, de Laubier est à la fois développeur et performeur, ce qui lui permet d'avoir une connaissance très fine du fonctionnement de chacun des patches, de chacune des pièces qu'il joue.

134. Serge de LAUBIER, entretien par email, 17 janvier 2019.

135. de LAUBIER, entretien par téléphone, 16 janvier 2019.

2.4.2.3. Des surfaces de contrôle

Parmi les innombrables contrôleurs MIDI, nous avons les surfaces de contrôle – ou contrôleurs « table-top », car ils se jouent posés sur une table. Il en existe de très nombreux modèles, le marché abonde en contrôleurs plus ou moins sophistiqués et onéreux¹³⁶. Ces interfaces sont très répandues dans les scènes de musiques électroniques actuelles¹³⁷. Elles se présentent sous forme d'une console avec touches, boutons, curseurs, pads et interrupteurs.

A l'origine, nombre d'entre elles ont été créées pour le studio. Ce sont des interfaces qui permettent de manipuler des logiciels d'édition musicale plus facilement que par la souris et le clavier (pour les logiciels d'édition musicale, voir 2.5.1.1, p. 166). Elles permettent de déclencher des sons ou des séquences sonores, de régler des paramètres (volume, distorsion, réverbération...) avant et pendant l'émission du son. Les pads permettent de jouer des lignes mélodiques, rythmiques ou harmoniques du bout des doigts, ce qui peut être plus intuitif que de cliquer sur un clavier affiché sur l'écran de l'ordinateur.

Selon leur morphologie, ces contrôleurs sont adaptés à différentes approches de la production musicale, avec différentes manières de jouer et contrôler les sons. Distinguons ainsi les consoles des contrôleurs à pads : les premières sont faites de boutons et de curseurs pour faire des réglages, alors que les seconds comprennent des pads, des touches (en forme de damier le plus souvent) qui permettent de jouer des sons disponibles en bibliothèque (voir Figure 24). Les contrôleurs à pads sont spécialement adaptés pour jouer des rythmes, mais aussi des mélodies et des accords. Ils ont progressivement été développés pour être toujours plus sensibles au toucher : on a fait en sorte que les pads soient sensibles à la pression ou à la surface de contact des doigts, pour moduler le volume sonore par exemple. Leur facilité d'utilisation et leur flexibilité a permis de les utiliser pour la performance sur scène. Les consoles, à l'inverse, les consoles permettent de faire différents réglages sur le son (volumes, timbres, retards...) sur différentes pistes qui sont lues par un ordinateur, ou jouées par d'autres instruments.

136. Ableton, Akai, Korg, Novation, Native Instruments, pour n'en citer que quelques-unes. Voir par exemple le site de la boutique en ligne de Thomann : https://www.thomann.de/fr/controller_daw.html (consulté le 18/07/2019), qui propose 109 contrôleurs pour stations audionumériques, pour des prix allant de 20 € à 5 000 €.

137. Par exemple, DeLaurentis avec Ableton Push : <https://www.youtube.com/watch?v=97Xanko2GrY> **13** ; ici une démonstration du contrôleur Akai APC40 Mk2 : <https://www.youtube.com/watch?v=VM-i4JqH9rw> **14**.

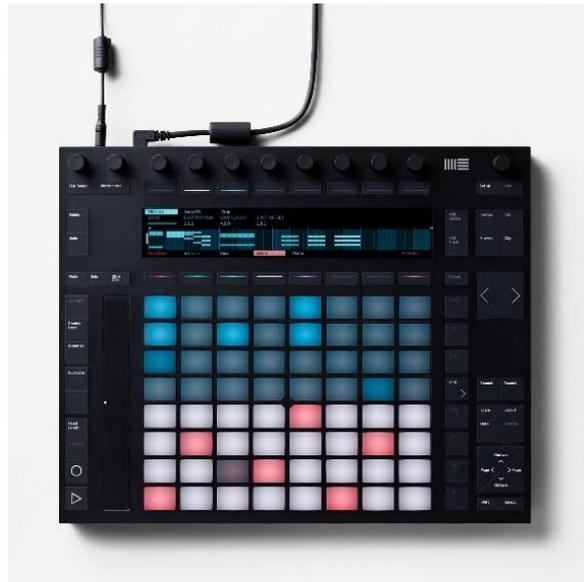


Figure 24 : Une console MIDI, la Faderfox MX12 (à gauche)¹³⁸ et une surface de contrôle à pads, l'Ableton Push (à droite)¹³⁹.

Parmi les surfaces de contrôle à pads, le contrôleur *Maschine* de la société Native Instruments (voir Figure 25) comprend un clavier en damier à 16 pads pour déclencher des échantillons sonores. Cela permet de jouer avec une bibliothèque sonore de sons, de bruitages, ou avec des échantillons de musiques enregistrées. Cette bibliothèque sonore est proposée par le logiciel qui accompagne le contrôleur (souvent Ableton, mais aussi Cubase, ProTools...). Les touches sont sensibles à l'intensité de la pression des doigts pour jouer à différents volumes. Les autres boutons permettent de choisir les échantillons sonores et les instruments virtuels. On peut ainsi configurer les 16 touches du clavier pour les faire correspondre aux différents toms d'une batterie ou à une gamme jouée par un piano. On peut aussi déclencher une mélodie entière en pressant simplement une touche. Les curseurs permettent toutes sortes de réglages sur les sons (changements de timbres, filtres...). On peut enregistrer des séquences, les jouer en boucle, et élaborer ainsi un morceau complet. Jeremy Ellis, expert de ce contrôleur à 16 pads, fait preuve d'une virtuosité remarquable¹⁴⁰. Ses doigts activent les touches avec une agilité phénoménale.

138. <https://dideals.com/product/faderfox-mx12-universal-midi-controller/>, consulté le 28/07/2019.

139. <https://www.zzounds.com/item--ABLUSH2>, consulté le 28/07/2019.

140. Voir un exemple de performance : <https://www.youtube.com/watch?v=HdF1FxJFnfY> 15.



Figure 25 : Le contrôleur Maschine. A droite, le clavier à 16 touches (pads) sur lequel on joue. En haut, un écran, des boutons pour naviguer dans la bibliothèque sonore et sélectionner des éléments, effectuer des réglages. En bas à gauche, d'autres boutons pour configurer le clavier, enregistrer des éléments, déclencher des boucles.

On pourrait dire qu'il y a peu de différences entre un clavier de piano et une surface de contrôle avec des pads en damier. Ils permettent tous deux de déclencher des sons en pressant une touche plus ou moins fort. Mais grâce aux multiples réglages possibles sur la surface de contrôle, le jeu développe d'autres techniques : l'utilisation de multiples instruments virtuels différents lors d'un même morceau, l'enregistrement de boucles et la superposition de pistes, l'utilisation d'effets sonores... Ce qui rend l'utilisation de l'interface très différente de celle d'un clavier classique, même si le geste élémentaire reste le même : appuyer sur une touche pour déclencher un son, dont l'intensité sonore dépend de la force de frappe. Quant au clavier d'ordinateur, on pourrait dire qu'il rejoint cette même catégorie : le geste de taper sur une touche. Mais dans ce cas, c'est purement un geste déclencheur : la vitesse de frappe n'aura pas d'influence sur le volume. Le clavier d'ordinateur ne permet pas de « jouer » des sons mais de les déclencher (voir pour cela la pièce *CliX*, p. 169).

L'utilisation des contrôleurs à pads sur scène se rapproche de l'art du DJ : jouer des échantillons sonores, les combiner, les superposer, y ajouter des effets sonores en direct (ce qu'on appelle aussi le *sampling*). Les échantillons sonores, dans le cas de ces contrôleurs, peuvent être aussi bien des échantillons courts que des morceaux entiers¹⁴¹.

141. Voir un exemple de démonstration du Launchpad de Novation (qui comporte 64 pads), qui illustre bien ce type d'utilisation : https://www.youtube.com/watch?time_continue=78&v=3ULP8BE7AhE 16.

Le matériau de base peut être un simple son de caisse claire, une note de piano, comme être une piste enregistrée (une mélodie, une voix, un bruit quelconque...).

Il existe aussi toutes les tables de DJ numériques, qui offrent de reproduire les gestes du DJ traditionnel grâce à une interface physique contrôlant un logiciel numérique, ce qui permet d'y ajouter de nombreuses fonctionnalités¹⁴². Les données (les pistes) sont disponibles au format numérique et les fonctionnalités d'une table de mixage traditionnelle et des platines sont reproduites sur l'interface. Le musicien interagit avec un matériau numérique à travers l'interface mais ne programme pas lui-même les algorithmes. Le matériel est livré prêt à l'emploi, sans nécessiter de compétences informatiques. Certaines de ces interfaces, comme le Serato de Pioneer DJ, proposent, en plus des platines et des curseurs, des pads : ils adoptent alors, en plus de la fonction stricte du DJ (jouer et enchaîner des pistes), une possibilité de jouer des rythmes ou mélodies, à la manière des surfaces de contrôle.



Figure 26 : Un contrôleur DJ numérique, le Serato de Pioneer DJ¹⁴³.

2.4.3. Bilan (1) : interfaces gestuelles, DMI et contrôleurs MIDI

Arrêtons-nous à présent dans la présentation du corpus pour dresser un premier bilan des changements apportés par l'utilisation des interfaces gestuelles. Le changement

142. Comme la controversée synchronisation automatique, qui permet d'aligner rythmiquement deux morceaux de manière automatique, controversée car le « beat-matching » fait à l'oreille est considéré dans le milieu du mixage comme une compétence caractéristique du DJ.

143. <https://www.gak.co.uk/en/pioneer-ddj-rz-dj-controller/122731>

majeur qui s'opère avec l'utilisation de DMI et de contrôleurs MIDI dans les performances musicales se situe tout d'abord au niveau des objets. Au lieu d'un instrument de musique, objet délimité et autonome (parfois aussi composé : le violon et son archet, les timbales et les baguettes ou même la guitare électrique et son ampli), que manipule un musicien, on doit ici considérer un ensemble d'objets, dont trois entités sont essentielles et l'une au moins n'est pas un objet matériel : l'interface, le logiciel hébergé par un ordinateur, et le ou les haut-parleurs. A ces trois éléments s'ajoutent des câbles de connexion, des unités de transmission, de conversion et d'amplification des signaux.

2.4.3.1. L'interface

L'interface est l'objet que le performeur tient dans ses mains, et c'est l'objet visible, présenté au spectateur. Elle est le support du geste et de l'engagement physique du performeur. Elle est au contact du corps du musicien, et c'est elle qui va définir les gestes possibles. Chaque interface, par sa morphologie, définit des possibilités gestuelles ; on peut parler d'« affordances¹⁴⁴ » : ce sont les possibilités d'agir offertes par un objet. Les affordances proposent un lien, une forme de relation entre un agent et son environnement. Par exemple, un interrupteur permet un contrôle on/off ou binaire, un curseur permet d'être tourné, des boutons permettent qu'on appuie dessus, des gants permettent qu'on lève les bras et qu'on tourne les poignets... Il y a des gestes visibles, d'amplitude importante, comme c'est le cas avec les *tether-controllers* : on les empoigne dans les deux mains, on les lève au-dessus de la tête ou les repose au sol. Et il y a des gestes discrets et peu visibles, comme avec les *Hands* ou le Méta-Instrument, où les mouvements de pression des doigts sur les manettes sont imperceptibles.

Par leurs possibilités gestuelles, les interfaces confèrent un certain type de présence du performeur sur scène. Elles créent ainsi des configurations d'espace : une possibilité de présence physique et d'engagement corporel du musicien sur scène. Par exemple, avec les *tether-controllers*, les mouvements se font autour d'un point fixe, la base des câbles rétractables. Avec les *Hands*, le performeur est plus libre de se déplacer, mais seuls comptent les mouvements de ses bras et de ses mains. Les déplacements du performeur

144. Baptiste BACOT, « Geste et instrument dans la musique électronique : organologie des pratiques de création contemporaines » (thèse de doctorat, Paris, EHESS, 2017). On doit la théorie des « affordances » à James Gibson, qui crée le nom *affordance* en anglais à partir du verbe *to afford*. James J. GIBSON, « The Theory of Affordances », dans *Perceiving, Acting, and Knowing: Toward an Ecological Psychology*, éd. par Robert Shaw et John Bransford (New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1977), p. 67-82. A la suite de Baptiste Bacot et à défaut d'une traduction française satisfaisante, nous utilisons directement le mot anglais.

et ses mouvements qui n'impliquent pas ses bras sont des gestes extra-musicaux, non nécessaires au jeu, mais qui peuvent contribuer à l'expressivité visuelle de la performance. Lorsque l'interface est un pad ou un clavier, l'utilisateur se tient debout, penché au-dessus de la table, seuls les mains et les doigts sont effectivement actifs. Tout le reste du corps se mobilise autour de la surface de contrôle, mais sans avoir de rôle actif avec l'interface.

Les instruments de musique classiques offrent aussi des possibilités gestuelles caractéristiques de leur morphologie propre, mais ces gestes possibles sont contraints par les propriétés sonores de l'objet physique : les gestes effectués par le musicien sont ordonnés à la réponse sonore de l'objet-instrument. Avec les interfaces, à une possibilité de geste n'est assignée aucune réponse sonore spécifique, car celle-ci dépend du logiciel ; elle peut même varier si on modifie le code. On peut parler de « dislocation du contrôle¹⁴⁵ » pour désigner cette séparation de l'interface (qui permet un contrôle) et du logiciel (qui produit le son contrôlé).

Les interfaces proposent un espace scénique, mais elles sont muettes : elles ne produisent aucun son par elles-mêmes. Romain Bricout parle ainsi d' « instruments aphones¹⁴⁶ ». Elles définissent une nouvelle catégorie organologique : elles offrent la possibilité (« *affordent* ») d'un geste, qui n'est pas geste d'excitation, mais peut seulement être geste de déclenchement ou de contrôle. La classification des gestes musicaux de Cadoz (voir 1.1.3.2, p. 40) ne s'applique plus aux interfaces numériques : il n'y a plus de geste d'excitation. L'excitation proprement dite, c'est-à-dire la mise en vibration d'un corps physique pour la diffusion d'une onde sonore, s'effectue dans le haut-parleur, où les variations de courant électrique mettent la membrane en mouvement, c'est-à-dire loin du geste de contrôle du musicien. Mais c'est dans le logiciel que se définit le signal sonore, et le rôle du haut-parleur est de le restituer le plus fidèlement possible. Le signal est une suite de nombres régie par une fonction mathématique, représentant des vibrations. Ce sont des vibrations virtuelles (informatiquement simulées), elles existent sous forme informationnelle. Elles sont traduites en ondes sonores par le haut-parleur.

145. MIRANDA et WANDERLEY, *New digital musical instruments*.

146. BRICOUT, « Les interfaces musicales ».

2.4.3.2. *Le logiciel*

Cette entité de l'instrument numérique est fondamentale : elle définit à la fois les sons, les gestes efficaces, et la relation qui les lie. Et c'est une composante immatérielle, elle est codée en langage de programmation. Le logiciel permet d'abord de rendre musicalement efficaces les gestes réalisés avec l'interface : un capteur mesurant une donnée non utilisée par le logiciel serait inefficace, et avec lui le geste qui l'active. Le logiciel définit ainsi la manière dont les données issues des mouvements sont utilisées dans la synthèse sonore : une rotation du poignet peut avoir une influence sur le volume sonore, ou bien sur le timbre du son... Le processus qui lie les données issues des capteurs de l'interface aux paramètres sonores est le mapping. On peut le définir de manière explicite, en assignant à chaque donnée entrante un ou des paramètres sonores à contrôler, ou bien on peut le générer par des algorithmes de *machine learning**, comme c'est le cas avec le *Weckinator* (voir p. 116) : à partir un certain nombre de couples geste-paramètre sonore, le logiciel construit lui-même un mapping complet¹⁴⁷.

Dans le logiciel se définissent premièrement les sons possibles. Parmi les systèmes présentés jusqu'ici se distinguent deux manières d'utiliser le logiciel. La première, caractéristique des contrôleurs à pads et plus courante dans les musiques pop et électro, est celle où on utilise un logiciel d'édition musicale, livré prêt à l'emploi avec une bibliothèque sonore intégrée (Ableton, Cubase, Logic Pro¹⁴⁸...). On y choisit les sons que l'on veut pouvoir jouer avant ou pendant le concert : ils sont déjà disponibles, on peut parfois aussi les modifier par de réglages. La seconde approche consiste à développer soi-même le logiciel. On utilise alors les langages de programmation Max/MSP, SuperCollider, Chuck... On définit soi-même les mécanismes de synthèse sonore et les paramètres de contrôle. C'est cette approche qui est utilisée avec le Karlux dans la pièce de Mays, avec le Lady's glove, les Hands, et dans la majeure partie de notre corpus.

Dans cette approche, on définit les algorithmes de synthèse qui peuvent être utilisés, ainsi que le mapping. Pour Waisvisz, c'est ce qui constitue la principale aire artistique¹⁴⁹ : il s'agit d'imaginer des mondes sonores, de les matérialiser par des algorithmes et de

147. Rebecca FIEBRINK et coll., « Toward understanding human-computer interaction in composing the instrument », dans *Proceedings of the International Computer Music Conference* (Ann Arbor, MI: Michigan Publishing, University of Michigan Library, 2010).

148. Voir plus loin 2.5.1.1, p. 168.

149. William BUXTON et coll., « Electronic Controllers in Music Performance and Composition », dans Marcelo M. Wanderley et Marc Battier (éd.), *Trends in Gestural Control of Music*, p. 415-438 (Paris: Ircam - Centre Pompidou, 2000).

construire des moyens de les faire évoluer par le jeu avec l'interface. Ainsi, dans le logiciel, on « compose » les sons « en puissance », par le design des mécanismes qui pourront élaborer le signal sonore. Le mapping est à la fois une partie de l'instrument et une partie de la composition¹⁵⁰. En effet, souvent les musiciens choisissent de faire varier le contenu sonore au cours d'une pièce ou d'une performance, et ainsi, le code contient aussi la structure de la pièce, en tant que changements de mappings ou de matériau sonore.

Deux techniques différentes existent dans ce domaine précis de la préparation des sons d'un instrument numérique : une technique par la programmation directe et une technique par patches*. Dans l'approche par programmation, le luthier ou le compositeur doit être lui-même, ou être assisté par, un programmeur informatique. Celui-ci écrit et développe le code logiciel pour la synthèse sonore. Avec les langages de programmation SuperCollider ou ChucK par exemple, le développeur doit écrire les fonctions mathématiques pour construire le signal sonore, établir tous les paramètres variables. Cela donne des pages écrites de codes (voir Figure 27).

Dans l'approche par patches, caractéristique du logiciel Max/MSP, le programmeur n'écrit pas lui-même les fonctions mathématiques, mais manipule des unités graphiques, qui représentent des fonctions. Ce sont des bornes, des sortes de boîtes, avec des entrées et des sorties. Chaque borne réalise une ou des opérations avec les données d'entrée, pour donner le résultat en sortie. Ces unités sont appelées patches. On peut les connecter entre elles, les ordonner en les positionnant sur l'espace de travail (voir Figure 28). Et on peut condenser une configuration en une nouvelle fonction autonome, ce qui forme un nouveau patch, effectuant des opérations plus complexes (il y a donc une récursivité). Cette approche permet à des compositeurs de pouvoir créer un programme informatique sans avoir besoin de maîtriser un langage de programmation : nul besoin d'écrire des pages de code, on construit un programme en manipulant manuellement les unités. Un patch pouvant généralement continuer de fonctionner alors qu'on le modifie, le compositeur peut travailler à tâtons et affiner son programme à l'oreille. Comme le soulignent justement Alain Bonardi et Jérôme Barthélémy, cette approche par patches requiert toujours des compositeurs une certaine manière de conceptualiser le signal sonore très

150. M. A. J. BAALMAN, « Interplay between composition, instrument design and performance », dans Till Boverman et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century* (Singapour: Springer, 2017), p. 225-241.

différente de l'écriture de partitions classiques, et elle peut se révéler assez peu flexible musicalement¹⁵¹.

```
File Session Edit View Language Help
exemple.scd
1 s.boot;
2
3
4
5
6 {SinOsc.ar(440)}.play;
7
8
9
10 {
11   var x = SinOsc.ar(MouseX.kr(1, 100));
12   SinOsc.ar(300 * x + 800)
13   +
14   PinkNoise.ar(0.5,0)
15 }.play;
16
17
18
19
```

Figure 27 : Un exemple de code très simple écrit dans SuperCollider. La première ligne définit une onde sinusoïdale de fréquence 440 Hz ; le groupe de lignes suivant définit une onde sinusoïdale dont la fréquence dépend de la position horizontale de la souris sur l'écran de l'ordinateur, à laquelle on ajoute un bruit rose d'amplitude 0,5.

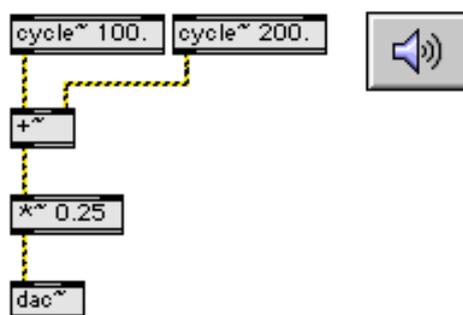


Figure 28 : Un exemple très simple de patch Max/MSP¹⁵². Chaque rectangle correspond à une opération. Les deux premiers définissent chacun une sinusoïde (de fréquences respectives 100 et 200 Hz), elles sont ensuite additionnées dans le rectangle suivant, puis le résultat est multiplié par 0,25.

151. Alain BONARDI et Jérôme BARTHELEMY, « Le patch comme document numérique : Support de création et de constitution de connaissances pour les arts de la performance », dans *Actes du dixième colloque international sur le document électronique (CIDE 10)*, Nancy, 2007, p. 163-174. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01161067>, consulté le 31 mai 2019].

152. BONARDI et BARTHELEMY, « Le patch comme document numérique ».

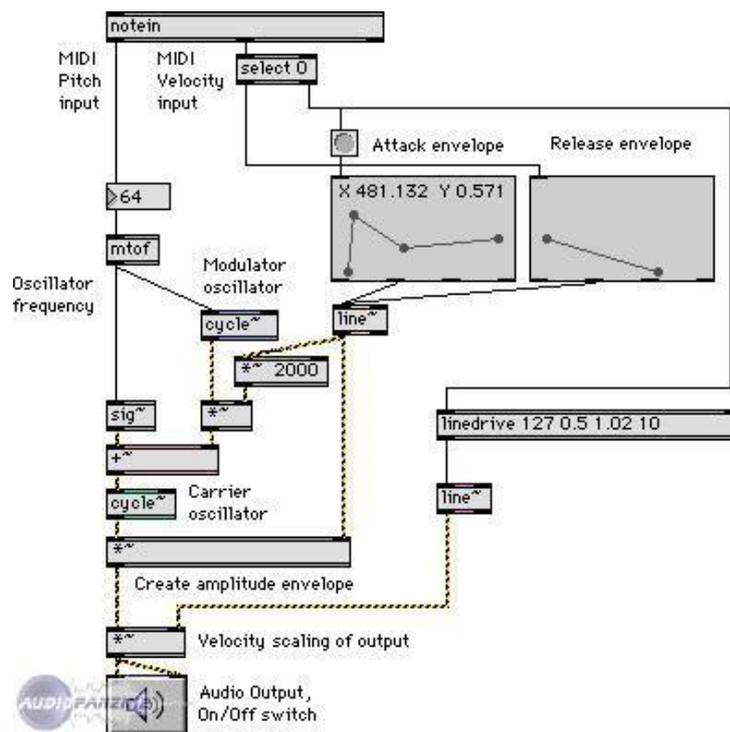


Figure 29 : Un patch Max/MSP pour synthétiser une note¹⁵³.

153. <https://fr.audionfzine.com/environnement-de-developpement-audio/cycling-74/Max-MSP/forums/t.49444.patchs-max-msp.html> (consulté le 23/09/2019).

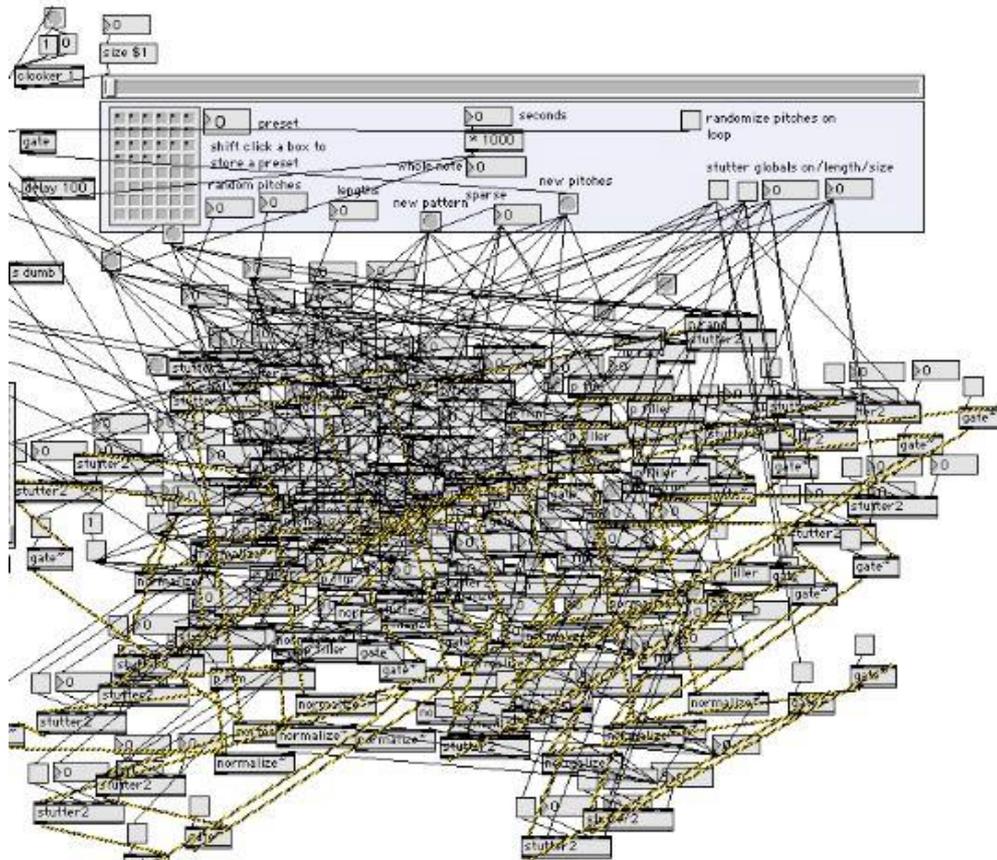


Figure 30 : Un exemple de patch particulièrement complexe, réalisé par Olivier Pasquet dans Max/MSP¹⁵⁴.

Quelle que soit la forme que prend le programme informatique, il est une unité non matérielle mais fondamentale de l'instrument numérique. C'est là qu'est défini le matériau sonore disponible à l'instrument. Le matériau est défini en puissance : ce sont ses modes de production qui sont définis. On compose les opérations qui pourront construire et modifier un signal numérique, qui sera ensuite transformé en signal sonore par les haut-parleurs.

Un même système matériel peut être utilisé avec différents programmes de synthèse sonore, changeant aussi bien les sons disponibles que la manière de les déclencher et de les contrôler avec les gestes. Ainsi l'instrument devient autre, même si l'interface reste la même.

2.4.3.3. Le haut-parleur

Le haut-parleur est l'extrémité de tout instrument électronique. C'est la partie qui rayonne le son, interface finale obligatoire entre l'électronique et l'environnement

154. BONARDI et BARTHELEMY, « Le patch comme document numérique ».

matériel, celle qui communique à l'air le produit de la synthèse et du traitement sonores. Le haut-parleur, par la vibration de sa membrane, est le seul élément qui produit effectivement le son qui arrivera jusqu'aux oreilles de l'auditeur. L'électronique règne dans la partie captation de geste, synthèse, amplification, traitements, donc dans toute la fabrication du signal. Celui-ci ne devient son qu'après être passé par le haut-parleur. D'acoustique, il n'y a que le haut-parleur, qui n'a a priori aucun rapport avec le geste, si ce n'est celui que construit le système informatique et électronique. Le haut-parleur et le geste sont les deux extrémités de l'instrument, qui marchent ensemble mais pourtant ne se touchent pas. Tous deux constituent les données esthétiques d'une performance : le visible et le sonore.

La diffusion du son par haut-parleur oblige à penser sa disposition dans l'espace : est-ce que ce sera une ou deux enceintes, intégrées au corps de l'instrument, ou bien une enceinte externe, positionnée à côté du musicien, ou encore est-ce que le son sera diffusé via l'ensemble des baffles dispersées dans tout l'espace, le son étant éventuellement mixé avec celui des autres instruments ? Diffusion mono, stéréophonique, 5.1, ambisonique*, sont autant de possibilités de diffusion sonore. Suivant le nombre, la puissance, la disposition des haut-parleurs dans l'espace, l'expérience du spectateur (ainsi que celle du musicien) sera différente. La localisation ou délocalisation des sources influe sur la manière de percevoir la causalité des sons, et donc de percevoir l'instrument, à la fois pour le musicien et pour l'auditeur. La diffusion du son fait donc partie du choix de l'instrumentation de la performance. Ces questions ne se posent pas dans le paradigme acoustique : le son provient nécessairement des instruments eux-mêmes. On peut tout de même réfléchir à la disposition des instruments dans l'espace, mais l'instrument n'est pas séparable de la source sonore. Dans les musiques amplifiées, on cherche souvent à se rapprocher d'une position réaliste de la source sonore : le son amplifié proviendra de la même direction que celle de l'instrument lui-même. Le problème de la spatialisation est arrivé avec la musique acousmatique*, où, l'instrument ayant disparu, le mouvement du son dans l'espace est libéré de tout élément matériel.

Une exception à la présence du haut-parleur existe : certains instruments pour lesquels on a choisi de revenir à un rayonnement acoustique du son. Ils utilisent un transducteur qui en vibrant va exciter la plaque d'une caisse de résonance par exemple, auquel cas on a une résonance et un rayonnement acoustiques en fin de chaîne de

production du son. C'est le cas par exemple de la Contravielle¹⁵⁵ et du Manta¹⁵⁶, instruments conçu par Jeff Snyder. Ce sont des instruments au fonctionnement électronique et numérique, mais qui comportent une caisse de résonance : en bout de chaîne, le signal électrique est transmis à un transducteur qui fait vibrer une plaque de bois. Ces instruments allient au design sonore un paramètre physique très complexe : les modes de vibration du corps vibrant et de la caisse de résonance, qui endossent le rôle haut-parleur, mais ont un comportement physique bien plus complexe, ce qui affecte le son¹⁵⁷. La fabrication du son est donc partagée entre la synthèse numérique et la résonance acoustique du transducteur et de la caisse de résonance. Ces instruments hybrides, numériques mais à diffusion acoustique, sont cependant une exception.

2.4.4. *Des performances de musiques mixtes et des instruments « mixtes »*

Hors des DMI et des contrôleurs MIDI, les ordinateurs peuvent aussi être utilisés de manière gestuelle avec des instruments de musique acoustiques ou électriques. On peut en effet, d'une certaine manière, interagir avec le code par l'utilisation d'instruments de musique traditionnels, quand ceux-ci sont équipés de capteurs et reliés à un programme de synthèse ou de traitement sonore sur un ordinateur. Nous allons à présent examiner des situations où les ordinateurs sont associés à des instruments de musique « classiques » (acoustiques ou électriques) pour former un instrument « mixte » ou produire une performance mixte. Dans les deux cas, l'ordinateur participe à la performance en produisant de la musique. Nous présenterons aussi des systèmes embarqués : ils permettent de se passer d'ordinateur en combinant dans un même objet l'interface de contrôle et les systèmes électroniques et numériques de génération sonore.

2.4.4.1. *Les musiques mixtes*

Selon Vincent Tiffon, la musique mixte « est une musique de concert qui associe des instruments d'origine acoustique et des sons d'origine électronique, ces derniers produits en temps réel – lors du concert – ou fixés sur support électronique et projetés via des haut-

155. La Contravielle a une structure en bois, elle se joue comme d'un instrument à corde mais ses cordes servent à déclencher des opérations électroniques.

156. Le Snyderphonics Manta est un contrôleur à touches, qu'on assemble au Resophonic Manta, une caisse de résonance en bois. Le contrôleur Manta, contrairement à la Contravielle, a été commercialisé. Voir <http://scattershot.org/research.htm> (consulté le 10/09/2019).

157. Un haut-parleur laisse toujours une empreinte sur le son, sa « réponse propre ». Mais s'il est de bonne qualité, cette empreinte est négligeable, ce qui n'est pas le cas chez le Manta ou la Contravielle.

parleurs au moment du concert¹⁵⁸ ». Dans son acceptation la plus large, la musique mixte regroupe sur scène un ou des instruments acoustiques (ou électriques) et de la diffusion de musique par haut-parleurs¹⁵⁹. Ce peut être une piste enregistrée (on parle de temps différé) ou de la production sonore en temps réel, en fonction de ce que joue le musicien. Dans ce dernier cas, c'est un dispositif électronique ou, aujourd'hui de manière largement dominante, un ordinateur qui produit les sons. Celui-ci peut être impliqué de différentes manières. Parfois, les musiciens sur scène ne touchent pas à l'ordinateur : celui-ci se trouve sur le côté de la scène ou en régie et fonctionne de manière indépendante. Soit l'électronique suit les instruments en temps réel, soit c'est une piste fixe qui impose le tempo aux musiciens. Souvent, quelqu'un doit contrôler l'ordinateur, pour déclencher des événements au cours de la performance, pour changer des patches ou ajuster des paramètres. Il suffit en général de quelques clics et de quelques réglages au bon moment.

Le début de la musique mixte est souvent associé à *Imaginary Landscape I* de John Cage (1939) : sur scène, le piano et la cymbale sont accompagnés de deux performeurs avec des platines à vitesse variable. Le son des instruments acoustiques est combiné avec un matériau sonore déjà enregistré sur des disques. Depuis, le genre a proliféré, bénéficiant d'une stimulation réciproque entre musique et techniques. Les techniques de traitement sonore et de suivi de partition ont enthousiasmé et inspiré des compositeurs qui ont pu s'en servir ; réciproquement, les désirs des musiciens ont poussé la recherche technologique à toujours aller plus loin.

Les œuvres de musique mixte mettent en scène des interactions différentes entre le musicien et l'ordinateur. Prenons en considération, à titre d'exemple, quelques pièces devenues classiques.

Dans *Répons* de Pierre Boulez (1981) pour orchestre, solistes, et électronique, on a à la fois des sons électroniques fixés sur support et du traitement sonore en temps réel. Des haut-parleurs diffusent des sonorités résultant du son modifié des solistes. L'ordinateur est contrôlé par un opérateur informatique, une ou deux personnes qui doivent suivre la partition et le chef d'orchestre, et déclencher les pistes enregistrées et les programmes

158. Vincent TIFFON, « Les musiques mixtes: entre pérennité et obsolescence », *Musurgia* 12, n° 3 (2005), p. 23-45.

159. Dans un sens plus strict, le terme de musique mixte a pu comprendre uniquement les performances associant instrumentistes et sons fixés sur bande – cela pour affirmer sa primauté historique et la distinguer de la « *live electronic music* » où les sons peuvent être générés en temps réel, résultant de traitements du son produit par les instrumentistes. Voir Laurent POTTIER, « Les musiques mixtes temps réel : pour une interprétation du son électronique en concert », dans *Soixante ans de musiques mixtes*, Paris, 2012 [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01312708>, consulté le 9 février 2018].

informatiques de traitement sonore aux temps indiqués. L'opérateur informatique n'est pas considéré comme un performeur, car absent de la scène. Il est caché, sur le côté ou en régie, mais il se montre au moment des saluts.

Dans *Jupiter*, créée par Philippe Manoury en 1987, l'ordinateur est indépendant : un logiciel suit à la fois la partition et ce que joue le flûtiste, et déclenche au bon moment les événements électroniques. C'est en cela une œuvre pionnière. Un opérateur est malgré tout présent, son rôle est de pallier les éventuelles erreurs (par exemple, si le flûtiste joue une note incorrecte et que le logiciel manque le signal pour déclencher l'événement attendu, il ne peut ensuite plus suivre la partition) et de contrôler la diffusion du son sur les quatre haut-parleurs. L'ordinateur capte le son de la flûte, il peut le faire durer (avec une réverbération infinie), le transposer, modifier son timbre. Ces opérations peuvent rendre le son de la flûte méconnaissable. Le son traité semble venir d'un autre instrument. Le programme peut aussi déclencher la lecture d'éléments sonores synthétiques. Une autre possibilité est que le son de la flûte agisse comme contrôleur du son synthétique, via un processus que Manoury appelle variation formantique¹⁶⁰ : la flûte provoque la modification spectrale du son de synthèse. Selon la hauteur des notes jouées par la flûte, différents partiels (ou *formants*, des zones de fréquences du spectre sonore) du son synthétique seront amplifiés, du grave à l'aigu. Manoury, des années plus tard, dresse un bilan de sa pratique et témoigne de la motivation qui l'anime dans sa pratique de la musique mixte : « je voulais doter la musique de synthèse de la possibilité d'être interprétée¹⁶¹ ».

Anthèmes II (1997) est une pièce pour violon et électroniques de Boulez. Le matériau sonore est entièrement généré en temps réel, pendant la performance. Contrairement à *Répons*, le système est automatiquement coordonné grâce à un programme pour le suivi de partition. L'ordinateur « écoute » le jeu du violoniste : il détecte certains paramètres sonores du jeu du violon qu'il compare à la partition stockée en mémoire, pour pouvoir déclencher des traitements du son au bon moment.

160. Dans un signal sonore, un formant est une zone riche en fréquences. La variation formantique est une technique développée pour *Jupiter*, elle consiste à faire varier le timbre des notes en modifiant la puissance des différentes zones de fréquences contenues dans le son.

161. Philippe MANOURY, « Considérations (toujours actuelles) sur l'état de la musique en temps réel », *Etincelle, le journal de la création à l'Ircam*, 2007 [<http://etincelle.ircam.fr/prospectives.html>, consulté le 18 octobre 2019].

...of *Silence* (2007) de Marco Stroppa, pour saxophone et électronique, fonctionne avec le logiciel Antescofo, un suiveur de partitions, qui permet au logiciel de suivre automatiquement le musicien, sans intervention de personne.

La pièce *Tibet*, élaborée par Atau Tanaka et Benjamin Knapp en 2002, utilise des bols tibétains, un archet, les bracelets BioMuse de Tanaka (qui mesurent des signaux neuronaux sur les muscles des avant-bras, voir 2.4.5.1, p. 152), et de l'électronique¹⁶². Tanaka et Knapp ont développé une technique multimodale de contrôle des algorithmes sonores, via l'utilisation de gestes et des données mesurées¹⁶³. La pièce a pour but d'exemplifier une application de la technologie qu'ils ont développée, elle en démontre l'efficacité et l'intérêt.

Dans toutes ces configurations, l'ordinateur n'est pas visible sur la scène. Il sert principalement à lire une piste enregistrée ou bien à transformer les sons des instruments acoustiques en train d'être joués. Il est soit contrôlé par une personne, soit autonome grâce à des systèmes de suivi audio et suivi de partition. Il accompagne l'instrument qui joue sur scène ou amplifie ses potentialités sonores.

2.4.4.2. *Les instruments « mixtes »*

Nous appelons instruments « mixtes¹⁶⁴ » des instruments acoustiques traditionnels auxquels on ajoute des capteurs pour mesurer des paramètres gestuels ou sonores, et des haut-parleurs ou des transducteurs, qui permettent d'ajouter à leur son acoustique un son produit de manière numérique. Ces instruments « mixtes » ont avant tout le corps et le fonctionnement d'un instrument acoustique, mais celui-ci est augmenté par un système de modification sonore ou de production de sons additionnels. La guitare électrique et ses pédales d'effet s'en approchent, mais les annexes électroniques ne nécessitent pas de traitement numérique par ordinateur. Ce n'est que dans le cas où un code logiciel effectue les traitements sonores que la guitare électrique pourra entrer dans cette catégorie.

Par exemple, le hypercello de Tod Machover, développé à la fin des années 80, est un violoncelle muni de capteurs pour mesurer la vitesse, la position et la pression de l'archet sur les cordes, ainsi que la position du poignet et des doigts de la main gauche¹⁶⁵.

162. On peut visionner un court extrait de la première performance, exécutée en 2002 lors de la conférence NIME, ici : <https://vimeo.com/146125063> 17.

163. Atau TANAKA et Benjamin KNAPP, « Multimodal Interaction in Music Using the Electromyogram and Relative Position Sensing », dans Alexander Refsum Jensenius and Michael J Lyons (éd.), *A NIME Reader. Fifteen Years of New Interfaces for Musical Expression*, p. 45-58 (New York, NY: Springer, 2016).

164. Nous proposons cette appellation.

165. Tod MACHOVER, *Hyperinstruments: A Progress Report, 1987-1991* (Cambridge: MIT Media

A partir des données mesurées, on peut créer un signal sonore contrôlé en temps réel par le jeu du musicien, qui s'ajoute au son produit de manière acoustique. Cela donne au violoncelle de nouvelles capacités sonores. D'autres instruments hybrides numériques apparaissent dès les années 1990 : une guitare hybride, construite pour Gil Wasserman en 1995, ou la Méta-trompette développée en 1993 pour Jonathan Impett par Bert Bongers¹⁶⁶. Celle-ci est équipée de capteurs pour la pression et pour la position des pistons, ainsi que de capteurs de position et d'accéléromètres, qui permettent à la trompette d'être jouée de manière double : comme une trompette, et comme un contrôleur, en fonction des paramètres mesurés par les capteurs. On a alors une sorte de trompette-DMI.

Les SmartInstruments, développés à l'Ircam par Adrien Mamou-Mani et son équipe depuis 2014, sont des systèmes où des capteurs sont incorporés dans un instrument acoustique, un traitement sonore est effectué, et le résultat est renvoyé dans l'instrument (par un vibreur incorporé dans la caisse d'une guitare par exemple¹⁶⁷). De cette manière, le son est projeté par l'instrument, il n'y a pas de haut-parleur. Le son additionnel est donc numériquement construit mais rayonné par les vibrations de la table de l'instrument. Le son naturel et le son numérique se mélangent complètement. La Smart guitare, par exemple, permet de jouer avec des réverbérations, des échos, des distorsions et de multiples effets, sans être reliée à aucun haut-parleur : tout est diffusé par la caisse de résonance.

Kasper Toeplitz a développé un instrument qu'il appelle la « basseOrdi¹⁶⁸ » : une basse électrique branchée à un ordinateur. Il joue des deux à la fois, ou plutôt tour à tour : il joue la basse et manipule l'ordinateur. Citons aussi Gunnar Geisse, qui joue sa *laptop guitar* : une guitare électrique branchée à un ordinateur¹⁶⁹. Le signal de la guitare est converti en données MIDI puis de nouveau en signaux sonores, via l'utilisation d'un échantillonneur et d'instruments virtuels dans le logiciel Ableton Live. Ce sont aussi des cas d'instruments mixtes où un instrument électrique n'est plus utilisé à la manière de

Laboratory, 1992).

166. Bert BONGERS, « Electronic musical instruments: Experiences of a new luthier », *Leonardo Music Journal* 17 (2007), p. 9-16; Jonathan IMPETT, « Projection and interactivity of musical structures in Mirror-Rite », *Organised Sound* 1, n° 3 (1996), p. 203-211.

167. <http://instrum.ircam.fr/smartinstruments/> (consulté le 10/07/2019).

168. Kasper T. TOEPLIZ, Interview Kasper T. Toeplitz, entretien réalisé par Roald Baudoux, *Les Cahiers de l'ACME*, n° 214, Bruxelles, 2003.

169. Voir un exemple ici : <https://www.youtube.com/watch?v=SmLJEkU5dSQ>, un concert à New York en 2015 **18**.

l'instrument originel (la basse ou la guitare) mais comme un intermédiaire pour accéder aux possibilités de l'ordinateur, tout en conservant un contrôle gestuel via l'instrument.



Figure 31 : Gunnar Geisse, sa guitare et son ordinateur¹⁷⁰.

Dans tous ces cas d'instruments mixtes, le geste reste inchangé : les techniques de jeu de l'instrument sont les mêmes que pour l'instrument acoustique. Mais les possibilités sonores sont élargies. L'instrument peut déployer d'autres effets sonores que ceux qu'il est normalement capable de produire.

2.4.4.3. Les systèmes embarqués

Les systèmes embarqués sont des systèmes électroniques et numériques autonomes. Ils peuvent ressembler aux contrôleurs MIDI, mais ils n'ont pas besoin d'être raccordés ni à un ordinateur ni à des haut-parleurs pour fonctionner, et ils sont alimentés par une batterie. Le traitement du son n'est pas effectué par un ordinateur, mais par un DSP (*Digital Signal Processor*) : un microprocesseur* spécialisé pour le traitement de signaux numériques¹⁷¹. L'interface dispose de son propre système de traitement sonore et de sa banque de sons. Il s'agit par exemple des pianos numériques, du Dualo Du-touch et d'instruments réalisés sur smartphones.

Le Dualo est un instrument en forme d'accordéon sans soufflet, avec des touches des deux côtés (voir Figure 32). Il est joué le plus souvent de manière autonome (sans

170. Photo de Tatev Mnatsakanyan, http://www.gunnargeisse.de/photo_1.html (consulté le 02/07/2019).

171. On retrouve les DSP dans tous les appareils électroniques portables, téléphones ou lecteurs mp3 mais aussi les pédales de guitares numériques.

ordinateur) grâce à sa bibliothèque de sons intégrée et ses différents modules de traitement sonore, mais c'est aussi un contrôleur MIDI, qu'on peut utiliser connecté à un ordinateur pour contrôler un logiciel. Il permet de jouer toutes sortes de sons, d'enregistrer des séquences, de les superposer... Il est donc à la fois contrôleur, synthétiseur, séquenceur-loopeur*. Le Dualo a séduit un grand public de musiciens, souvent amateurs, mais n'a pas ou peu fait d'entrée chez les compositeurs. Il se vend comme un instrument qui permet à tout novice de créer et jouer un morceau facilement¹⁷². Il propose une configuration des notes intuitive permettant de former des accords facilement, et il ne nécessite pas de connaissances approfondies en solfège.

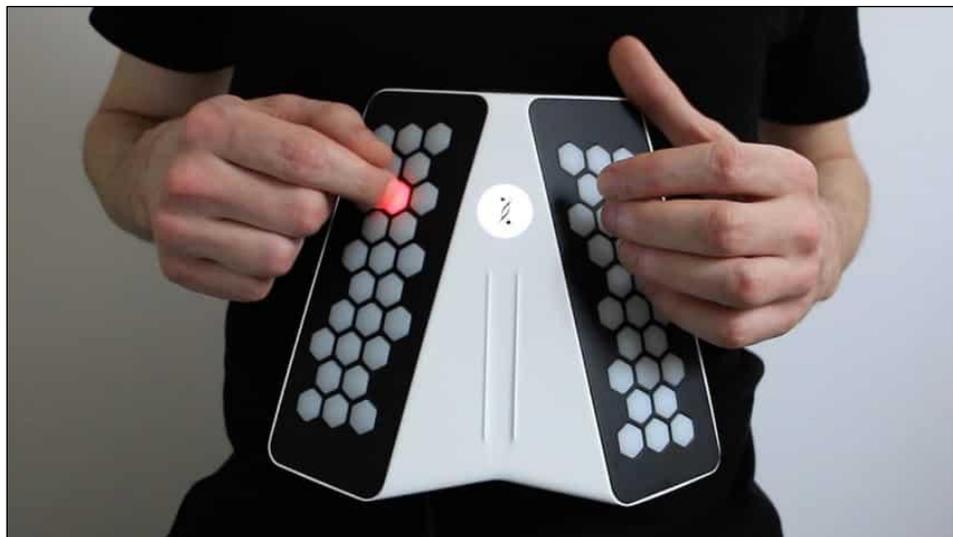


Figure 32 : Le Dualo¹⁷³.

Les claviers numériques, ainsi que de nombreux instruments « électroniques » sont aussi des instruments embarqués : ce sont des imitations numériques-électroniques d'instruments classiques, qui sont en fait des contrôleurs MIDI comprenant une banque de sons ou un module de synthèse sonore embarqué¹⁷⁴.

A ceux-ci s'ajoutent des instruments développés sur smartphones : ce sont des applications mobiles qui permettent de se servir d'un téléphone comme d'un instrument de musique. L'application Ocarina, développée par Ge Wang et sa société Smule utilise les fonctionnalités disponibles sur un iPhone pour imiter une véritable Ocarina

172. Voir <https://dualo.org/fr/> (consulté le 28/06/2019).

173. <https://www.objetconnecte.net/wp-content/uploads/2016/06/dualo-cover.jpg> (consulté le 24/09/2019).

174. Comme par exemple l'Aerophone de Roland : voir http://my.roland.com/products/aerophone_go/ (consulté le 27/06/2019).

(instrument traditionnel à vent) : le microphone capte le souffle, l'écran tactile la position des doigts, les capteurs de position mesurent l'inclinaison de l'appareil pour faire varier le vibrato, et le haut-parleur du téléphone délivre le son¹⁷⁵. Smule propose aussi l'application Guitar! pour iPhone ou iPad. En glissant un doigt sur l'écran, on joue les cordes. Des signes colorés indiquent quelles cordes jouer et quand, au fur et à mesure que défile la chanson à interpréter. C'est une application qui est plus proche du jeu vidéo que de l'instrument de musique : l'utilisateur doit effectuer des mouvements de doigts pour suivre les instructions qui défilent sur l'écran, ceci résultant en une exécution plus ou moins correcte du morceau musical.

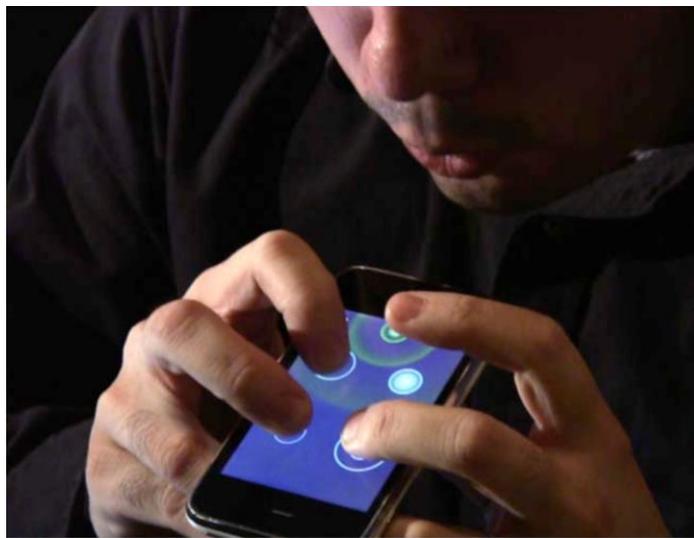


Figure 33 : Ocarina, application pour iPhone¹⁷⁶.

2.4.5. Performances musicales et signaux physiologiques

Certaines interfaces gestuelles sont particulières en ce qu'elles fonctionnent en captant des signaux physiologiques (rythme cardiaque, ondes cérébrales ou musculaires...) directement sur le corps du performeur. Cette nouvelle classe d'interfaces se rattache à la catégorie des DMI, mais présente un fonctionnement particulier. Nous présentons ici la BioMuse d'Atau Tanaka et *DATA_Noise*, une performance de musique et danse par Kasper T. Toeplitz et Myriam Gourfink.

175. Voir une démonstration : <https://www.youtube.com/watch?v=RhCJq7EAJJA> **19**. Ge WANG, « Ocarina: Designing the iPhone's magic flute », *Computer Music Journal* 38, n° 2 (2014), p. 8-21.

176. Ge WANG, « Designing Smule's Ocarina: The iPhone's Magic Flute », dans *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2009, p. 303-307.

L'origine des performances faisant usage de signaux physiologiques est antérieure à l'arrivée du numérique. Accordons-nous un petit retour en arrière pour en comprendre l'origine : *Music for Solo Performer* est une œuvre fondatrice d'Alvin Lucier, créée en 1965 en collaboration avec le physicien Edmond Dewan¹⁷⁷. Le performeur, Lucier lui-même, se tient assis sur scène, immobile, les yeux fermés. Il porte des capteurs d'ondes alpha sur la tête. Les ondes alpha sont un type d'ondes émises par le cerveau lorsqu'on atteint un état de relaxation consciente. Les stimulus visuels en interrompent la production. Les signaux électriques captés sont amplifiés et transmis à des transducteurs pour mettre en vibration des instruments de percussion. Le son est produit par ces instruments, qui sont activés sans geste physique, mais via une activité mentale : le seul rôle du performeur est d'atteindre et de maintenir un état éveillé de relaxation les yeux fermés. Dès qu'il ouvre les yeux, le son s'arrête, car l'émission d'ondes alpha s'interrompt. Ainsi, le performeur peut « jouer » pendant des intervalles de temps plus ou moins longs, selon qu'il arrive à demeurer dans un état de relaxation pendant plus ou moins longtemps.



Figure 34 : Alvin Lucier, lors de la performance de *Music for solo performer* en 1965. On distingue deux timbales au premier plan¹⁷⁸.

Cette pièce arrive avant l'utilisation des outils numériques. Elle représente un point de départ dans l'utilisation de données physiologiques dans la musique.

177. Un enregistrement de la création est disponible sur YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=bIPU2ynqy2Y> 20.

178. Image extraite de YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=bIPU2ynqy2Y> (consulté le 21/07/2019).

David Rosenboom crée en 1970-1971 *Ecology of the Skin*, qu'il décrit comme un « événement environnemental de démonstration-participation-performance¹⁷⁹ ». Les ondes cérébrales et les signaux cardiaques des performeurs et de dix membres du public sont captés pour être utilisés dans la création sonore¹⁸⁰. Dans *Portable Gold and Philosopher's stone II*, créée en 2015, les interprètes sont des « écouteurs imaginatifs actifs ». Ils portent des capteurs sur le front et se concentrent sur leur écoute. Si leur attention dévie, cela résulte en certains sons, auxquels ils pourront prêter attention. Rosenboom joue avec les deux performeurs. Il peut lui-même produire des sons par ordinateurs pour stimuler leur attention, ce qui les invite à réagir à ces signaux sonores.

Lucier n'utilisait pas encore d'ordinateur. Rosenboom demandait à ses performeurs de concentrer leur attention sur leur écoute, il ne s'agissait pas de gestes. Ces performances sont novatrices dans l'utilisation des signaux physiologiques pour la création musicale¹⁸¹. Elles permettent un certain contrôle sonore non par des gestes, mais par des intentions : se concentrer ou perdre l'attention.

2.4.5.1. *La BioMuse*

La BioMuse, que Atau Tanaka commence à utiliser au début des années 1990, a été développée par Hugh Lusted et Benjamin Knapp¹⁸². Elle consiste en deux bracelets munis de capteurs électromyogrammes, des capteurs produits et commercialisés par BioControl Systems qui mesurent le signal électrique nerveux dans les muscles des avant-bras¹⁸³. Les capteurs envoient un flux de données à un programme informatique, composé de patches Max/MSP. Il y a trois patches principaux : le premier pour traiter les données entrantes, un autre dédié à la synthèse sonore, et un troisième qui contient la structure de la pièce.

179. David ROSENBOOM, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System: Assessment and Prospectus* (Berkeley, CA.: International Society for the Arts, Sciences and Technology, 1990). « environmental demonstration-participation-performance event ».

180. Andrew BROUSE, « Petit guide de la musique des ondes cérébrales : Quarante années de recherche et d'expérimentation par Andrew Brouse », *eContact!* 14, n° 2 (2012), [https://www.econtact.ca/14_2/brouse_brainwavemusic_fr.html, consulté le 22 octobre 2018].

181. David ROSENBOOM, éd., *Biofeedback and the Arts: Results of Early Experiments* (Vancouver: A.R.C. Publications, 1976). Voir aussi des expériences d'utilisation de différents signaux physiologiques pour le contrôle de la musique en temps réel : Burak ARSLAN et coll., « From Biological Signals to Music », dans *Proceedings of ENACTIVE 05*, Gênes, 2005 [https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00524797, consulté le 29 juillet 2019] ; on peut citer aussi le travail de John MacCallum et Teoma Naccarato sur la danse et le contrôle sonore par le rythme cardiaque : John MACCALLUM et Teoma NACCARATO, « The Impossibility of Control: Real-time Negotiations with the Heart », Dans *Proceedings of the Conference on Electronic Visualisation and the Arts*, 2015 (BCS Learning & Development Ltd., 2015), p. 184-191.

182. Hugh S. LUSTED et R. Benjamin KNAPP, « Biomuse: Musical performance generated by human bioelectric signals », *The Journal of the Acoustical Society of America* 84, n° S1 (1988): S179-S179.

183. Voir un aperçu : <https://www.youtube.com/watch?v=G6H1J2k--5I> 21.

Le lien entre geste et son (le mapping) peut ainsi changer au cours d'une performance, si le patch de structure commande de changer les paramètres ou processus de synthèse sonore. Pour Tanaka, l'instrument comprend les patches, les haut-parleurs, l'interface et le corps du musicien.



Figure 35 : Ataru Tanaka en concert avec la BioMuse, le 20 octobre 2017 à Ljubljana¹⁸⁴.

Le système s'est amélioré au cours du temps, et la BioMuse est devenue Myogram : des nouveaux capteurs ont permis d'avoir un dispositif léger et sans fil, plus facile à mettre en place. Au départ, tout le développement matériel était à faire. Les capteurs encombraient le musicien de fils et de branchements, dont on pouvait toujours craindre un dysfonctionnement le jour du concert. Le nouveau dispositif allège le musicien, propose un pré-traitement des données musculaires, et donc facilite aussi la tâche du compositeur : une fois que l'électronique marche, il peut se consacrer à la musique. Tanaka témoigne que, avec tout le travail de développement matériel, « on n'a plus le temps pour la musique¹⁸⁵ ».

184. Image extraite de YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=VwUngn4N-4A> 22.

185. D'après un entretien, le 6 avril 2017 à Londres.



Figure 36 : Les bracelets Myogram. Chaque bracelet a quatre électrodes pour capter les signaux impulsions des neurones¹⁸⁶.

Il veut s'inscrire dans une approche « phénoménologique » de la relation à l'instrument. Celle-ci passe par le corps, dans un contact sensible. Le contact s'établit de manière non pas cognitive ou réfléchie mais par les sens : la vue, le toucher, et l'ouïe bien sûr. Avec la BioMuse, on a retiré l'objet, l'instrument au sens classique : on ne tient rien dans les mains, mais l'outil est attaché au corps, et la contraction des muscles suffit à contrôler la musique. Le signal neuronal est une commande qui provoque le geste, il est donc mesuré avant que le geste n'ait lieu¹⁸⁷. Contracter les muscles, même sans bouger les mains, produit des données électriques, et cela suffit pour jouer. Aussi pour Tanaka, le corps fait partie de l'instrument. La BioMuse est pour lui un dispositif technologique qui lui permet de s'exprimer musicalement. Le son est généré en temps réel : la source est électronique-numérique directe. Le geste a un contrôle continu sur la synthèse. Le contrôle sur le son n'est ni déterministe, ni aléatoire.

Dans la pièce *Myogram*, créée en 2015 et composée avec le programmeur Miguel Ortiz, les signaux mesurés sont filtrés et modulés, et directement transformés en ondes sonores¹⁸⁸. Les capteurs permettent de mesurer huit signaux par bras. Chaque paire de signaux est envoyée à un haut-parleur parmi les huit qui sont répartis dans la salle de concert. Lors d'un mouvement de rotation du poignet, les muscles sont activés tour à tour, délivrant des signaux dans le même ordre. Ainsi, le mouvement de rotation est retranscrit dans l'espace par une trajectoire sonore. Dans *Le Loup*, créée en 2017, un court

186. Image extraite de YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=G6H1J2k--5I> (consulté le 21/07/2019).

187. Atau TANAKA et Miguel ORTIZ, « Gestural musical performance with physiological sensors, focusing on the electromyogram », dans M. Lesaffre, P-J. Maes et M. Leman (éd.), *The Routledge Companion to Embodied Music Interaction*, p. 422-430 (New York London: Routledge Taylor & Francis group, 2017).

188. La vidéo de la pièce ne permet pas de se rendre compte de la spatialisation. Pour la visionner : <https://www.youtube.com/watch?v=G6H1J2k--5I> **21**.

enregistrement du hurlement d'un loup sert de matériau de base¹⁸⁹. La pièce consiste à transformer cet échantillon : les signaux contrôlent des filtres et des modulateurs qui permettent de donner différentes formes sonores à l'échantillon de départ. Chaque composition de Tanaka met en place une manière différente d'utiliser les signaux physiologiques et d'explorer un univers sonore.

La BioMuse donne lieu à des performances particulières, où l'on voit un performeur concentré, en tension, bouger ses mains et ses bras, enserrés par les bracelets mais ne tenant aucun objet. On entend la plupart du temps des variations sonores coordonnées avec les gestes du musicien. L'interface ne capte pas un geste, résultat d'une action musculaire, mais directement la contraction des muscles, sans qu'il n'y ait nécessairement un mouvement résultant. Dans un concert du 20 octobre 2017 à Ljubljana¹⁹⁰ avec la BioMuse, on peut observer que Tanaka change de programme (à 4'27'' et à 9'58'' dans la vidéo) : il se rapproche de l'ordinateur pour changer de patch dans le programme. Il en résulte un changement de matériau sonore ; on passe d'abord de bruissements, froissements, vents et sifflements à un bruissement plus léger, une sorte de vent qui siffle en fonction des mouvements des bras, puis à un bruit sourd et grave. Dans un autre mouvement, les sons changent de manière progressive, sans intervention de l'artiste sur l'ordinateur. Ce sont parfois des combinaisons de gestes qui déclenchent des changements de patch dans le logiciel.

La BioMuse demande de la pratique. Il faut acquérir une certaine habileté pour contrôler les mouvements infimes des mains. Mais on ne pratique pas pour savoir quel geste va donner quel son, puisque cette relation change avec le programme, de pièce en pièce, et parfois même au cours d'une pièce. On pratique pour acquérir une certaine connaissance de ses propres mouvements musculaires en détail. D'où l'idée de Tanaka de préparer des programmes pour jouer des gammes, des patches didactiques, pour permettre aux novices de l'instrument d'avoir un support d'exercices.

Tanaka a longtemps été le seul interprète de son instrument. Mais il a aussi donné des pièces à jouer à d'autres. Il a composé *Suspensions*, pour piano et BioMuse, une pièce commandée et jouée par Sarah Nicolls¹⁹¹. La pianiste porte les bracelets, elle joue à la fois la BioMuse et le piano. On peut la voir jouer avec ses poignets, en alternance avec le jeu du piano (au clavier ou directement dans les cordes) ou simultanément. Pour pouvoir

189. A visionner ici : <https://www.youtube.com/watch?v=p8CKjmE7zys> 23.

190. A visionner ici : <https://www.youtube.com/watch?v=VwUngn4N-4A> 22.

191. A visionner ici : <https://www.youtube.com/watch?v=hwVz54gb-kE> 24.

être interprétée, la pièce doit être livrée avec partition, la BioMuse et le logiciel. La vidéo reste le meilleur moyen de pouvoir apprendre les gestes, à défaut de pouvoir recevoir les instructions du compositeur directement. On peut aussi identifier cette pièce comme appartenant à la catégorie des musiques ou instruments mixtes : la pianiste se livre à un double jeu, celui du piano et celui du traitement électronique des sons. Elle a des gestes pour le piano et des gestes spécifiquement pour la BioMuse, mais chacun de ses gestes au piano envoie aussi des données à la BioMuse.

2.4.5.2. DATA_Noise

DATA_Noise est une performance créée par Kasper T. Toeplitz et la danseuse Myriam Gourfink en 2013 à Karlsruhe¹⁹². Gourfink est équipée de capteurs sur son corps, elle effectue des mouvements très lents. D'autres capteurs sont disposés sur la plateforme où elle évolue. Les données sont envoyées en continu à l'ordinateur de Toeplitz, où elles interfèrent avec le signal sonore synthétisé. Les mouvements extrêmement lents de la danseuse introduisent de l'instabilité et du bruit dans le signal¹⁹³. La danseuse est-elle alors aussi musicienne interprète ? Toeplitz décrit cette performance comme une pièce pour deux musiciens, dont l'un est en fait une danseuse¹⁹⁴. Mais son idée est aussi de l'utiliser comme un instrument de musique. Par ses mouvements, elle a une influence sur la musique, mais ne la contrôle pas. L'ordinateur est considéré comme l'instrument de musique principal. Proche de la *noise music*, Toeplitz travaille sur des variations de timbres dans la durée. La pièce, qui dure près d'une heure, sonne comme un bruit vibrant et soufflant en continu, aux évolutions très lentes. La chorégraphie est entièrement écrite, composée – comme l'est aussi la musique à synthétiser.

192. A visionner ici : https://www.youtube.com/watch?time_continue=3076&v=uFWTn3g0mbU (consulté le 18/07/2019) **25**.

193. Ce qui correspond à ce que Guy Garnett nomme le dépassement de la dichotomie humanisme / formalisme : dans une musique produite par la machine, insérer un facteur humain, avec toutes les irrégularités que cela comporte. Voir Guy E. GARNETT, « The Aesthetics of Interactive Computer Music », *Computer Music Journal* 25, n° 1 (2001), p. 21-33.

194. Kasper T. TOEPLITZ, questions for Avopolis (Greece), entretien réalisé par Vangelis Poullos, Avopolis, 2014 [http://www.sleazeart.com/SA_docs/SA_textes/Kasper%20T.%20Toeplitz%20questions%20for%20Avopolis.pdf, consulté le 28 juin 2018].



Figure 37 : Image de la performance DATA_Noise. La danseuse est à gauche, et on voit Toeplitz à l'ordinateur, sur la droite¹⁹⁵.

Dans ces performances, contrairement à toutes les autres situations étudiées, il n'y a pas d'interface : aucun objet tenu dans les mains et manipulé par un performeur. Mais il y a un corps, dont on mesure des données physiologiques : ondes cérébrales, données musculaires, rythmes cardiaques... Le performeur dont les signaux sont enregistrés contrôle son propre corps (par la méditation, par les gestes ou par la danse). Il n'y a pas *visiblement* d'instrument ou d'interface. Pourtant, Toeplitz parle de la danseuse alternativement comme d'une musicienne et comme d'un instrument de musique.

2.4.6. *Bilan (2) : interactions gestuelles*

Nous avons vu dans notre premier bilan que les instruments avec DMI et contrôleurs MIDI présentent la caractéristique d'être composés de trois entités fondamentales : l'interface, le logiciel et le ou les haut-parleurs. Les instruments « mixtes » ou instruments des musiques mixtes ainsi que les systèmes qui fonctionnent avec des signaux physiologiques peuvent également se lire selon cette tripartition, mais il faut y introduire des nuances. L'interface est dans un cas un instrument de musique à elle toute seule (un instrument acoustique ou électrique), et dans l'autre, elle est attachée au corps en mouvement, et non manipulée par le musicien – elle n'est pas forcément visible. Quant aux systèmes embarqués, ils présentent bien les trois entités mais celles-ci fusionnent sur

195. Image extraite de https://www.youtube.com/watch?time_continue=3076&v=uFWTn3g0mbU (consulté le 09/07/2019).

un unique objet matériel. Quelle que soit la manière dont s'illustre la tripartition, les manières dont les performeurs entrent en relation avec ces artefacts sont nouvelles. Nous allons ici explorer le rôle que peut prendre alors le corps dans ces différentes configurations.

Ensuite, nous prendrons le temps de faire le point sur le rôle des différents acteurs de la musique. Nous avons pu entrevoir que souvent, les développeurs des instruments sont eux-mêmes les compositeurs et les interprètes, utilisateurs principaux (et parfois uniques) de leurs instruments. Plus qu'une coïncidence, il s'agit d'une caractéristique du fonctionnement de ces interfaces numériques. Nous allons pouvoir l'explorer bientôt.

2.4.6.1. Rôle du corps

Les systèmes que nous avons étudiés jusqu'ici, qui tous mettent en scène une interaction gestuelle avec l'ordinateur, donnent un rôle nouveau au corps mouvant et agissant du musicien.

Tout d'abord, remarquons que l'énergie du corps investie dans les gestes n'est pas transformée en énergie sonore. Les gestes des performeurs ne sont pas des gestes instrumentaux au sens qu'en donne Cadoz (voir p. 45) : selon lui, la condition du geste instrumental est que l'énergie qui sert à produire le son soit de source humaine. Cela n'est cependant pas une nouveauté du numérique, cette rupture énergétique a déjà été consommée avec les instruments électroniques.

Ensuite, il est important de noter qu'avec les instruments à interfaces gestuelles, le geste n'est pas ordonné au fonctionnement acoustique d'un instrument. Chez les instruments acoustiques ou électriques, le geste du musicien découle des propriétés physiques et vibratoires de l'instrument : il doit activer la vibration de cordes, de peaux ou de colonnes d'air. Mais dans les configurations numériques, l'interface ne se caractérise pas par des propriétés acoustiques, elle est muette. C'est le logiciel qui produit les sons. Le geste se construit donc autrement qu'en rapport à des propriétés acoustiques. Examinons d'abord le cas des interfaces de contrôle MIDI et DMI. Le geste permis (qui est possible, selon la forme de l'interface) et efficace (qui procure des informations au système, c'est-à-dire qu'il fait réagir un capteur et que les données ainsi produites influent sur la synthèse sonore) est déterminé d'une part par la constitution de l'interface elle-même, et d'autre part par le logiciel. L'interface offre d'abord des possibilités de gestes par sa morphologie, par la manière dont elle est portée et manipulée, ainsi que par la nature des capteurs qu'elle contient et la façon dont ils sont agencés. Le logiciel permet à

ces gestes possibles d'être efficaces quand il utilise les données issues des capteurs dans le processus de synthèse sonore. Si un capteur envoie des données qui ne sont pas prises en compte dans la synthèse sonore, les gestes qui font réagir ce capteur sont certes possibles, mais inutiles et inefficaces musicalement. Ainsi, la constitution de l'interface et du logiciel déterminent les gestes qu'un performeur pourra effectuer pour jouer.

Examinons les contrôleurs MIDI de type surface de contrôle : l'interface n'est pas un objet tenu dans les mains du performeur, mais un appareil posé sur une table. Tous les gestes se rapportent donc à cette surface, où sont répartis boutons et curseurs. Les gestes sont directement liés à l'action que l'on veut effectuer sur un paramètre : faire varier sa valeur en tournant un bouton ou modifiant la position d'un curseur, appuyer sur des touches pour déclencher des échantillons. Le geste est modelé de manière pratique pour le contrôle de paramètres. Alors qu'avec les DMI, le geste est pensé dans un espace (bouger les bras, les mains, tout autour de soi), ici il se confine à une petite surface fixe.

Les instruments « mixtes » et ceux des musiques mixtes, quant à eux, envisagent le geste d'une autre manière encore. Ce sont des instruments au fonctionnement double : ils produisent leur propre son, de manière acoustique (ils ont ainsi un fonctionnement autonome, contrairement à toutes les autres interfaces), et en plus de cela, ils contribuent à la production du son numérique par l'ordinateur. Le jeu des musiciens, leurs gestes, demeurent fondamentalement inchangés : la technique du violoncelle de Yo Yo Ma ne change pas lorsqu'il passe de son violoncelle classique à l'hypercello de Machover. Il pourra adapter son jeu en fonction de ce qu'il entend (la combinaison du son acoustique et du son produit numériquement), mais ses mouvements corporels restent les mêmes. Ainsi, dans le cas des musiques et instruments mixtes, les gestes du musicien sont toujours ordonnés à la production acoustique des sons (à laquelle s'ajoute une production numérique).

Les instruments sous forme de systèmes embarqués répondent toujours à une tripartition, mais de manière cachée : interface, logiciel et haut-parleurs sont trois instances de fonctionnement distinctes, mais elles sont situées sur un même objet. Ces systèmes ne sont pas conçus pour interagir avec un ordinateur, mais pour pouvoir être utilisés immédiatement et de manière autonome. Ils cherchent à se situer au plus proche des instruments acoustiques, soit en les imitant littéralement (comme les pianos numériques), soit en inventant de nouvelles formes d'instruments (comme le Dualo), mais toujours en observant une caractéristique majeure du paradigme acoustique : l'instrument

est un objet localisé, il est manipulé par le musicien et il produit lui-même le son. Ainsi, cette catégorie d'instruments ne cherche pas tant à changer les manières de jouer la musique qu'à proposer des alternatives pratiques aux instruments acoustiques (un piano transportable, qu'on peut jouer au casque pour ne pas déranger les voisins) ou de nouvelles formes d'instruments faciles à apprendre (le Dualo, l'application Ocarina). Les systèmes embarqués évitant l'interaction avec l'ordinateur, nous pouvons considérer que ces instruments numériques se tiennent en marge du paradigme numérique.

En revanche, le rôle du corps est particulièrement revisité dans les performances faisant usage de capteurs de signaux physiologiques (avec la BioMuse ou dans la performance *DATA_Noise*, voir p. 134). Ces quelques performances, d'un genre particulier, ajoutent encore un nouvel ingrédient au paradigme numérique : ces systèmes impliquent le corps comme faisant partie de l'instrument¹⁹⁶. En effet, le corps est utilisé pour sa capacité à produire un signal. Ce signal est utilisé comme donnée d'entrée pour contrôler un système de synthèse sonore. Le performeur endosse alors un rôle hybride et ambigu, à la fois performeur et danseur, faisant lui-même partie intégrante du système-instrument¹⁹⁷.

Le corps du performeur est danseur, il est musicien, et il est instrument. Corps danseur, en particulier dans *DATA_Noise*, où Myriam Gourfink est réellement une danseuse : son action de performance est avant tout de danser. La chorégraphie est écrite, la danseuse effectue des mouvements qu'elle connaît par cœur. Mais pourtant, son rôle n'est pas simplement la danse. A travers cette action, son corps émet naturellement des signaux qui sont mesurés par les capteurs qu'elle porte sur son corps, et ces signaux participent au processus de production sonore. Dans les performances de Tanaka, s'il ne s'agit pas de danse, on s'approche tout de même de la chorégraphie. Dans les deux cas, ce sont les gestes qui comptent, ils façonnent la performance. Le geste a de la valeur en lui-même, et parce qu'il produit des données.

196. Atau TANAKA et Marco DONNARUMMA, « The Body as Musical Instrument », dans Youn Kim et Sander L. Gilman (éd.), *The Oxford Handbook of Music and the Body* (New York: Oxford University Press, 2018).

197. Avec le thérémine, le corps fait aussi partie du circuit électrique qui contrôle le signal sonore, il y joue le rôle de résistance électrique variable. Mais le signal est créé à partir d'une oscillation électronique, dont la position du corps peut moduler des paramètres. Le corps n'est pas émetteur d'un signal qui serve à la production sonore. Le cas est donc bien différent.

En produisant des données, le corps fait partie intégrante du système-instrument qui produit le son. Nous parlons ainsi de corps-instrument. Les signaux physiologiques captés à même le corps sont la vibration première qui sert à modeler le signal, d'abord sous forme informationnelle puis sous forme sonore, grâce aux haut-parleurs¹⁹⁸. Avec la BioMuse, les données servent de données d'entrée pour les algorithmes de synthèse musicale. Dans *DATA_Noise*, les signaux physiologiques influencent le processus sonore. Dans la pièce d'Alvin Lucier, l'onde cérébrale alpha, lorsqu'elle est émise, permet de déclencher le jeu des percussions par les transducteurs. Dans les pièces de Rosenboom, les ondes cérébrales contrôlent aussi la production sonore. En tant que premier producteur d'un signal vibratoire, le corps est instrument – ou une partie de l'instrument.

Corps-musicien, car finalement, Tanaka est aussi le musicien qui joue de son instrument, la BioMuse, c'est lui qui contrôle le processus de synthèse sonore. Toeplitz considère la danseuse aussi comme une musicienne : elle prend part à la production musicale. Chez Rosenboom, les performeurs peuvent choisir leur manière d'influencer le son. Finalement, le performeur joue tout autant qu'il « est joué » : le geste est à la fois source de la vibration et geste d'un musicien.

Pour résumer : nous venons de voir différentes manières de mettre en scène le corps du performeur. Les contrôleurs gestuels, DMI ou contrôleurs MIDI, inventent des gestes nouveaux qui ne sont pas soumis au comportement acoustique des instruments. Dans le cas des interfaces à signaux physiologiques, le rôle du corps est plus intriqué : le corps joue mais aussi *est joué* par le système numérique qui fonctionne grâce aux signaux physiologiques. Le corps est alors à la fois danseur, instrument et musicien. Chez les instruments à DMI et à signaux physiologiques, l'indépendance qui existe entre le geste et les paramètres sonores (du fait de l'écriture logicielle de la synthèse sonore) permet et exige une théâtralisation du geste : choisir quels gestes seront possibles et efficaces lors de la performance. Et cela se décide au moment de la conception des interfaces et des logiciels. Dans les performances avec des tables de contrôle, le geste n'est que très peu théâtralisé. Il dérive directement des modalités de contrôle du son. Ces interfaces sont

198. On peut faire une analogie avec certains instruments acoustiques : chez les cuivres, le son est produit grâce à la vibration des lèvres de l'instrumentiste. D'une certaine manière, le corps fait donc aussi partie de l'instrument : la vibration des lèvres est couplée avec la résonance de l'instrument pour produire les sons. Le corps du trompettiste ou du corniste fait partie du système acoustique. Dans nos performances numériques, cependant, la vibration émise par le corps n'est pas produite intentionnellement, elle est plutôt un produit dérivé d'un mouvement corporel.

plutôt une matérialisation des modalités de contrôle numériques. Au contraire, dans les performances de musique mixte ou avec des instruments « mixtes », le rôle du corps reste celui d'un musicien traditionnel. Quant aux instruments autonomes avec systèmes embarqués, nous avons vu qu'ils se situent en marge du paradigme numérique, cherchant plutôt à rester au plus près d'un fonctionnement acoustique.

2.4.6.2. *Rôles des différents acteurs*

Nous avons vu que la tripartition qui caractérise les instruments avec DMI se trouve être nuancée dans les systèmes de musique ou instruments mixtes et avec signaux physiologiques. Mais ces performances ont en commun avec les précédentes une réorganisation du travail des acteurs de la musique : facteurs d'instruments, compositeurs, musiciens interprètes, n'ont plus les rôles distincts qui les définissaient dans le paradigme acoustique¹⁹⁹ (voir 2.2, p. 89). Les objets numériques, par leurs caractéristiques intrinsèques et leur fonctionnement, amènent les acteurs de la musique à évoluer dans leurs pratiques. Examinons maintenant comment leurs rôles se redéfinissent et comment les pratiques de création de la musique, depuis la fabrication des instruments à la performance en passant par la composition, se réorganisent.

Dans les performances numériques, le son est synthétisé par des algorithmes. Quand on utilise l'ordinateur, le terrain sonore est a priori vierge²⁰⁰. On peut créer toutes sortes de sons : que ce soit à partir de patches déjà disponibles ou qu'on développe soi-même, ou à partir de lignes de codes qu'on écrit. Le compositeur peut choisir les sons qu'il utilisera dans une pièce ou dans une performance, et ce travail du sonore se passe dans le logiciel. Le compositeur doit donc être lui-même développeur informatique ou programmeur, ou bien faire équipe avec des développeurs. On observe en effet que beaucoup de musiciens dans le domaine du numérique sont eux-mêmes informaticiens, de formation ou autodidactes, mais toujours expérimentateurs. D'une part c'est le son que le compositeur de musique numérique doit créer, en implémentant les algorithmes de synthèse ; mais aussi il doit aussi pouvoir imaginer de quelle manière ces sons seront contrôlés par le performeur. La fabrication de l'interface gestuelle dépend des modes de

199. La figure du compositeur n'est pas strictement constitutive du paradigme acoustique (qui peut se passer d'œuvres), mais elle appartient à la tradition occidentale classique. Cependant, les rôles de facteur d'instruments et de musicien instrumentiste répondent bien du paradigme acoustique. Pour décrire au mieux le nouveau paradigme, nous considérons aussi le rôle du compositeur.

200. Sauf quand on utilise les logiciels d'édition musicale du commerce, ce qui est le cas en général avec les surfaces de contrôle. Nous y reviendrons en 2.5.1.1, p. 168, mais nous considérons ici l'approche où l'on développe soi-même le logiciel pour concevoir un instrument.

contrôle gestuel que l'on veut donner au performeur. Le compositeur peut choisir de travailler avec une interface déjà existante et développer un logiciel, ou bien construire ou faire construire les outils qu'il imagine pour sa performance.

Ainsi, développer un instrument numérique requiert une équipe de développement du matériel (l'interface) et du logiciel, et le travail de composition se confond avec le développement du logiciel. 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 luthier²⁰¹ ». Car dans le développement logiciel s'effectue la définition de l'instrument, c'est là qu'on lui donne un potentiel sonore, mais aussi une partie du travail de composition. On peut parler d'«instrument composé²⁰² ». La composition de la musique, du son, de l'instrument, et du geste, revient donc au compositeur-développeur, ou à l'équipe formée par le développeur et le compositeur, si ce dernier n'est pas lui-même développeur informatique. Ainsi, le facteur d'instrument et le compositeur ne sont plus deux rôles distincts, mais se confondent. Le compositeur, avec les instruments numériques, est nécessairement aussi facteur d'instruments : pour le logiciel (son, contrôle et mapping) et l'interface.

Par ailleurs, comme nous avons pu le constater plusieurs fois, le développeur d'un instrument en est souvent lui-même l'interprète. Michel Waisvisz a développé son instrument au sein d'une équipe, et il fut le seul à en jouer, le seul à composer pour les Hands. Il en va de même pour Laetitia Sonami et son Lady's glove ou son Spring spyre, ou pour Serge de Laubier et le Méta-Instrument : chacun de ces instruments n'est joué que par une personne. Ce caractère très privé des DMI s'efface chez les contrôleurs qui sont commercialisés. En revanche, toutes les performances des ensembles PLOrk, SLOrk ou Sideband sont composées par un ou plusieurs membres du groupe, et interprétées par ce même orchestre, et il en est généralement de même chez tous les ensembles d'ordinateurs. L'interprète est donc souvent aussi compositeur et créateur de l'instrument.

Examinons le rôle spécifique de l'interprète ou performeur. Plusieurs cas se présentent. Dans certaines pièces comme *Twilight* et *WALO*, les performeurs n'ont pas

201. Bruno BOSSIS, « Écriture instrumentale, écriture de l'instrument », dans *Actes du colloque international : Composer au XXI^{ème} siècle : processus et philosophies*, Montréal, éd. par Sophie Stévance (Montreal: Vrin, 2007), p. 120.

202. Norbert SCHNELL et Marc BATTIER, « Introducing composed instruments, technical and musicological implications », dans *Proceedings of the 2002 conference on New interfaces for musical expression* (National University of Singapore, 2002), p. 1-5.

besoin de compétences particulières : ils exécutent des gestes simples en manipulant une interface. Quelques répétitions suffisent à maîtriser le geste. Les performeurs sont comme les « ouvriers » qui exécutent des instructions. Accomplissant la tâche qui leur incombe, ils font exister l'œuvre. Dans d'autres pièces au contraire, le geste ou la manipulation d'un logiciel demandent une expertise. L'œuvre de performance est ce que l'on fait : tant l'acte que son résultat (le sonore) font l'œuvre, c'est autant l'objet produit que le processus, l'acte muni d'une intention et d'un récipiendaire. L'ouvrier peut incarner manifester différents degrés de créativité et d'expertise : il peut d'une part être plus ou moins artiste, créateur, libre de ce qu'il fait, ou bien au contraire exécutant, obéissant aux instructions. Et d'autre part, il peut être plus ou moins expert. Ceci est fonction des gestes à réaliser.

La première distinction (artiste ou exécutant) n'est pas nouvelle, elle existe par exemple dans l'orchestre symphonique : le contrebassiste ou le timbalier qui lit convenablement sa partition et suit les indications du chef d'orchestre a assez peu de liberté. Il exécute des instructions. Le musicien soliste ou improvisateur dispose d'une plus grande liberté, sa performance est plus créative. Ce qui est nouveau, c'est la seconde distinction : une différence dans le degré de compétence du musicien. Au plus bas degré, il est exécutant de gestes simples (comme dans *Twilight*). Au plus haut degré, il est virtuose, fait preuve d'une maîtrise technique et artistique²⁰³. En situation acoustique, on considère généralement que tout instrumentiste professionnel est un expert, virtuose de son instrument – soliste comme musicien du rang. Les nouveaux instruments numériques permettent souvent l'exécution de pièces sans virtuoses et sans professionnels, des pièces que tout un chacun pourrait apprendre en une répétition. Remarquons que c'est particulièrement le cas des pièces des orchestres d'ordinateur.

D'autre part, un nouveau rôle – et même un nouveau métier – est apparu avec les performances musicales numériques (qu'elles soient ou non instrumentales) : le réalisateur en informatique musicales, ou RIM. Il s'agit de la personne qui assiste un compositeur dans la réalisation d'une œuvre qui nécessite de développer des logiciels ou autres systèmes informatiques pour sa conception ou son fonctionnement. Notons que le RIM à proprement parler intervient dans des situations se rapprochant d'un fonctionnement classique, où le compositeur a un rôle qui lui est propre²⁰⁴. La plupart du

203. Pour un examen de la virtuosité, voir plus loin p. 220.

204. Et donc dans les milieux de musique « classique » contemporaine. Répons de Boulez a un RIM, Andrew Gerzso.

temps cependant, dans les pièces que nous venons de présenter, il n’y a pas de distinction entre RIM et compositeur ; les rôles sont endossés par les mêmes personnes.

Tournons-nous du côté de la réception. Ces instruments et ces pièces sont souvent joués dans leurs milieux de naissance académiques et expérimentaux : ce sont les universités, les conférences internationales, ou autres lieux d’exposition. Ce sont aussi parfois – mais plus rarement – des scènes populaires, comme Ariana Grande en tournée avec les Mi.Mu gloves. Les Mi.Mu gloves sont l’un des rares contrôleurs gestuels à avoir conquis (mais timidement) les scènes populaires. Ariana Grande n’en fait pas un instrument phare de sa tournée, mais l’utilise lors d’un seul morceau – cela s’apparente plus à une démonstration. Pour ce qui concerne les surfaces de contrôle, consoles ou contrôleurs à pads, les scènes populaires, électro ou de DJ en sont friandes. Ils trouvent facilement leur place aux côtés de chanteurs ou d’instrumentistes (avec instruments acoustiques amplifiés ou électroniques) pour compléter l’équipement électronique d’un artiste ou d’un groupe sur scène.

Pour résumer, les rôles différents acteurs (compositeur, facteur d’instrument et musicien interprète) se mêlent et s’entremêlent dans les musiques numériques. Dans le paradigme acoustique, ces trois personnages ont chacun un rôle distinct et s’occupent d’un moment différent de la création musicale²⁰⁵ ; et même si une même personne peut occuper deux positions, ses modes d’actions dans l’une et l’autre des positions sont différentes. En régime numérique, ces trois rôles ne peuvent plus être séparés. En concevant un logiciel, on fait déjà de la composition. De plus, le rôle du musicien interprète n’est plus nécessairement d’être un expert, le maniement des systèmes numériques n’appelle pas à la même virtuosité que celle que l’on trouve chez les instruments acoustiques.

2.5. Interaction directe avec l’ordinateur

Nous avons exploré les performances réalisées grâce à des interfaces gestuelles, où le performeur se tient à distance de l’ordinateur et effectue des gestes avec un contrôleur. A présent, nous étudions des situations de performance où l’ordinateur est utilisé de manière directe par les musiciens, sur scène ou en studio. Ceux-ci se tiennent assis devant

205. Nous avons déjà mentionné que la figure du compositeur n’apparaît pas nécessairement dans le paradigme acoustique, qui n’implique par la notion d’œuvre musicale. Mais nous allons voir qu’elle est utile à la description du nouveau paradigme numérique, c’est pourquoi nous devons la mentionner.

leur écran, clavier et souris en main. L'interaction avec le numérique se fait grâce à une interface graphique (l'affichage d'un logiciel à l'écran) ou bien grâce au code, un texte écrit dans un langage de programmation que les performeurs développent pendant la performance. C'est par le clavier et la souris que les performeurs peuvent manipuler les interfaces graphiques et les lignes de code. Nous allons analyser ces types de productions et de performances pour mettre en lumière de nouvelles modalités de création musicale. Nous présenterons d'abord des cas où l'interaction avec l'ordinateur se fait via une interface graphique, puis des cas où elle se fait par l'écriture de texte, dans un langage de programmation.

Interaction directe ne veut pas strictement dire interaction non gestuelle. Un geste demeure en effet, même s'il est minime : taper au clavier, bouger la souris, cliquer. Mais ces gestes ne sont pas pensés comme gestes pour la performance, comme les gestes de manipulation d'une interface. Plus précisément, ils ne sont pas un objectif dans la conception des instruments. Ce sont les moyens usuels de faire fonctionner un ordinateur. Aussi nous verrons que certains de ces systèmes musicaux, fonctionnant selon des interactions directes avec l'ordinateur, développent de nouvelles formes de gestes.

2.5.1. *Interaction par interfaces graphiques*

Une interface graphique est ce qui s'affiche à l'écran d'un ordinateur et permet à l'utilisateur d'interagir avec la machine. Elle reçoit les commandes de l'utilisateur, y réagit, et fournit les résultats des calculs effectués par l'ordinateur. Les éléments affichés peuvent être manipulés grâce à un dispositif de pointage (la souris). L'utilisateur est assis devant son ordinateur, il utilise l'interface grâce au clavier et à la souris. Deux configurations ici sont possibles : une utilisation des logiciels sur scène, pour une production musicale en direct, ou bien la création d'un morceau musical hors de la performance, en studio ou à la maison. Commençons par ces derniers, les logiciels de création musicale.

2.5.1.1. *Logiciels de création musicale*

Les logiciels de création musicale, aussi appelés logiciels de composition et d'édition musicale, de MAO (Musique Assistée par Ordinateur), stations audionumériques ou encore home-studio* ou DAW (*Digital Audio Workstation*), sont des logiciels permettant de créer de la musique entièrement depuis l'ordinateur. Ils sont commercialisés et livrés

prêts à l'emploi. Ils permettent de créer, manipuler, éditer, mixer et faire lire des données sonores, le tout par l'ordinateur. Ils permettent d'enregistrer différentes pistes, aux formats audio ou MIDI. On peut créer ces pistes en éditant des partitions ou en créant des pistes MIDI, pour les faire jouer par des instruments virtuels du logiciel. On peut aussi insérer des enregistrements audio. Différents modules permettent de traiter le son, de mixer et assembler les pistes, et de faire un travail d'édition. Ces modules sont appelés VST (*Virtual Studio Technology*). Ils sont plus ou moins nombreux et puissants selon la gamme du logiciel : entre logiciel professionnel et logiciel gratuit, la richesse et la qualité des modules varient. Ces logiciels disposent aussi de bibliothèques sonores, comprenant des échantillons de sons instrumentaux (VSTi pour *Virtual Studio Technology instrument*), et des synthétiseurs, permettant de générer et manipuler toutes sortes de sons. On peut ainsi construire un morceau à partir d'éléments enregistrés ou entièrement par ordinateur, en synthétisant tout à partir du logiciel. Le produit final est un fichier sonore, un morceau fixé sur support numérique, prêt à être lu par l'ordinateur ou un autre appareil de lecture. Ces logiciels ne sont pas d'abord conçus pour la scène, mais bien pour la création musicale en différé²⁰⁶. En virtualisant les fonctionnalités d'un studio d'enregistrement, ils permettent de créer une musique enregistrée sur support numérique²⁰⁷.

Par exemple, le logiciel Pro Tools, ancêtre de tous les logiciels d'édition musicale, est aujourd'hui utilisé dans de nombreux studios professionnels. Sa première version est publiée en 1991 par Digidesign dans la Silicon Valley, racheté plus tard par Avid Technologies. Citons aussi Cubase de la société Steinberg, ainsi qu'Ableton Live et Logic Pro, qui sont parmi les plus populaires, avec des versions destinées aux professionnels comme aux amateurs, mais aussi GarageBand d'Apple et FL Studio. Jokosher, LMMS (Linux MultiMedia Studio), sont quant à eux des logiciels libres, ils ne proposent pas autant d'options ou de fonctionnalités que leurs cousins payants. Les plus reconnus de ces logiciels sont sous licence propriétaire et affichent un certain prix²⁰⁸.

206. Même si on peut aussi les utiliser sur scène au moyen de contrôleurs MIDI, notamment les surfaces de contrôle. Voir 2.4.2.3, p. 132.

207. Ces logiciels à la fois prennent comme modèle le matériel de studio (tables de mixage, séquenceurs*...) en le représentant de manière graphique, et construisent leur propre environnement visuel. Voir Robert STRACHAN, « Affordances, stations audionumériques et créativité musicale », *Réseaux* 172, n° 2 (2012), p. 120-143.

208. Il faut compter 559 € pour Pro Tools ou pour la version complète et professionnelle de Cubase (99 € pour une version réduite et simplifiée), 599 € pour Ableton Live en version complète ou 79 € pour une version simplifiée. FL Studio affiche différents prix entre 89 € et 819 €. GarageBand est livré avec l'achat de tout ordinateur d'Apple, Jokosher et LMMS sont gratuits.

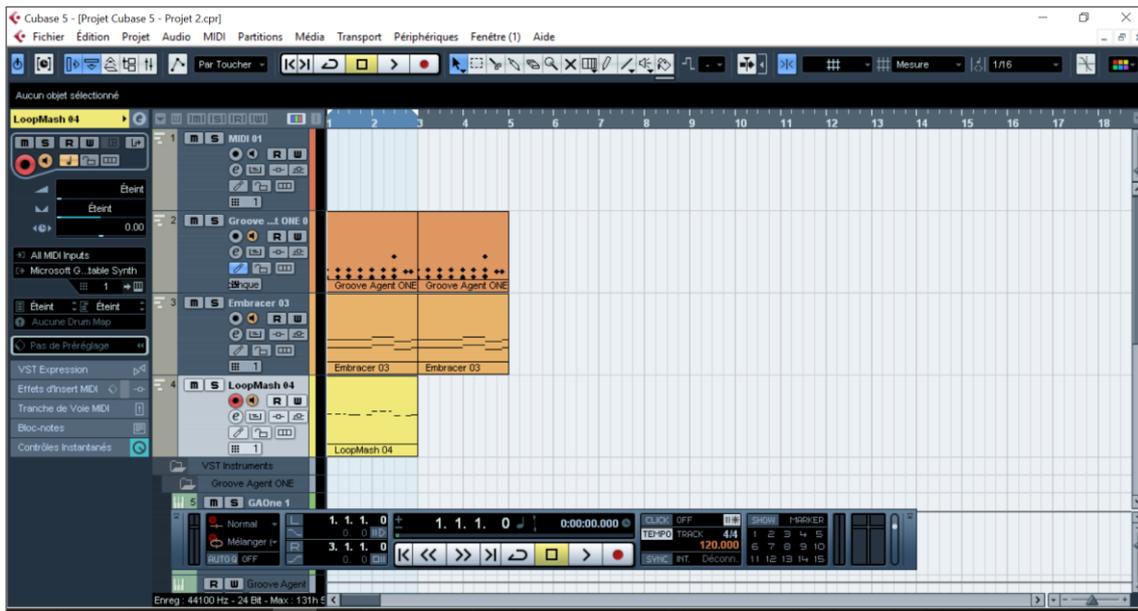


Figure 38 : Image de l'interface graphique du logiciel Cubase. On peut créer plusieurs séquences à partir de sons d'instruments virtuels disponibles dans la banque sonore ou à partir d'enregistrements audio, les assembler, les superposer.

Ces logiciels sont de véritables studios virtuels : ils permettent de réaliser tout ce qu'un ingénieur du son pourrait faire dans son studio en matière de traitement, d'édition et de mixage. Ils sont cependant beaucoup plus abordables que tous les équipements de studio – et moins encombrants. Ils sont livrés prêt à l'emploi : nul besoin de passer par la programmation logicielle pour pouvoir en faire usage. Cela a conduit à une démocratisation des techniques de la production qui a permis aux musiciens de s'occuper eux-mêmes de la production de leurs enregistrements, de devenir eux-mêmes leur propre ingénieur du son²⁰⁹. Ainsi, depuis le milieu des années 1990, ils ont provoqué de grands changements économiques dans l'industrie de l'enregistrement, menant à une production musicale en augmentation et à la fermetures de nombreux studios²¹⁰.

D'autre part, il existe des logiciels de DJ : à partir d'une bibliothèque sonore (la collection de morceaux du DJ enregistrée sur son ordinateur), ces logiciels permettent de

209. Adam Patrick BELL, « Trial-by-Fire: A Case Study of the Musician–Engineer Hybrid Role in the Home Studio », *Journal of Music, Technology and Education* 7, n° 3 (2014), p. 295-312.

210. Andrew LEYSHON, « The Software Slump? Digital Music, the Democratisation of Technology, and the Decline of the Recording Studio Sector within the Musical Economy », *Environment and Planning A: Economy and Space* 41, n° 6 (2009), p. 1309-1331. La numérisation croissante de la production musicale a aussi conduit à de nouvelles pratiques de diffusion et de consommation de la musique. Voir Philippe LE GUERN, éd., *Où va la musique ? Numérimorphose et nouvelles expériences d'écoute* (Paris: Presse des Mines, 2016). Cela se traduit aussi par un rapport différent de la production musicale aux institutions, voir Harry LEHMANN, *La révolution digitale dans la musique: une philosophie de la musique*, trad. par Martin Kaltenecker (Paris: Editions Allia, 2017).

lire des morceaux et d'effectuer tout ce qu'un « vrai » DJ peut faire : enchaîner les pistes, mixer, appliquer des effets sonores... Ce sont par exemple Virtual DJ, conçu par la société américaine Atomix Productions, ou encore Mixx, Serato DJ ou Traktor. Des platines virtuelles sont représentées à l'écran. Mais la plupart du temps, ces logiciels sont branchés à une interface de contrôle, une table de DJ numérique (voir p. 134). Cela permet au DJ d'effectuer le même genre de performance en se passant des caisses de vinyles et en profitant d'options proposées par le numérique (comme la synchronisation automatique des rythmes).

2.5.1.2. Orchestres d'ordinateurs

Les orchestres d'ordinateurs se produisent sur scène (voir 2.4.1.4, p. 117). Dans ce type de performances, les performeurs sont assis à leur ordinateur, ils manipulent clavier et souris et interagissent avec leur machine grâce à une interface graphique. Celle-ci permet au performeur d'effectuer des actions (régler ou donner la valeur d'un paramètre...), elle n'est visible que des performeurs, elle n'est pas destinée au public. L'interface graphique, le clavier et la souris forment un tout avec lequel les performeurs « jouent ». Contrairement aux logiciels de création musicale, il s'agit ici de situations de scène. Ici, les logiciels utilisés ne sont pas commerciaux, mais développés spécifiquement pour chaque performance.

Nous avons déjà présenté des performances d'orchestres d'ordinateurs (PLOrk, SLOrk et Sideband, voir p. 117). A présent, nous allons explorer d'autres types de performances, réalisées par ces mêmes ensembles, où l'utilisation des *tether-controllers* est soit marginale, soit inexistante. Si elle existe, elle n'est pas centrale à la performance mais plutôt accessoire. Les performeurs interagissent avec leurs ordinateurs à l'aide d'interfaces graphiques. Ces pièces développent d'autres types de dispositifs de scène pour la musique. Chacune développe des outils instrumentaux et une configuration de performance qui lui est propre.

CliX

CliX est l'une des premières pièces du répertoire de PLOrk²¹¹. Elle est composée et développée par Ge Wang en 2006. Elle se joue par un groupe de performeurs dont deux

211. Scott SMALLWOOD et coll., « Composing for laptop orchestra », *Computer Music Journal* 32, n° 1 (2008), p. 9-25. Pour visionner la pièce : <https://vimeo.com/197854007?from=outrio-embed> 26

« chefs d'orchestre ». Les performeurs tapent sur les touches de leur clavier d'ordinateur, générant des notes : à chaque touche du clavier est associée une note. Un chef d'orchestre²¹² envoie une pulsation via un réseau qui connecte tous les ordinateurs entre eux, pour coordonner les sons joués par les performeurs. Le second chef d'orchestre dirige l'ensemble avec des gestes expressifs, indiquant des pauses, des ralentis, désignant ceux qui peuvent jouer ou pas, et montrant si les performeurs doivent jouer dans des registres aigus ou graves. Les ordinateurs synthétisent, synchronisent et spatialisent le son entre tous les haut-parleurs. Seul le second chef d'orchestre donne des gestes à voir au public : les autres sont concentrés sur leur clavier d'ordinateur. Le son résulte de l'action coordonnée de l'ensemble des ordinateurs : ceux qui jouent les notes, et celui qui les synchronise.

Pour les spectateurs, seul le second « chef d'orchestre » donne quelque chose à voir. Les autres n'effectuent aucun mouvement, aucune action visible.

Search for Life

Search for Life, de John Granzow et Zhengshan « Kitty » Shi, créée en 2014 pour SLOrk, est une performance pour musiciens avec ordinateurs, *tether-controllers* et haut-parleurs, et objets²¹³. Divers objets sont posés sur une table tournante au centre de la pièce. En première partie de la performance, ils sont « sonifiés » par deux performeurs : frappés, frottés avec un archet, déplacés... Les sons sont enregistrés par des micros. Dans un second temps, les musiciens avec ordinateurs, disposés autour de la table, se lèvent. Ils utilisent leurs *tether-controllers* pour rejouer des échantillons générés lors de la première partie, les transformer et les rediffuser dans la salle. Ils passent de la position accroupie à la position debout pour tirer les câbles depuis le sol jusqu'en haut. On entend alors des répétitions des sons déjà entendus, accompagnés de bruissements et grondements sourds. Puis les performeurs se rassoient, et laissent de nouveau les « joueurs d'objets » être à l'œuvre. Certains de leurs gestes (lancer des baguettes sur la table) servent de signal aux autres pour se lever. Les gestes de sonification consistent à manipuler des objets pour la table sonore, et les gestes de rediffusion à se lever et faire quelques mouvements de bras

212. Le mot « chef d'orchestre » paraît inapproprié dans ces configurations de performance. L'anglais « *conductor* » s'adapte plus facilement aux différentes situations musicales. Par la suite, nous garderons malgré tout le mot « chef d'orchestre », en pensant plus à son rôle de direction qu'à l'idée d'orchestre classique.

213. A visionner ici : <https://vimeo.com/111596750> 27.

avec les manettes. Le maniement des manettes ne permet pas une grande finesse dans le jeu des échantillons sonores. Le code logiciel qui traite les sons est écrit en Chuck, il est programmé pour restituer des sons enregistrés au préalable en les modifiant, selon les gestes des performeurs. La première partie permet de créer le matériau sonore.

Un enregistrement vidéo, une partition qui décrit vaguement les gestes à effectuer et dans quel ordre, ainsi que le code du logiciel sont disponibles sur le site internet de SLOrk. La partition seule ne suffit pas : sa lecture ne donne absolument aucune idée de la pièce et ne fournit aucune indication sur les sons. Le code logiciel permet de faire fonctionner les *tether-controllers*, il contient les algorithmes permettant de les générer et traiter les sons pendant la performance. Le logiciel est donc, en grande partie, ce qui contient le matériau nécessaire à une éventuelle restitution de l'œuvre, et la vidéo fournit plus d'indications quant à sa réalisation que la partition.

Human Modular

Human Modular, de Chris Douthitt et PLOrk, est une pièce pour une guitare et sept ordinateurs avec haut-parleurs hémisphériques, un chef d'orchestre, et une batterie acoustique²¹⁴. Les performeurs avec ordinateurs sont disposés en ligne, le guitariste à une extrémité. Ils ont chacun leur jeu de haut-parleurs à côté d'eux (voir Figure 39). Chaque performeur est le maillon d'une chaîne de synthèse modulaire : le signal de sortie de la guitare est envoyé à l'ordinateur 1, qui envoie son signal à l'ordinateur 2... jusqu'au dernier, dont le signal est renvoyé à l'ordinateur 1 pour créer une boucle de rétroaction. Ce système génère la plupart du temps des réactions imprévisibles, que les musiciens ne peuvent pas manipuler musicalement. Tous les ordinateurs utilisent le même patch Max/MSP qui permet de jouer avec des retards, des transpositions de fréquences, un filtre passe-bande et un limiteur. Le son est le résultat du traitement successif du signal par chacun des ordinateurs. On y reconnaît parfois les pizzicatos et accords du guitariste, mais ils sont traités et répétés par la chaîne d'ordinateurs. A l'arrière-plan, le batteur improvise librement, en fonction du comportement de l'ensemble. Le guitariste improvise, en suivant des instructions générales qui donnent parfois un pitch set, la pédale à utiliser, parfois de ne jouer qu'une note ou une gamme chromatique.

214. A visionner : <https://vimeo.com/168496588> [28]. D'après un entretien réalisée avec Chris Douthitt par email, les 14 et 16 juin 2017.

La pièce est constituée de six sections, définies par différents types de jeux de la guitare et différentes instructions quant aux commandes effectuées par les ordinateurs (avec des indications sur la taille des décalages temporels, fréquentiels, l'utilisation des filtres et du limiteur, tout en laissant une grande part à l'expérimentation et à l'improvisation). La partition, celle du guitariste et celle de l'ensemble, est un texte d'instructions. Le chef d'orchestre peut communiquer avec les autres via des boîtes de messages textes, intégrées au logiciel : ils s'affichent sur l'interface graphique des performeurs. Dans cette représentation, le chef est le septième ordinateur de la chaîne.

Le public peut voir les gestes du guitariste et du percussionniste. Mais pour les sept autres performeurs, on n'a aucun indice visuel : assis, immobiles, les yeux rivés sur leur écran, leur performance n'est ni gestuelle, ni active, corporelle ou communicationnelle. Cependant, un jeu de lumières très actif colore et met en mouvement la scène. Le faisceau lumineux éclaire ou laisse dans l'ombre les différents performeurs. Les signaux des ordinateurs sont envoyés, via un réseau local, au régisseur lumière. L'éclairage est improvisé par le régisseur tout en étant dirigé par les signaux informatiques. Il guide le regard du spectateur et anime l'espace immobile de la scène. Il agit comme une compensation à l'absence de gestes. Le son de chaque ordinateur est émis de manière individuelle, chacun a son propre haut-parleur. Mais chaque signal sonore est le résultat de l'action commune de toute la chaîne de performeurs, comme s'ils manipulaient collectivement un seul instrument.



Figure 39 : Image de la performance de Human Modular, le 18 avril 2016 à Princeton, Taplin Auditorium.

HUMAN MODULAR SCORE v. 1

SECTION	GUITAR	DELAY	PITCH SHIFT	BANDPASS	LIMITER
1a) Swells	volume swells (027/027 or 027/016)	LONG, toggle: A) irregular B) regular	WIDE ($\pm 600-1200$) toggle: A) irregular B) regular	OFF	OFF
1b) Overtone Forest?	add single notes	(moving to MEDIUM)	(moving to MEDIUM)	ON (subtle)	
2) Pattern Melody with Squeezes	single note to feed chain; improvise rhythm	MEDIUM; REGULAR	MEDIUM ($\pm 100 - 600$); REGULAR	OFF	OFF
squeezing contour:			A) calculate target shift by multiplying current shift by ratio (given by conductor) B) move at your own pace toward target shift C) when you reach target, stop D) when conductor gives a new ratio, repeat A-C		
squeezing rhythm:		A) calculate target delay by multiplying current delay by ratio (given by conductor) B) move at your own pace toward target delay (careful of clipping!) C) when you reach target, stop D) when conductor gives a new ratio, repeat A-C			
target:	(single note)	SHORT; REGULAR	NEAR ZERO (within ± 20)	OFF	OFF

Figure 40 : Un extrait de la « partition » de Human Modular. Ce sont des instructions données au guitariste (aussi compositeur de cette pièce) et aux musiciens avec ordinateurs, leur indiquant de quelle manière jouer et quels paramètres régler.

ICEBlocks

ICEBlocks, de Jeff Snyder et PLOrk, est jouée par un piano, une contrebasse, une guitare électrique, des claviers, une trompette, une batterie, une interface de curseurs, des ordinateurs (un ordinateur seul, et le clavier et le trompettiste ont aussi des ordinateurs qu'ils manipulent en plus de leur instrument)²¹⁵. Trois configurations de musiciens coexistent : purement acoustiques, musiciens acoustiques traitant leur son via l'interface informatique, et musiciens électroniques enregistrant les autres musiciens, traitant et rejouant leur son. Le chef d'orchestre, présent sur la scène avec un ordinateur, envoie des instructions sous forme de texte via l'interface graphique, pour commander aux musiciens

215. A visionner ici : <https://vimeo.com/168494833> 29.

de jouer ou non, et de quelle manière. Le matériau musical de base est un enchaînement de 40 accords à trois sons. Les musiciens lisent la série, puis son rétrograde, puis la relisent. La progression se fait à une cadence régulière contrôlée par l'ordinateur. Le réseau coordonne les musiciens : ils reçoivent un clic régulier dans leur oreillette. Le chef peut en modifier le tempo. Les musiciens décident de suivre ce clic ou l'un de ses multiples et peuvent jouer des boucles, ce qui donne des configurations polyrythmiques complexes intéressantes. La pièce a été jouée plusieurs fois, et à chaque fois il en résulte quelque chose de différent²¹⁶.



Figure 41 : Capture d'écran de l'interface graphique que voient les performeurs. « louder and more aggressive » est un message envoyé par le chef d'orchestre.

Cette pièce a été inspirée par un workshop sur l'écriture. Il n'y a pas de partition, mais un logiciel qui contient les instructions pour le jeu et permet la communication et la direction. Sur leur interface graphique, les musiciens voient l'accord à jouer (trois notes, qui changent environs toutes les 20 secondes), et une rangée de blocs colorés, qui sert de notation rythmique. Les couleurs indiquent la hauteur (rouge = aigu ; bleu = grave) et l'intensité (foncé = fort ; clair = doux) des sons à jouer. Le chef contrôle la couleur des

216. D'après un entretien par email avec Jeff Snyder, le 15 juin 2017.

blocs. Il peut ainsi imposer des changements, par exemple mettre tous les blocs en blanc pour certains instrumentistes pour leur commander d'arrêter de jouer. Chacun peut faire des boucles en jouant avec les notes imposées, et en respectant le schéma rythmique. Le chef envoie des messages indiquant quand changer la grille, et chaque ordinateur en génère individuellement une nouvelle, le changement étant basé sur un processus aléatoire.

ICEBlocks dessine une configuration de performance, c'est un dispositif qui crée des possibilités au sein d'un système de contraintes (les accords et rythmiques imposés) muni d'un système de communication (du chef aux musiciens). Le son est collectif : les musiciens acoustiques en sont la source première, et leur son est réutilisé par les autres. Le geste est celui des musiciens acoustiques, et les performeurs par ordinateurs ne font que répéter, en le modifiant, les sons joués par les autres²¹⁷.

GhostLine

GhostLine est une pièce de Jeff Snyder, créée par PLOrk en 2016. C'est une pièce pour quatre performeurs et un chef d'orchestre²¹⁸. Chacun est assis devant son ordinateur et équipé d'un joystick (une manette de jeu qu'on tient dans une main, qu'on peut faire pivoter dans deux directions et qui contient des boutons pour les doigts), et d'une caméra. Au fond de la scène se trouve un écran de projection. L'idée fondatrice de cette pièce est de mettre en son chaque mouvement des musiciens. Ils sont filmés par leurs caméras, leurs images sont retransmises sur l'écran. Les pixels des images sont lus pour donner les formes d'ondes : pour chaque performeur, l'image est balayée à une certaine fréquence, et l'intensité lumineuse des pixels est directement convertie pour construire la forme d'onde sonore. A travers ce processus, la fréquence à laquelle les images sont scannées détermine la hauteur des notes, et le relief des images détermine le timbre. Avec leurs joysticks, les performeurs manipulent la luminosité, le contraste et la résolution de leurs images. Comme la luminosité des pixels détermine directement la forme d'onde, ils exercent un contrôle indirect sur le son : le contrôle se fait d'abord sur l'image, et de

217. Cela n'est pas sans rappeler *Mikrophonie I* de Stokhausen (1964), où deux performeurs jouent sur des tamtam, deux autres tiennent et dirigent des micros devant les instruments, et les deux derniers appliquent des filtres sur les signaux collectés par les micros pour transformer et rejouer le son. C'est aussi un cas où certains performeurs produisent la source sonore, et d'autres captent et transforment les sons produits, le résultat étant un mélange des sons directs et des sons transformés.

218. A visionner ici : <https://vimeo.com/168493180> 30.

manière indirecte sur le son produit. Le chef d'orchestre, qu'on ne voit pas, détermine les fréquences de balayage des images, et donc les fréquences fondamentales des sons, pour les quatre performeurs à la fois. Il passe d'un accord à l'autre et peut choisir si les transitions se font de manière brutale ou via un glissando. Pour cela, il envoie des messages aux ordinateurs des quatre performeurs. Les performeurs lèvent parfois une main, font des mouvements, tournent la tête : ce sont les gestes apparents, par lesquels ils influent sur leur image. Ils suivent une partition sur leurs écrans. Le chef, face à eux, contrôle les fréquences des notes et leur attaque, les autres performeurs contrôlent le timbre, l'intensité et l'octave, à travers la manipulation des images. Les accords utilisés sont dans le tempérament juste. Donc un *si* bémol peut être bas de 10 cents au début, haut de 27 cents plus tard. On entend des grincements et grésillements, des bourdonnements à des hauteurs déterminées, en relations d'octave au début puis s'enrichissant d'autres intervalles. Au fur et à mesure de la pièce se jouent de plus en plus de notes, le son s'intensifie jusqu'à saturation. La pièce est découpée en six sections, différenciant les instructions données aux performeurs quant aux réglages à effectuer. Pour le spectateur, il n'apparaît pas de structure spécifique, mais un développement continu dans l'évolution sonore.



Figure 42 : Image de la performance de GhostLine, le 18 avril 2016 à Princeton²¹⁹.

219. Image extraite de <https://vimeo.com/168493180> 30.

B:

Technical info: Image is now simply the current frame, no longer differenced. The scan line now moves vertically when its horizontal scan is finished, at a rate set by the fundamental scan frequency and a frequency scalar controlled by the joystick. Still black and white.

Performer info: All performers now cease physical motion and face the camera. With the joystick, they can adjust the following video parameters ad libitum: brightness, contrast, horizontal resolution, vertical resolution, scan line frequency scalar.

C:

Technical info: Color is introduced. In addition to the standard color space (which is a mis-rendering of an RGB space as YIQ format), the player can momentarily shift to two additional alternate color spaces (RGB ->L*HoC* and RGB->RGBcie).

Performer info: Performers experiment with occasionally adjusting the manual focus on the camera. They can also adjust ad libitum the following parameters on the joystick: brightness, contrast, saturation, horizontal resolution, vertical resolution, scan line frequency scalar, and alternate color space, and octave shift.

Figure 43 : Extrait des instructions données pour les sections B et C de GhostLine.

Entre performance visuelle ou sonore, Snyder ne tranche pas : « je dirais simplement que c'est une pièce audiovisuelle, puisqu'elle n'appartient proprement à aucune des deux catégories²²⁰ ». Et il affirme : « la vidéo est l'instrument²²¹ ». On peut considérer ici l'instrument comme un système complexe : « l'instrument est certainement un système complexe qui implique les deux interfaces, caméra et joystick, pour créer des formes d'ondes²²² ». Les performeurs effectuent des gestes (lever la main, tourner la tête), mais ce sont des gestes qui servent à faire varier leurs images, et non à manipuler des objets. Ce que manipulent les performeurs, c'est la luminosité et le contraste de leurs images captées par les caméras. Ils manipulent donc directement une image. Et cette image encode le signal sonore. C'est pourquoi on peut dire que, d'une certaine manière, la vidéo est l'instrument.

Connectome

Connectome, réalisée par PLOrk en 2017, est une pièce basée sur une modélisation biologique du comportement des neurones²²³. Inspirée du fonctionnement du cerveau, le but était d'utiliser un algorithme de modélisation du comportement neuronal pour faire

220. Jeff SNYDER, interview par email du 15 juin 2017, traduction personnelle.

221. Jeff SNYDER, note de programme du concert de PLOrk, Princeton, 3 mai 2017.

222. SNYDER, note de programme.

223. A visionner ici : <https://vimeo.com/232096343> **31**.

de la musique²²⁴. Les performeurs contrôlent chacun un neurone virtuel, jouant sur les activations de sodium et potassium (les vrais neurones sont activés par des flux ou impulsions de sodium et de potassium). Ils peuvent en régler les niveaux sur leur interface graphique. Les paramètres de contrôle sont non musicaux et ne correspondent pas chacun à un paramètre musical, mais à une superposition de paramètres. Le son est donc contrôlable, mais pas immédiatement : les niveaux en sodium ou potassium peuvent, selon les situations du jeu, contrôler à la fois hauteur et timbre. Le programme de simulation a été adapté pour pouvoir tourner en temps réel et pour délivrer un signal sonore.

Les neurones fonctionnent selon un principe d'interaction qui leur permet d'établir et de rompre des connexions deux par deux. Quand deux joueurs sont connectés, ils s'écoutent et se répondent l'un à l'autre. Sur l'écran au fond de la scène sont projetées les images mouvantes des neurones, des taches dont la taille est proportionnelle au volume du son produit par le performeur correspondant à ce neurone (voir Figure 44). La vidéo est de Drex Wallace. Les taches sont reliées par des filaments quand deux neurones se connectent ensemble. Le système de visualisation fonctionne donc en recevant les informations de connexion et d'intensité des performeurs. Chaque performeur est aussi équipé d'un woodblock et d'une baguette.

La pièce est en trois parties. Au début, tous les performeurs jouent le plus grave possible. Du point de vue sonore, cela ressemble à un vrombissement sourd et grave. Lorsqu'ils atteignent un accord grave, ils s'arrêtent, et les neurones disparaissent progressivement de l'écran. S'ajoutent alors les percussions acoustiques. Chacun frappe à un tempo différent. Quand deux joueurs se regardent et décident d'établir une connexion, ils abandonnent leurs woodblocks et font jouer leurs neurones. Le nombre de performeur étant impair, il en reste toujours un pour la percussion. En troisième partie, tous les neurones jouent ensemble, et les performeurs doivent jouer des notes le plus haut possible. Puis les neurones s'éteignent, le vrombissement disparaît. Les performeurs reprennent alors les woodblocks, commencent à frapper à des rythmes différents puis se synchronisent, avant de s'arrêter.

224. Jeff SNYDER, Aatish BHATIA, et Mike MULSHINE, « Neuron-modeled Audio Synthesis », dans *Proceedings of the 2018 International Conference on New Interfaces for Musical Expression NIME*, Blacksburg, Virginia, 2018, p. 394-397 [http://www.nime.org/proceedings/2018/nime2018_paper0088.pdf, consulté le 19 juillet 2018].



Figure 44 : Image de la performance de *Connectome*²²⁵. On voit les images des neurones en blanc à l'arrière-plan.

Le modèle biologique de l'instrument et la structure de la pièce sont implémentés dans un logiciel. On parle de « l'instrument » : un seul processus, l'ensemble des neurones en interaction, contrôlé collectivement par chacun des performeurs, et « imprévisible²²⁶ ». On ne regarde pas les performeurs, ils sont dans l'obscurité. On regarde l'écran à la place, qui attire le regard, certains musiciens se tournent aussi pour le regarder. Il se joue comme un déplacement de l'attention au mouvement, au geste, à l'action. L'écran endosse le rôle du geste : les images semblent être la cause du son, les neurones grossissent quand le son s'intensifie, elles se stabilisent quand le vrombissement ne varie pas. Le son est contrôlé par les performeurs, et l'image est produite par les mêmes signaux numériques, mais on peut très bien voir dans l'image une cause du son, un remplacement du geste.

La note de programme parle de l'« instrument » pour désigner le système total, comprenant l'ensemble des neurones et leur visualisation, qu'on contrôle avec les variations minérales et électriques. Ces contrôles conditionnent à la fois le son et l'image. Le tout est un ensemble complexe, instrumental d'une certaine manière pour les neurones : l'image agit comme un substitut au geste, on la contrôle en faisant varier des paramètres qui contrôlent aussi le son. Le spectateur comprend intuitivement le lien entre les images et le son, et peut presque avoir l'impression que ce sont les neurones qui « jouent » la musique.

225. Image extraite de Vimeo : <https://vimeo.com/232096343> 31.

226. SNYDER, note de programme.

Machine Yearning

Machine Yearning est une pièce de PLOrk réalisée en 2014²²⁷. Elle utilise un robot, un grand bras articulé sonifié (voir Figure 45) : des capteurs piézoélectriques sont installés au niveau des six moteurs du robot. En fonction des vitesses de rotation des moteurs sont produites différentes hauteurs de sons²²⁸. Les mouvements du robot (angles et vitesses de rotation pour les six moteurs) sont programmés pour obtenir différents sons. Le fond sonore est enrichi par les musiciens, qui reçoivent les données des capteurs, les traitent et les rediffusent via leurs haut-parleurs hémisphériques, en utilisant leur *tether-controllers* (une action similaire à celle observée dans la pièce *Search for Life*). Une vidéo est projetée sur le robot, ajustée à ses mouvements, pour l'illuminer. Le robot est placé dans un cube de verre de 8 mètres de côtés, les performeurs et les spectateurs sont à l'extérieur. Cette contrainte de sécurité a influencé la conception de la performance, et pour ces mêmes raisons de sécurité, les mouvements du robot sont programmés à l'avance, on ne peut donc pas les improviser. Seuls les sons additionnels peuvent être improvisés.

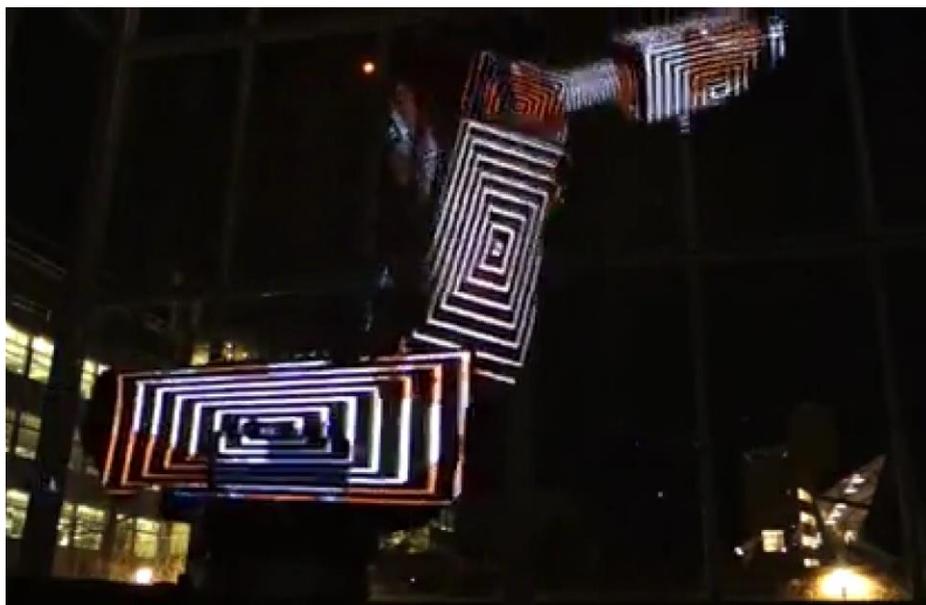


Figure 45 : Image de la performance de Machine Yearning. On distingue le robot articulé en trois parties.

227. A visionner ici : <https://vimeo.com/99536775> 32. Pour cette pièce, la programmation du robot a été réalisée par Ryan L. Johns et Charlie Avis, et celle de la projection lumineuse par Gene Kogan en collaboration avec Ryan L. Johns.

228. Jeff SNYDER et coll., « Machine yearning: an industrial robotic arm as a performance instrument. », dans *NIME*, 2015, p. 184-186 [http://www.nime.org/proceedings/2015/nime2015_275.pdf, consulté le 21 octobre 2019].

Le robot produit le son par ses mouvements. Les musiciens sont dans le noir, toute l'attention visuelle est dirigée sur la machine. Les performeurs ne font qu'ajouter au son de la machine des éléments modifiés. Ce sont des vrombissements sourds et des crissemments aigus, parfois des bruits plus intenses. Il y a une structure en trois parties, qui utilisent différentes stratégies d'écriture : dans la première sont paramétrés les mouvements du robot (quelle articulation avec quelle vitesse de rotation, quel angle) alors qu'en deuxième partie, les sons et leurs fréquences sont écrits d'abords, et ensuite traduits en paramètres de mouvement pour le robot. Dans la troisième partie s'ajoute le chant de quelques performeurs.

C'est comme une performance par procuration : l'objet qui est à l'origine du son est une machine programmée, et c'est cet objet dont on regarde les mouvements ; l'attention visuelle est entièrement dirigée sur le robot par son éclairage et par le fait que les performeurs demeurent dans l'obscurité. Le mouvement dépersonnifié de la machine agit comme un représentant de musicien – ou bien la machine elle-même est personnifiée en performeur.

Tethered

Tethered, ou *Jellyfish*, est une pièce d'Alyssa Weinberg, créée en 2018. C'est une pièce pour un batteur, un contrebassiste, un violoniste (ou pour deux violoncelles à la place de la contrebasse et du violon, dans une autre version jouée une semaine plus tôt), et deux performeuses avec *tether-controllers*²²⁹. Au milieu se trouve le « jellyfish », la méduse : il s'agit d'un plateau suspendu auquel sont attachés divers objets (un tambourin, un ressort, des chaînes, des vis et clés, une rappe à fromage) ainsi que deux paires de câbles, reliées au plateau et fixées au sol.

229. La pièce peut être visualisée ici : https://www.youtube.com/watch?v=WjNFNLAQ_zc 33.



Figure 46 : Image de Tethered en répétition (Princeton, le 29 avril 2018). Les deux performeuses au premier plan tiennent les extrémités des câbles dans leurs mains. A l'arrière-plan, le contrebassiste et le violoniste, et au centre, le « jellyfish » : on distingue les objets suspendus²³⁰.

En première partie, les deux performeuses tiennent dans les mains les câbles de leurs *tether-controllers*, attachés à des bornes des deux côtés de la scène. Le son est contrôlé grâce aux câbles, selon la longueur tirée et la direction. Les performeuses font des mouvements en miroir, les musiciens les accompagnent en improvisant selon l'ambiance et l'intensité. Cela commence doucement, puis le son s'intensifie à mesure que les deux performeuses s'éloignent des bords de la scène, jusqu'à se rejoindre au centre. Elles effectuent ensuite des mouvements proches du sol de manière indépendante, sans se regarder. Au moment où elles lâchent les câbles, le son s'arrête brusquement. En seconde partie, les deux performeuses se tiennent autour de la méduse. Elles frappent les objets avec des baguettes, un balai, ou avec leurs mains, pincent les cordes qui sonnent comme des harpes. Les objets sont « sonifiés » : des capteurs de vibrations sont fixés sur les objets et ils envoient les données mesurées à un ordinateur, où un algorithme (en Max/MSP) produit des sons en fonction de ces données. Les performeuses, après avoir pratiqué l'instrument, en connaissent le fonctionnement : elles savent quel son produit quel objet. Elles portent chacune un capteur gyroscopique à un doigt, qui leur permet de contrôler, en tournant la main, les hauteurs des sons produits pour l'une, et la réverbération et la

230. Photo de l'auteur.

distorsion des sons pour l'autre. D'après les deux performeuses, la méduse est vraiment un instrument²³¹.

La pièce a une structure définie assez lâche, au sein de laquelle les musiciens improvisent ensemble. Au vu des mouvements des deux performeuses, la première partie peut s'apparenter à de la danse.

Le « jellyfish », la méduse, crée une situation de scène. Cela constitue une proposition d'interactions. Des patches Max/MSP exploitent les vibrations des objets pour donner des sons amplifiés, dont certains paramètres sont contrôlés par les performeuses (hauteur des sons, réverbération, distorsion), par des rotations du poignet. Le spectateur identifie visuellement la cause des sons : les objets et les cordes. Cependant, il ne devine pas facilement les effets des mouvements des mains.

L'ensemble (objets et instruments acoustiques) forme un tout, où les sons se mélangent. Le batteur peut choisir d'imposer un rythme, comme la contrebasse, ou de produire des timbres diffus. La méduse et cette configuration de performance proposent une situation d'interactions possibles.

2.5.2. *Bilan (3) : interaction par interfaces graphiques*

Ces performances d'orchestres d'ordinateurs ont en commun le fait qu'elles font interagir une multitude d'appareils pour former un système complexe. Certaines d'entre elles mettent en avant un aspect visuel important. Nous examinerons ici ces deux caractéristiques. Mais arrêtons-nous d'abord sur les logiciels de création musicale : ceux-ci sont (le plus souvent) utilisés en studio ou à la maison pour la création musicale en différé. Ils permettent de créer des pièces enregistrées, préparées morceau par morceau, et finalement, c'est l'ordinateur, ou le lecteur de musique, qui « joue » la pièce. Ils ne se présentent pas comme des instruments de performance pour la scène, mais comme des instruments de composition et d'édition. Ce sont des outils de création musicale, de véritables studios virtuels, et en cela ils se rapprochent plus des pratiques de la musique concrète ou de la musique électroacoustique de studio, où tout est préparé, enregistré, et finalement fixé sur support, pour être dans un second temps, joué automatiquement par une machine. Mais nous verrons bientôt que la distinction entre jeu automatique et jeu de

231. Interrogées lors de la répétition générale de la pièce, le 29 avril 2018 à Princeton.

musicien est, dans certains cas, délicate à établir. Laissons de côté pour le moment ces logiciels, et examinons les performances d'orchestres d'ordinateurs.

2.5.2.1. Systèmes complexes

Cette série de performances que nous venons de présenter montre une utilisation des objets – ordinateurs, interfaces, écrans, projecteurs, images – particulière. La tripartition des instruments, décrite dans la partie précédente (voir 2.4.3, p. 134), ne s'applique plus à ces situations. Alors qu'on avait, avec les interfaces gestuelles, des systèmes tripartites, composés d'un logiciel, d'une interface et de haut-parleurs, le schéma de fonctionnement de ces nouvelles performances implique plus d'éléments. Les outils sont multiples ; le sont aussi parfois les médias mobilisés pour les performances : on fait usages d'images, d'écrans, d'éclairages et même d'objets divers, qui prennent une place importante dans les performances. Ce sont des systèmes complexes qui servent à la performance. Complexes, d'une part car ils impliquent un matériel pluriel et très diversifié : des ordinateurs, des interfaces (interfaces graphiques, claviers, souris, joysticks ou autres), des moyens de projection lumineuse ou de projection d'images, des moyens de connexion entre les ordinateurs (réseaux filaires ou non) et entre les ordinateurs et le système de projection lumineuse ou graphique. Complexes aussi parce que tout ce système a lui-même un fonctionnement complexe. Tout est en interaction, le fonctionnement repose souvent sur une harmonisation et un équilibre fragile entre toutes les instances échangeant des flux de données en continu. Toute action de contrôle des performeurs a une répercussion sur le son, agissant sur le signal qui peut transformer à la fois le résultat sonore et le résultat visuel lorsqu'il existe, et quand les deux sont liés de manière générative. Le contrôle est collectif, il s'effectue conjointement avec les autres performeurs.

2.5.2.2. Recherche performative visuelle

Certaines performances numériques que nous avons présentées jusqu'ici montrent toutes un nouvel aspect sur le plan visuel : une certaine organisation de l'espace, de la scène et du geste, est pensée et composée. Dans de nombreux cas, une recherche esthétique visuelle (éclairage, accompagnement vidéo...) accompagne ou fait partie de la pièce. L'interface graphique, si elle permet aux performeurs de faire fonctionner tout le système en exerçant leur contrôle, n'est pas visible du public ; elle a ainsi un rôle

purement fonctionnel et non esthétique. C'est donc ailleurs que par les interfaces que se produit la recherche esthétique visuelle.

Si manier clavier et souris d'ordinateur sont toujours des gestes, ils obligent l'utilisateur à s'asseoir face à son écran et ne permettent pas de véritable engagement corporel, comme avec les interfaces gestuelles. En performance, ce genre d'interaction avec l'ordinateur met en place de nouveaux modes de fonctionnement. Alors que dans les précédentes, le spectateur pouvait toujours identifier un geste et, la plupart du temps, un objet manipulé par le musicien, ce n'est plus le cas ici.

Les systèmes complexes, caractéristiques des performances d'orchestres d'ordinateurs, se développent dans certains cas en un système multimédia : la pièce ne se limite pas au médium sonore, mais investit de manière compréhensive le médium visuel. Dans *Twilight* par exemple, l'éclairage est porteur de sens : les couleurs sont représentatives du crépuscule, thème qui a inspiré la pièce. L'illumination de la scène joue un rôle d'illustration. Mais dans *Human Modular*, le faisceau lumineux donne un mouvement à la pièce, en guidant l'attention visuelle du spectateur. L'éclairage est contrôlé par les signaux qui réalisent aussi la synthèse musicale : ainsi, dans un même geste, les performeurs agissent à la fois sur le son et sur le mouvement visuel. Dans *GhostLine*, la vidéo prend la place des gestes des performeurs. Eux sont immobiles, mais la vidéo et la variation des images sont une sorte de nouveau geste. La vidéo prend la place de l'instrument, elle assume le geste dont se sont libérés les performeurs. Dans *Connectome*, la projection des images de neurones sur l'écran donne l'impression de les voir jouer eux-mêmes de la musique. Les images ont un rôle, visuellement, elles deviennent musiciennes ou danseuses : on les croit bouger au rythme du son, ou au contraire, en être responsables. La vidéo agit comme une représentation du geste. Dans *Machine Yearning*, le robot semble jouer la musique. Il s'effectue, dans ces performances multimédias, un phénomène de *délégation du geste* : les performeurs immobiles donnent à l'image, à la lumière, et même à un robot, la mission du geste. Ce n'est pas une projection visuelle accessoire ou décoratrice, qui accompagnerait simplement la musique. La projection lumineuse, les vidéos et les images mouvantes constituent une partie intégrante de la production musicale, elles assument le geste qui leur a été délégué par les performeurs. Cela n'est pas le cas de toutes les performances d'orchestres d'ordinateurs. Dans *Twilight*, l'éclairage joue un rôle d'illustration et non de geste. Dans *CliX* ou *ICEBlocks*, il n'y a pas non plus de délégation du geste. Dans *Tethered* ou *Search for Life*,

les objets sont utilisés pour produire différents sons, et accueillent ainsi des gestes réels, non délégués. Ainsi, toutes les performances d'orchestres d'ordinateurs ne construisent pas un système multimédia.

Revenons aux performances avec interfaces gestuelles : nous avons vu que les gestes possibles et musicalement efficaces sont déterminés par la constitution de l'interface et du logiciel (voir 2.4.6.1, p. 158). Au moment de la conception de l'interface et du logiciel (ce qui est à la fois conception de l'instrument et composition musicale), on compose le geste. Parmi une infinité de mouvements corporels possibles, on choisit ce qui pourra être réalisé sur scène. En ce sens, le geste est composé. Et par là, c'est une certaine appréhension de l'espace qui doit être pensée lors de la composition. Ainsi, les performances avec interfaces gestuelles font aussi preuve d'une certaine recherche performative visuelle. C'est encore plus prégnant dans les performances avec signaux physiologiques : la chorégraphie est, en elle-même, un média visuel. Elle ne concerne pas seulement la danseuse dans *DATA_Noise*, où la chorégraphie est explicite car pensée comme telle ; les mouvements de Tanaka ou de la pianiste Sarah Nicolls dans *Suspensions* relèvent aussi de la chorégraphie.

On peut ainsi déceler une forte tendance exogène dans les productions musicales numériques. Souvent, le seul fait sonore ne suffit pas, il est accompagné de mouvements visuels, qui ne sont pas simplement décoratifs ou divertissants, mais dont le rôle fait partie intégrante de la performance musicale. Cet investissement de l'espace visuel et graphique nécessite de nouveaux agents dans la création : designers et développeurs graphiques, spécialistes des lumières et de leur programmation, chorégraphes... deviennent partie prenante du processus de composition.

2.5.3. Interaction par le texte

2.5.3.1. Le live coding

On ne peut pas ignorer ces performances où quelques personnes (parfois une seule), attablées à leurs ordinateurs, les yeux rivés sur leurs écrans, écrivent, dans un langage obscur aux non-initiés, des mots et des signes qui définissent des algorithmes. Elles activent les lignes de code et les modifient ; l'ordinateur exécute les instructions et envoie le résultat aux haut-parleurs dont les membranes vibrent aux rythmes et aux fréquences

encodées : voilà le son. On peut définir le *live coding*²³² (dont on appelle les praticiens « live-codeurs ») par l'exécution d'un programme initial (qui peut être vide) auquel on ajoute des segments de code et les modifie, pendant la performance, sans stopper l'exécution du programme²³³. Cela s'apparente à la musique algorithmique et la composition assistée par ordinateur, mais la spécificité du *live coding* est que les algorithmes sont créés en direct, pendant le concert. L'interaction avec la machine se fait grâce au texte, qu'on écrit au clavier de l'ordinateur. La performance est une improvisation, elle consiste à écrire et modifier un programme de synthèse sonore que l'ordinateur exécute en direct. De nombreux langages de programmation peuvent être utilisés, SuperCollider²³⁴ et ChucK²³⁵ en sont des exemples populaires. Ces langages permettent de définir des fonctions d'ondes et leurs paramètres. Ecrire une ligne de code, c'est définir une structure virtuelle de vibration. Quand on l'exécute, on entend le résultat immédiatement : on définit alors des sortes d'instruments virtuels qui sont joués (virtuellement) par l'ordinateur. Une fois qu'on exécute une ligne de code ou un paragraphe, on n'a plus aucune prise dessus. L'ordinateur exécute l'algorithme et fait entendre le résultat sonore, le « jeu » est automatique. Il faut alors l'arrêter pour la relancer avec d'autres paramètres si on veut la modifier. Selon Wang et Cook, « le code devient un instrument en direct et expressif²³⁶ ».

Les live-codeurs tapent au clavier, un mouvement de doigts minime et à peine visible. La présence scénique du performeur est limitée à son minimum. La plupart du temps, pour compenser cette absence (ainsi qu'un certain aspect occulte qui en découle), le live-

232. L'équivalent français à *live coding* serait « programmation à la volée ». Le terme français étant très peu utilisé, nous préférons employer l'anglicisme.

233. Ge WANG et Perry R. COOK, « On-the-Fly Programming: Using Code as an Expressive Musical Instrument », dans *Proceedings of the 2004 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, éd. par Alexander Refsum Jensenius et Michael J. Lyons, vol. 3 (New York: NIME, 2004), p. 193-210. On peut aussi définir le *live coding* comme la création d'algorithmes en temps réel (Thor MAGNUSSON, « Herding Cats: Observing Live Coding in the Wild », *Computer Music Journal* 38, n° 1 (2014), p. 8-16). Voir aussi David OGBORN, « Live coding in a scalable, participatory laptop orchestra », *Computer Music Journal* 38, n° 1 (2014), p. 17-30.

234. James MCCARTNEY, « SuperCollider: a new real time synthesis language », dans *Proceedings of the 1996 International Computer Music Conference* (San Francisco: International Computer Music Association, 1996), p. 257-258 ; James MCCARTNEY, « Rethinking the computer music language: SuperCollider », *Computer Music Journal* 26, n° 4 (2002), p. 61-68.

235. ChucK, qui s'inscrit dans la lignée des langages MUSIC N de Max Mathews, est un langage très récent, conçu en vue du *live coding*. Voir Ge WANG, Perry R. COOK, et Spencer SALAZAR, « ChucK: A Strongly Timed Computer Music Language », *Computer Music Journal* 39, n° 4 (2015), p. 10-29.

236. WANG et COOK. On peut aussi développer différents environnements de travail pour le *live coding*, voir pour cela Nick COLLINS, « Generative Music and Laptop Performance », *Contemporary Music Review* 22, n° 4 (2003), p. 67-79 ; Till BOVERMANN et Dave GRIFFITHS, « Computation as material in live coding », *Computer music journal* 38, n° 1 (2014), p. 40-53.

codeur projette en grand sur la scène son écran d'ordinateur. Le public peut alors voir défiler les lignes de code que les performeurs écrivent et modifient sans cesse.

Benoît and the Mandelbrots est un groupe de *live coding*²³⁷. Dans leur performance *Bal des Ardents* de 2011, les quatre performeurs sont assis face à face, au milieu du public auquel ils tournent le dos, et au-dessus d'eux s'affiche en grand l'image de l'écran de l'un d'entre eux. Pour signifier la fin de la performance, ils rabattent leurs écrans d'ordinateurs. Leur performance consiste en une improvisation à partir de certaines contraintes sur le matériau sonore (ici, le rythme ternaire et le mode dorien) et la structures (une transition de l'environnement mélodico-rythmique à un univers de bruits) qui sont décidées avant la performance. Les quatre ordinateurs sont reliés à un même réseau, via lequel ils peuvent partager des données et se synchroniser sur une même pulsation. Dans d'autres performances, l'improvisation peut être totale, sans structure décidée d'avance²³⁸.

Le *live coding* est une discipline très jeune²³⁹. Les membres du *Hub* (voir p. 104), lors de leurs concerts, n'utilisait que rarement l'écriture en direct d'algorithmes. Cependant, ils développaient des pièces lors de répétitions où ils codaient des programmes, cela peut donc s'apparenter aux débuts du *live coding*²⁴⁰. Par rapport aux logiciels de création musicale (comme Ableton, Cubase, Logic Pro, Pro Tools...), disponibles dans le commerce, qui proposent dans leurs bibliothèques sonores quantités d'instruments virtuels et de sons déjà préparés, le *live coding* permet d'explorer bien plus en profondeur le design sonore, par sa structure mathématique²⁴¹. La prise de risque est aussi un élément important de la performance, or les logiciels de création musicale sont prêts à l'emploi, ils proposent des « interfaces et des décisions de design fixées²⁴² ». Le *live coding* est une pratique ancrée à la fois dans la musique et dans l'informatique. Générant des performances musicales, il conduit aussi à des recherches et progrès

237. Voir une performance ici : <https://www.youtube.com/watch?v=jlx6KNo5Eok> 34.

238. Pour une démonstration de Andrew Sorensen : <https://www.youtube.com/watch?v=yY1FSsUV-8c> 35.

239. Le *live coding* s'est organisé comme une pratique plus ou moins unifiée en 2004, avec la fondation de l'association Toplab : The (Temporary|Transnational|Terrestrial|Transdimensional) Organisation for the (Promotion|Proliferation|Permanence|Purity) of Live (Algorithm|Audio|Art|Artistic) Programming, qui a notamment édité un court manifeste : <https://toplap.org/wiki/ManifestoDraft> (consulté le 01/07/2019). Les langages utilisés sont eux-mêmes récents : le développement de ChuckK, par exemple, a commencé dans les années 2000.

240. Nick COLLINS et coll., « Live coding in laptop performance », *Organised sound* 8, n° 3 (2003), p. 321-330.

241. COLLINS et coll.

242. COLLINS et coll.

significatifs pour le développement de langages et environnements de programmation (par exemple Miller Puckette avec le développement de Max et Pure Data²⁴³, plus récemment Andrew Sorensen avec Extempore²⁴⁴, ou encore l'environnement Kiwi²⁴⁵). Aujourd'hui encore méconnu du grand public et quelque peu réservée à des milieux de spécialistes et de curieux, le *live coding* tend toutefois à se répandre. Des écoles d'été, des festivals, des ateliers et des forums en ligne très actifs tendent à démocratiser cette pratique et à élargir son public²⁴⁶.

2.5.3.2. Kernel

En dehors du *live coding*, il existe d'autres modes de jeu qui impliquent une interaction avec l'ordinateur par le texte, mais qui répondent à un fonctionnement différent du *live coding* en cela que ce n'est pas l'écriture du code qui permet de jouer, mais l'écriture de paramètres pour faire fonctionner un programme déjà préparé. Kernel est un ensemble d'ordinateurs créé par Kasper Toeplitz en 2007, avec Wilfried Wendling et Eryck Abecassis. C'est un ensemble de musique électronique où l'on produit de la musique en direct en jouant sur des ordinateurs, par le contrôle en temps réel de la synthèse sonore. Ils interprètent la même année la pièce *KERNEL#2*, écrite par Toeplitz. C'est une « étude en bruits et leurs couleurs²⁴⁷ ». Contrairement au *live coding*, il ne s'agit pas d'improvisation : tout est écrit sur partition. La composition et son écriture sur papier impliquent le développement d'un langage : c'est une écriture a priori, Toeplitz écrit en silence, sur la table²⁴⁸. Il dit avoir recours à un métalangage « différent du langage visé »,

243. Miller S. PUCKETTE, « Combining event and signal processing in the MAX graphical programming environment », *Computer music journal* 15, n° 3 (1991), p. 68-77 ; Miller S. PUCKETTE, « Pure Data », dans *Proceedings of the International Computer Music Conference*, 1997 [https://www.researchgate.net/profile/Miller_Puckette/publication/230554908_Pure_Data/links/577c1cca08aec3b743366f5c/Pure-Data.pdf, consulté le 1^{er} juillet 2018].

244. Andrew SORENSEN et Henry GARDNER, « Systems Level Liveness with Extempore », dans *Proceedings of the 2017 ACM SIGPLAN International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software* (ACM, 2017), p. 214-228 [http://extempore.moso.com.au/extras/onward_extempore.pdf, consulté le 1^{er} juillet 2019]. Voir aussi : <https://extemporelang.github.io/> (consulté le 01/07/2019).

245. Eliott PARIS et coll., « Kiwi : vers un environnement de création musicale temps réel collaboratif : premiers livrables du projet MUSICOLL », dans *Actes des Journées d'Informatique Musicale 2017, Paris*, 2017 [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01550190>, consulté le 21 octobre 2019].

246. Voir le site de l'association TOPLAB, qui recense les annonces et les événements (autant académiques que culturels ou commerciaux) dans le domaine du *live coding* : <https://toplap.org/> (consulté le 27/06/2019).

247. <http://www.sleazeart.com/KERNEL.html#kernDoc> (consulté le 04/10/2019). *Kernel#2* est une réécriture complète de la pièce *Kernel*, créée en 2002 pour un autre ensemble instrumental. Le groupe se monte pour la création de cette pièce, il en jouera trois autres : *THE DEEP*, *DUST RECONSTRUCTION* et *Drowning Report*. Il n'est plus actif depuis 2010.

248. Kasper T. TOEPLIZ, « L'ordinateur comme instrument de concert : aussi une question

la composition n'est donc pas un travail sur l'objet sonore directement. Toeplitz note des fréquences, des nuances, des mouvements, de manière textuelle ou graphique. La partition indique un résultat sonore à atteindre, pas les manières de le produire. Chaque performeur utilise ses logiciels (Max/MSP mais aussi d'autres), prépare son ordinateur pour la pièce, et exécute la partition lors du concert. Au clavier et à la souris, on peut donc utiliser les logiciels à la fois par l'écriture de texte (notamment des fréquences) et par la manipulation d'interfaces graphiques.

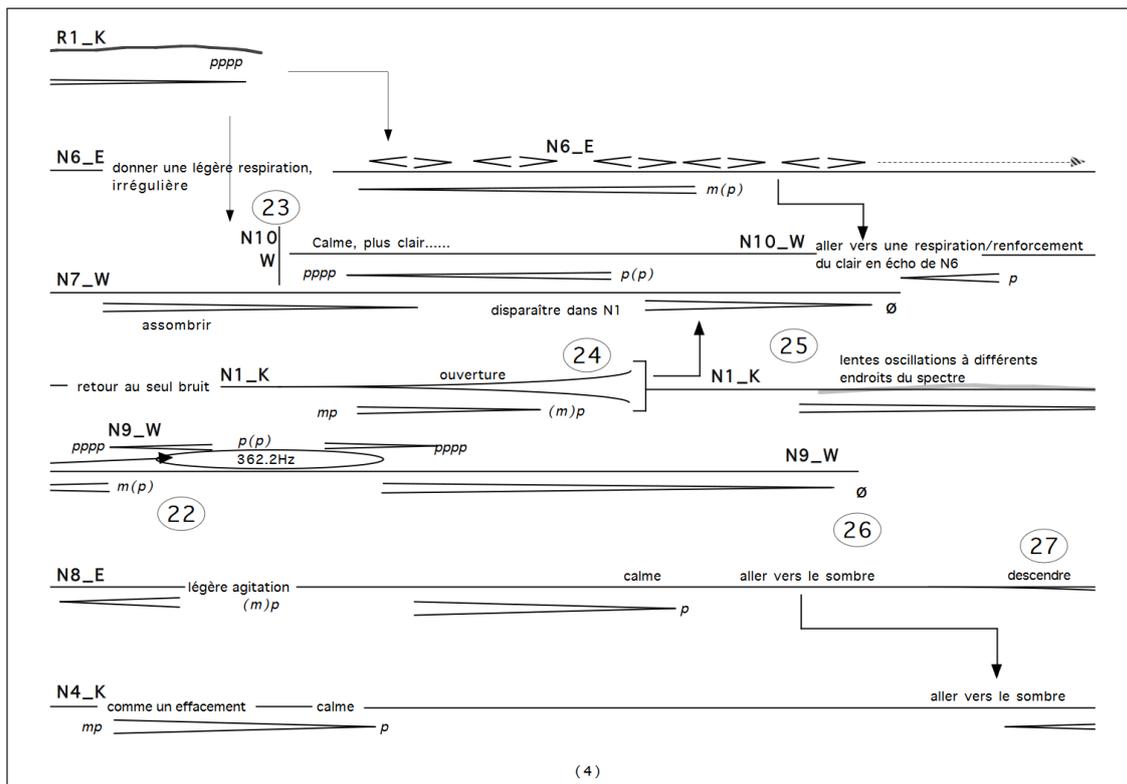


Figure 47 : Extrait de la partition de KERNEL#2²⁴⁹. Les lettres K, E et W font référence aux trois interprètes.

Les membres du groupe disent utiliser l'ordinateur comme un « réel » instrument : pour ces musiciens, cela signifie créer et jouer des sons en direct, et non utiliser des fichiers ou échantillons sonores déjà enregistrés. Ils manipulent l'ordinateur au clavier et à la souris pour définir les fréquences, les durées et autres paramètres des sons. L'ordinateur synthétise les sons et les joue pendant le concert.

d'écriture? », dans *Proceedings of Journées d'Informatique Musicale (JIM2002)*, 2002 [http://jim.afim-asso.org/jim2002/articles/L24_Toeplitz.pdf, consulté le 27 novembre 2016].

249. http://www.sleazart.com/KERNEL_docs/KERNEL2_score.pdf (consulté le 04/10/2019).

Il n'y a aucune intention gestuelle dans ces performances : pour Toeplitz, théâtraliser le geste n'a pas d'importance, car il fait « de la musique et non pas du show²⁵⁰ ». Kernel fait doublement exception dans sa démarche : il ne s'agit pas d'improviser la musique numérique, mais de jouer une pièce écrite sur partition, et sans aucune intention gestuelle.

2.5.4. Bilan (4) : interaction par le texte avec l'ordinateur

Dans ces performances avec ordinateurs, où il n'y a ni interface gestuelle, ni interface graphique, les performeurs sont au plus près de la machine²⁵¹. Ils la font fonctionner en écrivant des algorithmes, soit des instructions codées dans langage de programmation. Elles sont ensuite traduites en langage machine pour être exécutées par l'ordinateur. Le geste des performeurs est celui de l'utilisateur « habituel » de l'ordinateur, celui qui en fait un usage quelconque, autre que musical. Quand l'écran des live-codeurs est projeté pour être visible du public, le but n'est pas tant de proposer une animation visuelle que de donner au public une preuve du travail des performeurs.

A l'issue de la présentation de tous les instruments de notre corpus, observons maintenant comment les performeurs et les artéfacts qu'ils utilisent entrent en relation et participent au processus de création musicale. Nous finirons par examiner de quelles manières évoluent les dispositifs de conservation des œuvres et des instructions qui permettent de les rejouer – ce qui constitue la trace des œuvres.

2.5.4.1. Collaboration entre les personnes

La collaboration entre les personnes s'illustre d'abord au niveau du jeu de la musique. Dans de nombreuses performances, c'est une action collective. Le contrôle du son est partagé entre plusieurs performeurs : tous exercent une certaine influence sur le son. Les différentes sources sonores ne sont pas indépendantes, chacune liée à un musicien, mais elles diffusent le son produit par un système contrôlé collectivement. Ainsi dans la pièce *Human Modular*, le son est influencé par l'action de chacun des performeurs. Dans cette pièce comme dans *ICEBlocks*, même les musiciens jouant des instruments traditionnels

250. TOEPLITZ, Interview Kasper T. Toeplitz.

251. En réalité, l'écriture de code se fait toujours au sein d'une interface graphique. C'est un environnement pour le texte, plus ergonomique qu'un écran noir, et qui permet souvent au performeur d'avoir une sorte de compte-rendu des opérations effectuées par l'ordinateur (ce qui aide à vérifier le bon fonctionnement du code). Néanmoins, les programmeurs n'utilisent l'interface que par l'écriture de texte et non de manière graphique, d'où notre raccourci quand on dit qu'il n'y a pas d'interface graphique.

ne jouent pas (seulement) pour qu'on les entende, mais pour transmettre le résultat de leur jeu (le signal enregistré par leur micro) aux autres performeurs avec ordinateurs, afin que ceux-ci retravaillent les signaux et produisent à leur tour de nouveaux sons. Le produit sonore est le résultat de l'action conjointe de chacun des performeurs. Dans *Connectome*, les différents neurones s'influencent mutuellement. Dans *GhostLine*, le chef d'orchestre collabore avec les performeurs en contrôlant le passage d'une note à l'autre, les quatre performeurs s'occupant d'autres paramètres musicaux et visuels. En *live coding*, quand plusieurs performeurs contrôlent un même processus de production sonore, ils créent collectivement des algorithmes. C'est notamment le cas de Benoît and the Mandelbrots. Dans *DATA_Noise*, la performance ne peut se faire sans la collaboration de la danseuse et de Toeplitz à l'ordinateur. C'est une collaboration non seulement performative, mais surtout une action conjointe pour la fabrication du sonore. Plus précisément, les deux artistes ne se contentent pas de donner un spectacle ensemble, la production musicale dépend intrinsèquement de l'un comme de l'autre.

D'autre part, dans toutes les performances que nous avons étudiées, la collaboration première se situe aussi en amont de la performance, aux moments de la composition et de la création d'instruments, par l'écriture du code : on a toujours une collaboration entre compositeur et développeur (en une même personne ou dans un travail d'équipe). Waisvisz a travaillé avec une équipe complète de développeurs et de techniciens sur l'élaboration de son instrument et de ses performances ; Tanaka a composé *Myogram* avec le programmeur Miguel Ortiz. Sans ces collaborations, ces productions musicales n'auraient pas été possibles. Ce mode de travail où la collaboration est nécessaire est une caractéristique du régime numérique, où le code contient l'information nécessaire à faire exister l'instrument numérique, quel qu'il soit. Parfois, la réalisation d'une pièce nécessite le travail d'un RIM (réalisateur en informatique musicale) ou de graphistes. Nous avons vu aussi que la mise en œuvre de certaines performances multimédias requiert aussi la participation active d'un régisseur lumière (voir 2.4.6.2, p. 162).

Ainsi, de la conception des instruments au jeu de la musique sur scène, les systèmes numériques appellent toujours à une collaboration de différentes personnes.

2.5.4.2. *Collaboration entre objets et personnes*

Parfois, les musiciens décident d'utiliser des ordinateurs non seulement pour synthétiser le son, mais aussi pour qu'ils aient leur propre rôle musical à jouer. Quand un système complexe fait montre de réactions imprévisibles, il semble avoir un

comportement autonome, indépendant du contrôle des musiciens. On prête au système une capacité d'action. Une dynamique particulière est alors introduite entre les technologies numériques et ceux qui les utilisent. C'était notamment une idée qui animait les pionniers de la *League of Automatic Music Composers*, où les performeurs interagissaient avec un système d'ordinateurs en réseau qui pouvait avoir des réactions imprévisibles, du fait de la complexité du système. La même chose se passe dans *Human Modular*, où la chaîne d'ordinateurs peut donner des réponses qui échappent au contrôle des performeurs, ainsi que dans les performances de Sonami avec le Spring spyre. Sonami parle ainsi d'instruments « intelligents²⁵² » : des instruments qui ne répondent pas de manière systématique à un geste donné (comme quand on joue une note en enfonçant une touche de piano) mais qui offrent des possibilités toujours nouvelles – parfois à la surprise du musicien. On parle aussi dans certains contextes de « musiciens virtuels²⁵³ ». Dans une performance d'Adam Vidiksis sur batterie électronique et ordinateur, la batterie est branchée à un programme qui choisit aléatoirement des sons pour chaque tom, dans une gamme de sonorités. Ainsi, la grosse caisse donne toujours un son grave, mais un son qui peut être différent à chaque frappe. Le percussionniste ne sais jamais à l'avance quel son sera joué. L'ordinateur a une certaine forme d'autonomie qu'on lui prête, grâce à un algorithme de hasard. C'est une certaine forme de « collaboration » entre le performeur et l'ordinateur, où chacun est responsable d'une part de la performance : tous les deux (et jamais l'un sans l'autre) déterminent quel son sera joué. Dans le cas des performances avec signaux physiologiques, la « collaboration » est flagrante, elle s'effectue entre le corps du performeur et le système logiciel. Le corps effectue ses mouvements, avec lesquels il contrôle de manière très incertaine la production sonore. Il délègue une grande partie de sa volonté à l'ordinateur. L'instrument est alors vu comme créateur d'imprévu, de jeu et de chance.

C'est donner un pouvoir décisionnel, une « *agency* » au système, que de choisir de ne pas pouvoir tout contrôler. Cette « *agency* » musicale, ou pouvoir d'action, peut se définir ainsi : « l'initiation d'actions musicales qui influencent d'autres actions musicales (quoique réceptives)²⁵⁴ ». On observe alors qu'on prête un rôle actif au logiciel, le

252. D'après un entretien avec Laetitia Sonami par Skype le 10 avril 2019.

253. Roger B. DANNENBERG et coll., « Methods and Prospects for Human-Computer Performance of Popular Music », *Computer Music Journal* 38, n° 2 (2014), p. 36-50.

254. Jin Hyun KIM et Uwe SEIFERT, « Interactivity of digital musical instruments: Implications of classifying musical instruments on basic music research », dans Till Boverman et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century* (Singapour: Springer, 2017), p. 79-94.

musicien se sentant interagir avec un système informatique comme s'il jouait avec un autre performeur. On parle alors parfois des logiciels comme des « co-performeurs²⁵⁵ ». Ces interactions sont décrites dans l'article de Bown, Eldridge et McCormack, qui désignent les nouveaux instruments numériques par le terme de « *behavioural objects* » : des objets qui ont leur propre comportement. Ce sont des « morceaux de logiciels interconnectés²⁵⁶ » qui sont caractérisés par un certain degré d'autonomie en performance. Ils disposent d'un pouvoir d'action, une « *performative agency* ». Cette capacité vient du fait que le système informatique, l'ordinateur et ses logiciels, peut avoir des réactions qui lui sont propres et qui ne sont pas dues au contrôle des performeurs. D'où l'idée de « collaboration » entre ordinateur et performeur, idée venant des performeurs eux-mêmes, mais qu'il faut cependant comprendre dans un sens métaphorique. L'action des logiciels n'est jamais une action performative volontaire, mais le résultat de calculs réalisés par des machines, eux-mêmes déterminés par la manière dont ils ont les algorithmes ont été implémentés.

C'est d'ailleurs le propre des systèmes numériques interactifs en général. Drummond définit justement l'interactivité sur ce principe :

Un système interactif a un potentiel de variation et d'imprédictibilité dans sa réponse, et en fonction du contexte, il pourrait bien être considéré plus comme une composition ou improvisation structurée que comme un instrument²⁵⁷.

C'est ainsi que les systèmes interactifs « dissolvent les distinctions traditionnelles entre la composition, la fabrication d'instruments, le design des systèmes et la performance²⁵⁸ », comme nous l'avons déjà vu plus tôt (voir 2.4.6.2, p. 162). Ce à quoi Bown ajoute une capacité « mémétique » des instruments logiciels (*memetic agency*), ce qui, au-delà de l'action des logiciels lors d'une performance, désigne la capacité des instruments à exercer une influence sur les tendances musicales au cours du temps.

Selon Thomas Patteson, ce sont « de nouvelles manières de penser l'instrumentalité en tant que telle²⁵⁹ ». Cette idée n'est cependant pas propre au numérique. On peut la faire

255. BOWN, ELDRIDGE, et MCCORMACK, « Understanding Interaction in Contemporary Digital Music ».

256. *Ibid.*

257. Jon DRUMMOND, « Understanding Interactive Systems », *Organised Sound* 14, n° 2 (2009), p. 124-133.

258. BOWN, ELDRIDGE, et MCCORMACK, « Understanding Interaction in Contemporary Digital Music ».

259. PATTESON. p. 7.

remonter à John Cage, qui décrit une « musique de contingence [*music of contingency*]²⁶⁰ » caractérisée par une rupture entre les causes et les effets. Dans *Imaginary Landscape no. 4* (1951), pour 12 radios, le volume et le réglage fréquentiel des radios sont déterminés par la partition, mais le son est laissé au hasard de la diffusion des chaînes de radio. L'aléatoire vient de l'instrument utilisé. « L'instrument apparaît comme un organisme plutôt qu'une machine : il n'est pas neutre et passif, mais capable d'une réponse et peut-être même de penser²⁶¹ ». Pour Patteson, l'instrument s'étend à un objet ou système créateur de hasard, provocateur de chance. D'où une certaine idée d'« organisme » : il dispose d'une certaine indépendance, d'une activité propre, et Patteson va jusqu'à parler de capacité de penser. Bien sûr, les machines ne réagissent qu'en fonction de la manière dont elles ont été construites. Une capacité de penser peut être envisagée dans les systèmes qui utiliseraient l'intelligence artificielle. L'utilisation du *machine learning* par exemple, permet à un programme informatique d'apprendre à reconnaître des éléments et à les classer en catégories, en fonction d'un jeu de données qu'on lui donne pour la phase d'apprentissage.

L'attrait pour le caractère imprévisible des systèmes informatiques et électroniques s'illustre notamment dans le style « glitch » : une esthétique qui joue avec les dysfonctionnements, les saturations, des grincements incontrôlés, recherchés dans une attitude expérimentale témoignant d'un goût pour l'imprévu²⁶².

2.5.4.3. *Collaboration entre objets*

Dans les performances avec interfaces gestuelles, trois entités (ordinateur, interface gestuelle et haut-parleurs) fonctionnent ensemble pour former un instrument. Dans les performances complexes, ce sont encore plus d'outils différents qui, tous connectés, permettent de faire de la musique. Ces différents objets, outils, ordinateurs, forment un système au sein duquel chacun joue un rôle. Cela définit des modes de coopération entre artefacts qui sont nouveaux. Certes, les instruments acoustiques peuvent aussi se composer de plusieurs objets : le violon et son archet, un xylophone et ses mailloches. Tous sont essentiels pour la production sonore, et le son est produit via leur interaction physique. C'est le choc des baguettes sur les lames du xylophone ou le frottement de l'archet sur les cordes qui fait le son. Mais en régime numérique, les différentes entités

260. PATTESON citant Cage, interview de 1980.

261. PATTESON, p. 7.

262. Thor MAGNUSSON et Enrike HURTADO, « The phenomenology of musical instruments: a survey », *eContact* 10, n° 4 (2009).

sont connectées par des liens informationnels : elles communiquent en s'envoyant des signaux numériques, par des câbles ou bien par un réseau. Autrement dit, elles interagissent de manière non physique mais informationnelle. C'est un nouveau type d'interaction entre les différents objets.

Nous avons aussi des performances multimédias où un support visuel joue un rôle prépondérant : un écran, une vidéo ou des éclairages participent au système global de performance. Le visuel « collabore » avec le sonore pour former une performance musicale particulière, qui prend son sens non seulement dans le son produit, mais dans l'environnement complet, sonore et visuel, mettant en place un phénomène de délégation du geste (voir 2.5.2.2, p. 184). Dépassant la collaboration de trois entités, c'est aussi une collaboration entre les supports visuels et le reste des outils et ordinateurs qui permet la performance.

D'autre part, de nouveaux modes de collaboration émergent entre instruments classiques et ordinateurs : de nouvelles manières de les faire jouer ensemble. C'est le cas de tous les instruments mixtes, où l'instrument acoustique et le traitement numérique s'allient pour former un hyper- ou smart-instrument (voir 2.4.4.2, p. 146). On a aussi pu observer un certain nombre de configurations mixtes, où se mêlent ordinateurs et instruments acoustiques, comme dans *ICEBlocks*, mais on pourrait aussi citer une multitude d'artistes contemporains des scènes pop actuelles, par exemple Chapelier Fou, qui utilisent à la fois des instruments acoustiques et des instruments électroniques et numériques. Alors qu'on peut distinguer qui joue quoi dans un duo d'instruments acoustiques, en numérique les sources se mélangent et on ne sait pas qui fait quoi. Par exemple, dans la pièce *Suspensions* de Tanaka, on ne sait parfois plus d'où vient le son, si c'est du piano ou de l'effet de la BioMuse. L'ensemble résulte de la collaboration de deux instruments, joués par le même performeur.

2.5.4.4. *Trace et œuvre*

Avec tous les instruments numériques s'effectue un changement majeur au niveau de la trace. La trace est l'ensemble des indications permettant la restitution d'une œuvre (voir p. 64). Dans la tradition occidentale classique, c'est la partition qui joue le rôle de trace, et donc assure l'existence de l'œuvre et sa persistance dans le temps. Dans les situations numériques, parfois il n'existe pas de partition, d'autres fois on a des instructions sous forme de texte ou de schéma décrivant les gestes et actions à effectuer. L'enregistrement vidéo est parfois le meilleur moyen de transmettre les gestes, plus efficace qu'une

partition, et à défaut de pouvoir profiter de la présence du compositeur. Pour qu'une pièce puisse perdurer dans le temps et être rejouée, il est nécessaire de conserver et transmettre à la fois le logiciel et les instructions écrites ou orales du compositeur, et parfois aussi un enregistrement vidéo de la performance. Et même dans les cas où il existe une partition précise (*Le Patch Bien Tempéré III*, les performances de Kernel), elle doit être accompagnée des patches ou du logiciel de synthèse sonore pour que l'œuvre puisse être interprétée. Ainsi, lorsqu'il s'agit d'analyser ensuite ces musiques, l'étude du code informatique est aussi essentielle que celle de la partition. Dans l'étude de *Jupiter* de Manoury, Frédéric Dufeu montre que la partition seule est insuffisante à livrer la pièce²⁶³. Le code avec sa liste de paramètres est tout aussi important.

Le logiciel contient les algorithmes permettant de synthétiser le son. Il peut aussi contenir la structure de la pièce. Il joue le rôle de trace non seulement pour la structure temporelle qu'il peut conserver, mais aussi parce qu'il représente en lui-même une partie de la composition musicale : avec l'écriture du logiciel, l'instrument et la pièce sont composés conjointement (voir 2.4.6.2, p. 162). Ainsi, l'exécution d'une pièce nécessite de disposer du matériel physique (l'interface), du texte-partition s'il en est, et du code logiciel. Le programme informatique a donc le double rôle d'instrument et de trace. Pour le compositeur Paul Lansky, les algorithmes jouent le rôle de morceaux de partition :

[II] considère ses algorithmes [...] comme faisant partie intégrante de la composition [...]. De cette manière, ils peuvent être considérés comme des partitions partielles décrivant les œuvres, ou plus couramment, des parties de l'œuvre et des manipulations timbrales spécifiques²⁶⁴.

Ses algorithmes permettent une description non pas du résultat sonore, mais de la manière informatique de le générer.

Dans les performances de *live coding*, les performeurs écrivent le code en direct, ils modifient continuellement leur texte pendant la performance. L'idée n'est donc pas d'enregistrer le code pour garder une trace de la performance. Il ne reflèterait de toute façon que le son produit à un certain moment du concert. Si les live-codeurs peuvent

263. Frédéric DUFEU, « L'instrument numérique comme objet d'analyse des musiques mixtes », dans *Proceedings of Journées d'Informatique Musicale (JIM2010)*. Rennes, 2010 [<http://jim.afim-asso.org/jim10/10/actes/83dufeu.pdf>, consulté le 21 juin 2019].

264. Andrew R. BROWN, « Composer Views: Context in the use of computers for musical composition », *Actes des Journées d'Informatique Musicale*, Toulon, 1998 [<http://eprints.qut.edu.au/6201/>, consulté le 21 novembre 2016].

s'aider d'un schéma de base sur lequel ils s'appuient pour développer une performance, il s'agit d'une improvisation, chacune est unique. Mais il n'y a aucune trace de la performance, sinon un enregistrement sonore ou vidéo qui peut servir de mémoire mais qui ne permet pas sa reconstitution.

Ainsi, la manière de conserver une trace d'une performance, d'une œuvre, est nouvelle : le code logiciel est une trace, ou du moins, constitue une partie fondamentale de la trace d'une performance numérique.

2.6. Conclusion : un nouveau paradigme

Tous les instruments, systèmes et dispositifs présentés au cours de ce chapitre, caractérisés par la conception et le traitement numérique et algorithmique du son, entraînent de nouvelles conduites artistiques. Les processus d'élaboration des instruments, les manières de composer et de jouer, ainsi que les configurations musicales sur scène sont nouvelles, et ne correspondent plus au paradigme acoustique. Ce modèle, lié aux instruments de musique acoustiques, implique des instruments qui sont des objets localisés, manipulés par des musiciens de manière directe et produisant du son grâce à leurs gestes experts. Les musiciens fournissent un certain effort physique dans le jeu. La maîtrise d'un instrument requiert un apprentissage technique et stylistique. Les communautés de musiciens sont garantes des traditions et s'échelonnent en divers niveaux, de débutant à virtuose. Le paradigme acoustique implique aussi des facteurs d'instruments (et, par extension, des compositeurs) qui ont des rôles distincts de celui des instrumentistes. Or, nous avons vu que les méthodes de conception des instruments et systèmes numériques sont nouvelles et font appel à des techniques complètement différentes de celles des luthiers et facteurs d'instruments acoustiques ou électroniques ; aussi les manières de composer et de jouer avec ces instruments brouillent les schémas traditionnels et dessinent des rôles nouveaux.

Les instruments numériques requièrent l'électronique en premier lieu : le numérique s'est greffé sur un terrain électronique, nécessaire pour le développement des ordinateurs. Les instruments de musique électroniques avaient déjà commencé à remettre en cause certains aspects du paradigme musical acoustique. En effet, la rupture de la transmission de l'énergie du corps au son est consommée avec les instruments électroniques : le lien entre le musicien et son instrument n'est pas aussi direct qu'en situation acoustique. Mais

le numérique va plus loin : avec la programmation, c'est un nouveau rapport au son qui s'installe. Sa construction et son contrôle passent par des algorithmes, qui sont des opérations mathématiques et logiques permettant à l'ordinateur de synthétiser des signaux. En plus de l'électronique, les mathématiques et l'algorithmique deviennent les compétences nécessaires pour développer un instrument ou composer une pièce.

Au fur et à mesure de la présentation des nouveaux instruments numériques et des performances qu'ils permettent de réaliser, nous avons décrit les nouveautés qui les caractérisent et qui se mettent en place dans les situations où l'on en fait usage. Elles concernent la constitution des artefacts, la manière d'interagir avec les systèmes, le rôle du corps dans la performance et les rôles des différents acteurs de la musique et leurs collaborations, les manières de mettre en scène les performances, et enfin, la manière dont les œuvres sont conservées.

Chez les instruments qui fonctionnent avec des interfaces gestuelles, nous avons mis en évidence les rôles de trois entités essentielles qui composent l'instrument, qui sont l'interface de contrôle, le logiciel et les haut-parleurs. Certaines de ces interfaces utilisent la captation de signaux physiologiques sur le corps des performeurs pour fonctionner, d'autres font usage d'instruments acoustiques (dans les situations de musique mixte). Le rôle du corps est revisité : ses mouvements ne sont pas contraints par la mécanique d'un instrument acoustique, mais ils sont rendus possibles par la forme de l'interface et efficaces par l'agencement de ses capteurs et l'utilisation des signaux par le logiciel. Les mouvements corporels sont alors composés en même temps qu'est conçue l'interface et son logiciel. D'autres dispositifs sont des systèmes complexes et multimédias, avec lesquels les performeurs interagissent grâce à des interfaces graphiques, au clavier et à la souris. Ils font preuve d'une recherche performative visuelle, le sonore s'accompagne d'un média visuel qui est généré par les mêmes processus que ceux qui contrôlent le son. Ainsi, tous les paramètres visuels (gestes physiques, projections lumineuses ou vidéos) sont pensés à l'avance – ils sont composés. Contrairement à une scène de musique acoustique, dans laquelle l'aspect visuel est subordonné au jeu de la musique, ces performances présentent un facteur visuel qui doit être réfléchi. Parfois, les performeurs interagissent avec leurs ordinateurs par l'écriture d'algorithmes en situation de scène. Toutes ces configurations de performances numériques mélangent les rôles des différents acteurs de la musique. Compositeur, facteur d'instruments, interprètes, ne sont plus trois personnes distinctes, car la composition et la facture de l'instrument se superposent dans

la conception logicielle de l'instrument. Ce qui conduit à de nouveaux types de collaboration : des collaborations entre différents corps de métiers, qui souvent s'hybrident, mais aussi entre performeurs, qui parfois contrôlent collectivement un système complexe. Les systèmes complexes sont issus de l'assemblage de divers appareils connectés, formant ensemble un instrument complexe et multimédia, et ces systèmes informatiques peuvent produire des éléments sonores qui échappent au contrôle des performeurs, d'où l'idée de « collaboration » entre les machines et les musiciens pour la production musicale en performance. Les surfaces de contrôle et les logiciels de création musicale, qui sont commercialisés, permettent cependant de se passer du travail de programmation, bien qu'il soit toujours possible. Ces derniers se situent en marge de notre corpus, en cela qu'ils ne se présentent pas sur scène mais constituent des studios virtuels pour la création et l'édition de musique fixée sur support. Il demeure que pour les performances, la trace que l'on peut en conserver est toujours au moins en partie constituée par un code logiciel.

Ainsi les méthodes sont nouvelles : le principe de production musicale repose sur les algorithmes, donc sur une construction informationnelle des signaux contrôlée par des données extérieures (données issues des captations de gestes), et non sur les comportements physiques des matériaux (instruments acoustiques) ou de circuits électroniques (instruments électroniques). En place d'un assemblage subtil de matériaux (bois, cordes, peaux...) ou de composants électroniques, c'est un design informationnel, logiciel, qui conduit la conception d'instruments de musique. Le principe et les méthodes sont donc nouveaux. La manière de considérer l'instrument, comme un artéfact *composé* (et même doublement composé : constitué de plusieurs entités, d'une part, et d'autre part qui porte en lui-même une partie de la composition musicale), est radicalement nouvelle et propre aux systèmes numériques.

Toutes ces considérations nous conduisent à déduire qu'il s'agit bien d'un nouveau paradigme, qui caractérise les performances musicales où l'on fait usage d'instruments numériques. On peut synthétiser ce paradigme ainsi : la musique est produite par des dispositifs numériques et algorithmiques (qui sont des systèmes complexes et composés), restituée par des haut-parleurs, contrôlée au moyen d'interfaces gestuelles (le geste n'est pas nécessairement expert) ou graphiques (grâce à la souris et/ou au clavier), ou bien directement par le texte, dans un langage de programmation. Parfois, la conception des instruments s'apparente à la composition et s'occupe aussi de la mise en scène.

Ce nouveau paradigme ne vient pas remplacer le paradigme acoustique, qui caractérise le jeu musical sur instruments acoustiques (et même sur instruments électroniques). Ces deux approches différentes ne sont pas mutuellement exclusives, elles coexistent l'une à côté de l'autre et parfois aussi se mélangent dans une performance. De nombreux cas existent où les instruments acoustiques et le développement numérique se combinent. Le cas des instruments mixtes est exemplaire (voir 2.4.4.2, p. 146), mais cela concerne aussi de nombreuses scènes de musiques actuelles où des artistes combinent ordinateurs et instruments acoustiques amplifiés (Chapelier Fou par exemple, qui lance des sons électroniques depuis un ordinateur et joue du violon²⁶⁵). D'autre part, le paradigme numérique ne révolutionne pas notre connaissance ou nos conceptions de la musique et des performances. Il ouvre cependant une nouvelle aire de création, avec des nouveaux genres de performances possibles. Aussi, le paradigme numérique décrit ici comprend des systèmes dont nous n'avons pas encore étudié s'ils sont réellement des instruments de musique.

Il ne s'agit donc pas strictement d'un changement de paradigme épistémologique, au sens où Kuhn l'entendait. Le paradigme numérique ne constitue pas un modèle épistémique ni n'exerce une fonction normative dans la musique. Il ne révolutionne pas les connaissances, mais il permet de décrire l'émergence de nouvelles méthodes, de nouveaux principes de développement des instruments et des performances. C'est une nouvelle manière de concevoir les objets et de les fabriquer qui prend une place grandissante, et qui implique de nouveaux types d'interactions entre les objets, entre les objets et les personnes, et entre les différentes personnes à l'œuvre dans la musique, et de nouvelles manières de penser les instruments en tant qu'entités complexes, parfois multimédias, parfois intégrant le corps d'un performeur, et parfois possédant une part d'autonomie. La production de performances est aussi considérée d'une nouvelle manière. Une élaboration de la scène s'effectue, par les gestes ou par d'autres éléments visuels. L'aspect visuel des performances est pensé dès la conception des instruments. La trace des œuvres n'est pas une partition, elle ne peut pas être seulement un document écrit ou graphique, elle doit être (au moins en partie) logicielle. Finalement, d'un changement technologique – l'adoption du numérique – de nouveaux genres de productions musicales se sont développés, faisant émerger un nouveau paradigme. C'est le paradigme des

265. Voir <https://chapelierfoumusic.com/fr/video/darling-darling-darling/> 36.

systèmes numériques des performances musicales, dont on veut à présent savoir : sont-ils de véritables instruments de musique ?

Nous avons jusqu'ici exploré les définitions de l'instrument de musique et les études théoriques de la performance musicale. Nous avons ensuite présenté les instruments numériques, analysé leur fonctionnement et décrit les performances musicales auxquelles ils donnent naissance, et nous avons pu constater à quel point celles-ci sont diverses. Les positions de l'ordinateur sont variées, et les utilisations qu'on en fait transforment de différentes manières les performances, les actes du compositeur et du performeur. Les gestes engagés sont aussi variés que les modèles de sources sonores, allant de la synthèse en temps réel à la lecture d'échantillons enregistrés en passant par le traitement en direct ; nombreuses aussi sont les manières de contrôler des systèmes parfois disséminés dans l'espace – mais dont le cœur est toujours logiciel. Le point commun qui unit tout notre corpus est bien ce cœur numérique, le programme informatique, hébergé sur un ordinateur ou parfois embarqué, et caractérisé par le stockage et le traitement d'une information codée sous forme binaire, avec des processus calculatoires qui régissent la production des signaux sonores. Si chacune des performances que nous avons présentées paraît être un cas particulier, elles ont toutes en commun ce fonctionnement informatique, et elles reflètent à quel point le domaine des performances musicales numériques est vaste et foisonnant. Nous avons tenté de couvrir l'étendue de ce champ d'étude en choisissant de nombreux exemples variés. Nous avons ensuite mis en évidence les profonds changements apportés par les outils et instruments numériques dans les performances musicales, depuis leur préparation et composition, jusqu'à leur conservation, en passant par leur accomplissement sur scène, ainsi synthétisant l'apport général du numérique dans les actes et les configurations musicales. Cela définit le paradigme numérique.

Nous l'avons maintenant montré, les systèmes numériques et les performances où ils se donnent à voir et à entendre proposent quelque chose de nouveau dans la musique, qui contredit et dépasse les définitions que nous avons présentées en première partie. Cet ensemble de nouveautés appelle une révision de la définition de l'instrument de musique. Le troisième chapitre va tenir compte à la fois des données théoriques du premier chapitre et des apports factuels et critiques du deuxième, pour proposer une synthèse et chercher une nouvelle manière d'aborder la définition de l'instrument de musique, ce qui nous conduira aussi à mieux saisir la nature et les enjeux de ces nouvelles performances.

Troisième chapitre :

**Repenser l'instrument de
musique et les performances
numériques**

3. Repenser l'instrument de musique et les performances numériques

Nous avons précédemment décrit et analysé notre corpus d'instruments et de performances numériques* et explicité les changements générés dans les différents moments et instances de la musique que sont la composition musicale, la conception des instruments et leur fonctionnement, et les situations de performance. Toutes ces transformations font émerger ce que nous avons appelé un nouveau paradigme, qui se distingue du fonctionnement acoustique de la musique. Les définitions traditionnelles de l'instrument de musique sont remises en cause, tout comme les conceptions classiques de la performance musicale. Nous allons à présent revenir sur le problème de la définition des instruments de musique en considérant les transformations apportées par les technologies numériques. Nous allons être amenés à revoir nos manières d'appréhender l'instrument de musique, et ainsi à en composer une nouvelle définition. Cela se fera conjointement avec l'étude esthétique des performances musicales, puisqu'elles sont le principal terrain de vie des instruments. Après une réflexion sur le statut ontologique des instruments numériques, nous nous pencherons sur les nouveaux enjeux et les nouvelles dynamiques qui les caractérisent, et enfin, nous considèrerons les performances numériques dans ce qu'elles proposent de nouveau, au niveau de la constitution des œuvres et de l'expérience qu'en font les musiciens et leurs publics.

Notre conviction est que, devant les instruments numériques, il convient d'adopter une nouvelle approche : *penser l'instrument de musique autrement*. Il s'agit de mieux définir une catégorie qui admet en son sein des transformations, les transformations que l'on observe chez les instruments numériques – tout en conservant un socle de signification commun à tous les instruments de musique. Nous chercherons ensuite à examiner de quelles manières les performances musicales et les œuvres sont impactées par l'usage des instruments numériques : quels éléments, dans leur manière d'être, se trouvent transformés ? Ces transformations conduisent-elles à définir de nouvelles croyances et représentations sur les performances, sur les rôles des musiciens ? Nous verrons que les performances musicales numériques entretiennent un nouveau rapport au temps et à l'espace de la scène. Nous détaillerons finalement quels genres de performances et d'œuvres les instruments de musique numériques permettent de créer.

3.1. Reconsidérer l'approche de l'instrument de musique

Nous avons constaté que de multiples instruments et outils numériques pour la musique existent, et que dans certains contextes, on en parle comme des instruments de musique. Nous avons mis en évidence d'une part l'opposition entre les dispositifs numériques pour la musique et les définitions « classiques » de l'instrument de musique, et d'autre part, l'insuffisance de nombre des définitions inclusives à considérer avec justesse les nouvelles performances numériques. Nous allons maintenant procéder à une mise au point conceptuelle : peut-on en effet parler d'instruments de musique pour les instruments numériques ? Si oui, à quelles conditions, et comment redéfinir alors l'instrument de musique ?

En tenant compte à la fois des nouvelles configurations numériques, de ce qu'elles apportent dans les pratiques musicales, et d'une intuition de sens commun sur ce qu'est l'instrument de musique, nous chercherons à actualiser la définition de l'instrument de musique. Il s'agira de réfléchir à une juste manière de différencier, parmi les instruments de notre corpus, ceux qui peuvent réellement être des instruments de musique de ceux qui ne le sont pas, et pour les premiers, de quelles manières ils peuvent être instruments de musique. La révision des critères définitionnels précédemment énoncés devrait nous permettre de mettre en évidence les changements majeurs qui transforment non seulement les instruments de musique, mais aussi les performances musicales.

3.1.1. *Engagement ontologique*

Nous sommes partis du présupposé que l'instrument de musique existe : pas seulement dans nos manières de parler ou de penser la musique, mais comme une catégorie d'objets permettant de jouer de la musique ; des objets variés, qui existent partout où la musique existe, c'est-à-dire partout où l'homme vit en quelque communauté sociale. Nous avons ainsi adopté une ontologie populaire, une ontologie de sens commun qui accorde du crédit au langage. Cela revient à reconnaître que le langage dit quelque chose du monde. Cela constitue notre (premier) engagement ontologique : notre théorie ne tiendrait pas s'il n'existait pas une catégorie dont les éléments sont les instruments de musique. Il semble naturel à chacun que cette catégorie corresponde à des objets réels, qu'elle comprenne des éléments connus (la guitare, le tambour, le xylophone, l'orgue, la

cornemuse...), moins connus (le Hang, voir Figure 1, p. 22), plus étranges (le thérémine ou la Marble Machine de Martin Molin¹) ou étrangers (des instruments lointains et exotiques pour nos yeux et oreilles occidentales, comme le erhu², instrument traditionnel chinois). Ce sont des objets connus par l'expérience.

En marge de ce présupposé, nous observons une collection de situations musicales et de performances qui mettent en scène de *nouveaux* objets, dont on ne sait pas, de prime abord, si on peut les inclure dans cette catégorie que l'on croit connaître, la catégorie des instruments de musique. Nous voulons déterminer, dans cette troisième partie, si ces éléments (ou lesquels de ces éléments) peuvent à juste titre entrer dans la catégorie des instruments de musique. Or, devant la question de savoir si les ordinateurs et les instruments numériques sont des instruments de musique, les croyances communes sont confuses – ou bien elles n'existent pas. Certaines configurations nous poussent à dire non, d'autres oui. On peut en tout cas observer que dans de nombreuses situations musicales, on utilise les nouveaux outils numériques sans les nommer, évitant de s'engager dans l'une ou l'autre voie ; d'autres fois on considère ces instruments comme des instruments de musique sans plus d'examen.

A priori, deux partis sont possibles : on peut refuser l'identité d'instrument de musique aux instruments numériques ou on peut la leur accorder. La première option revient à accepter la définition traditionnelle d'instrument de musique comme définitive. Les conditions essentielles définissant l'instrument de musique telles qu'énoncées notamment par Cadoz et Sève font autorité et ne souffriront pas d'être contredites. L'instrument de musique doit donc, selon ces définitions, être un objet manipulé de manière gestuelle par un musicien, celui-ci transmettant une partie de son énergie physique à l'instrument pour le mettre en vibration, et ainsi produire et rayonner l'énergie sonore. Si l'on suit ce raisonnement, les instruments numériques (ainsi que les instruments électroniques avant eux) doivent créer une nouvelle catégorie et se définir sous un autre nom.

La seconde option revient à accepter d'élargir la catégorie des instruments de musique, et donc à réfuter le fait que la transmission continue de l'énergie du corps au son en est une condition essentielle, ainsi que le contrôle direct ou le fait que l'objet manipulé par le musicien produise du son directement sous ses gestes. On repousse ainsi

1. A voir et à entendre ici : <https://www.youtube.com/watch?v=IvUU8joBb1Q> 37.

2. A voir et à entendre ici : <https://www.youtube.com/watch?v=dhic2cE57iM> 38.

les frontières de l'instrument de musique, dont il faut alors adapter les critères de définition. En effet, il faut aussi savoir où s'arrêter : le risque serait d'inclure dans la catégorie toutes sortes d'objets touchant à la musique, diluant alors ce que l'on sait déjà de l'instrument de musique dans un vaste ensemble mal défini. On veut éviter ici de perdre l'identité de ce qui fait l'instrument de musique « depuis toujours » : le « jeu » de la musique, qui est différent du jeu automatique de la machine, le *playback*. On peut jouer un disque (ou plutôt *faire jouer* un disque par un appareil, c'est le *playback* : appuyer sur un bouton puis laisser faire), mais on *joue* aussi d'un instrument, et ces deux « jouer » sont différents. Or, cette différence disparaît si l'on considère également le lecteur mp3 ou le patch* comme des instruments de musique. Cette seconde possibilité implique ainsi la responsabilité d'identifier correctement la catégorie des instruments de musique, et donc de bien en réadapter la définition pour y poser de nouvelles limites.

Ainsi, il faut choisir entre ces deux possibilités : former une nouvelle catégorie ou redéfinir l'instrument de musique. Et c'est vers cette deuxième option que nous allons nous tourner, car elle nous semble être au plus proche de l'expérience : de nombreux dispositifs numériques s'invitent parmi les instruments de musique, malgré les hésitations et les réticences. Critère par critère, nous tenterons alors de mesurer jusqu'où l'on peut adapter les conditions qui définissent l'instrument de musique, en gardant à l'esprit la mesure du sens commun et en ayant connaissance des pratiques musicales numériques actuelles. L'intuition de sens commun semble dire qu'un instrument de musique est un artéfact fabriqué pour produire des sons sous l'action et le contrôle d'un musicien. Cette intuition n'est cependant pas suffisamment claire pour permettre un jugement avisé. Nous tenterons donc de « faire parler » le sens commun, pour expliciter de quelles manières peuvent se décliner les notions d'action et de contrôle. Nous conservons ainsi une approche descriptiviste, mais nos révisions seront parfois amenées à contredire certains musiciens ou à en surprendre d'autres.

Rappelons que l'instrument de musique appartient à une tradition millénaire, ou plutôt à des traditions millénaires. Chaque société s'est dotée d'instruments, a construit ses propres pratiques musicales, toujours imbriquées dans des pratiques sociales, religieuses ou rituelles, rythmant la vie en accompagnant ses événements quotidiens et extraordinaires. L'instrument de musique est tout d'abord un objet dont les propriétés physiques permettent la production et le contrôle du son par l'utilisateur, grâce à ses gestes

corporels. La tradition de l'instrument, constitutive de la tradition musicale, est d'abord acoustique : pendant des siècles, les pratiques musicales n'étaient peuplées que de voix humaines et d'instruments acoustiques. Mais les temps modernes ont vu l'électricité et l'électronique ouvrir de nouveaux horizons, de nouvelles zones à explorer, puis notre époque contemporaine a intégré et transformé cette nouvelle lumière en ouvrant le champ du numérique, avec tous ses outils et ses ordinateurs. De là sont nées de nouvelles pratiques musicales, qui changent de manière radicale les manières de composer, de jouer, et même de penser la musique. Ces changements sont sans doute à la mesure de ce que les outils numériques du quotidien ont transformé dans nos manières de vivre – pensons seulement aux téléphones portables, aux GPS, aux moyens d'information et de communication, aux algorithmes* qui transforment notre expérience du monde³.

Alors la tradition de l'instrument de musique se redéfinit, et *c'est justement lorsqu'elle change que l'on réalise ce qu'elle a toujours été*. C'est aujourd'hui que l'on s'aperçoit de l'évidence d'une tradition que l'on appellera « acoustique », alors même qu'elle est remise en cause par de nouveaux systèmes électriques, électroniques et enfin, numériques. La majeure partie des définitions de l'instrument de musique présentées dans le premier chapitre sont très récentes. Avec les systèmes musicaux numériques, un tournant suffisamment radical se produit pour qu'il puisse à la fois projeter une nouvelle lumière sur une tradition millénaire, si évidente qu'elle avait à peine besoin d'être dite, et la transformer profondément, jusqu'à provoquer un changement ontologique.

La musique est toujours là, mais autre. On la joue, mais différemment. La tradition acoustique de l'instrument de musique a été finement analysée par Bernard Sève, dont nous avons rapporté les idées en première partie (voir 1.1.3.2, p. 40). En plus d'explorer la situation des instruments au cœur de la musique, il établit une classification « des objets techniques délivrant de la musique⁴ », et en ce qui concerne la catégorie des instruments de musique, il propose des critères permettant de la définir. Cependant, son étude ne cherche pas à établir d'analyse des instruments électroniques et numériques. L'ordinateur a frappé à la porte de la catégorie des instruments de musique, il a été ici rejeté (par Sève, par Cadoz), là accepté (par Toeplitz ou les live-codeurs). Mais les situations numériques, nous l'avons vu dans le deuxième chapitre, ne se limitent pas à un seul ordinateur. Elles construisent des systèmes plus complexes, comprenant l'ordinateur mais aussi d'autres

3. Pierre LEVY, « Le medium algorithmique », *Sociétés* 129, n° 3 (2015), p. 79-95.

4. SEVE, *L'instrument de musique: une étude philosophique*, p. 20.

supports pour accueillir des gestes et des supports visuels. La musique est ainsi jouée, et nous pensons que certains de ces systèmes permettant de la produire lors de performances *peuvent être considérés comme instruments de musique*, mais sous certaines conditions. Nous chercherons à identifier ces conditions grâce à l'analyse des pratiques musicales contemporaines et grâce à une réflexion sur les intuitions communes. La musique établit ses pratiques, le sens commun les accueille avec plus ou moins de scepticisme. Les nouvelles pratiques s'opposent en tout cas à un certain nombre de critères appartenant aux théories classiques, qu'il faudra revoir en conséquence.

Constatant que des instruments numériques ont fait leur place dans les pratiques et performances musicales et qu'on en parle parfois comme des instruments de musique, nous partons donc de l'hypothèse que les instruments de musique numériques sont possibles et existent : nous allons chercher à les identifier. Mais nous pensons que tous les outils numériques ne sont pas des instruments de musique. Il nous faudra donc aussi discriminer ce qui, parmi les systèmes numériques, n'est pas instrument de musique. D'après les critères que nous aurons révisés, nous pourrons discuter des limites de l'instruments de musique – qui ne sont jamais fixes mais se renégocient sans cesse. Finalement, nous chercherons à aboutir à une définition de l'instrument de musique numérique, et à déterminer ce qui constitue l'essentiel de l'instrument de musique en général.

3.1.2. Critères de définition : révision

Nous avons choisi d'élargir la définition de l'instrument de musique. L'intuition de sens commun sait implicitement ce qu'est l'instrument de musique, mais trébuche parfois devant des situations innovantes qui s'éloignent des schémas connus. Pour trouver une solution, nous allons examiner tour à tour les critères définitionnels présentés dans le premier chapitre. Réfléchissant à ce que peut faire ou ne pas faire un instrument de musique, à la fois en suivant une intuition de sens commun et en ayant connaissance des situations musicales contemporaines, nous proposerons une révision des critères définitionnels là où cela sera nécessaire, tout en conservant un socle définitionnel stable pour l'instrument de musique.

3.1.2.1. Critères de sens commun

Production sonore

Commençons par les critères portés par le sens commun. Le premier que nous avons cité est celui de la production sonore. On admet normalement qu'un objet ou système qui ne pourrait pas produire de son ne peut pas être un instrument de musique. Un logiciel* seul n'est pas instrument de musique : installé sur un ordinateur, il permet de produire un fichier son (des chiffres et des lettres codant de la musique), mais c'est seulement le haut-parleur qui peut délivrer le son. Et le haut-parleur ne peut pas donner de son sans appareil de lecture – à moins qu'on s'en serve comme d'un tambour. Ainsi, ce critère n'exclut aucun des objets matériels : tout objet (de taille raisonnable) peut être manipulé, frappé, et ainsi produire du son⁵.

Dans certains systèmes numériques, le son est synthétisé en direct par l'ordinateur, et immédiatement donné à entendre par le haut-parleur. Dans d'autres situations, des échantillons sonores sont disponibles dans un logiciel. L'utilisateur choisit les sons, éventuellement y applique quelques modifications ou réglages (volume, timbre et filtres*), et les fait jouer par l'ordinateur. On peut alors parler de source sonore secondaire : le son n'est pas synthétisé en direct, il est en mémoire. Le jouer équivaut à le lire, en adaptant certains paramètres. Dans un piano acoustique, le son est produit en direct. Mais grâce au fonctionnement mécanique du piano, le son est prêt à être activé, il est presque comme en mémoire, « programmé » dans l'instrument : en frappant une touche, on déclenche une note qui était prête à être jouée, elle existait déjà en puissance. La puissance de frappe permet de régler l'intensité sonore. On délègue le jeu, la production du sonore, à la mécanique (aux marteaux). Dans tous les instruments de musique électroniques, c'est aux oscillateurs* des circuits électroniques qu'on délègue la production des signaux sonores. Avec les systèmes numériques, on délègue le jeu au programme informatique*, et les sons existent soit dans la mémoire, soit « en puissance » dans le code* qui décrit les algorithmes permettant de les produire. Le critère de la production sonore est toujours nécessaire, il se décline de différentes manières selon le matériel utilisé, mais il est loin d'être suffisant pour définir l'instrument de musique.

Ce premier critère est associé au second : la production sonore doit être permise et provoquée par l'action d'une personne, et ce tant que dure la musique. Ainsi, il ne suffit

5. A condition que ses dimensions le permettent : un grain de poussière ou une galaxie ne peuvent pas devenir des instruments de musique.

pas d'appuyer sur le bouton *play*. Considérer les appareils de lecture automatique (chaînes hi-fi, lecteurs mp3, tourne-disques et autres) comme des instruments de musique (à la manière de Stiegler ou d'Alperson, voir p. **Error! Bookmark not defined.**) reviendrait à négliger l'importance du musicien et de son action dans le jeu de la musique, et confondre les deux « jouer » : le jeu du musicien et le jeu automatique du lecteur de musique (*playback*). Les appareils de lecture ne sont donc pas des instruments de musique. Quant au piano mécanique, c'est un piano, que l'on fait jouer tout seul, avec des cartes ou rouleaux perforés. Il n'est alors plus utilisé comme un instrument de musique, mais comme un instrument de lecture automatique : il exécute les instructions enregistrées et fixées sur une carte ou un rouleau perforé⁶. Sans pianiste, le piano ne serait donc plus un instrument de musique ? On devrait alors distinguer l'identité-objet de l'identité-fonction. Le piano mécanique, en tant qu'objet, est toujours un instrument de musique (en potentiel, ou en puissance), mais il n'est plus utilisé comme tel : il peut perdre cette fonction lorsqu'on lui retire le musicien, l'interprétation, le geste.

Revenons aux logiciels de création et édition musicale. Ces systèmes ont pour objectif de permettre la création d'une musique enregistrée, fixée sur support numérique, qui sera « jouée » par un appareil. Le travail du musicien se situe au niveau de la conception de la musique mais pas de sa restitution, le produit fini est lu de manière automatique par la machine (ordinateur, lecteur mp3...). Le logiciel est un studio virtuel mais pas un instrument de musique ; le musicien est plutôt ingénieur du son mais n'est pas performeur. Son action pour produire la musique se déroule en dehors de la performance. Alors, ces types de logiciels ne sont pas des instruments de musique mais portent bien leur nom de « studio virtuel ». Et même si l'on peut parfois entendre les ingénieurs et techniciens de studio en parler comme de leur instrument de musique, nous ne pensons pas qu'élargir à ce point la notion d'instrument de musique permette de lui rendre justice : ce qui ne permet pas le jeu de la musique en direct, par l'action d'une personne, ne peut pas être raisonnablement considéré comme un instrument de musique.

Ainsi, ces deux premiers critères restent inchangés par l'arrivée du numérique : un instrument de musique produit du son sous l'action d'un musicien.

6. On a ainsi des enregistrements sur rouleaux perforés de l'interprétation par Debussy lui-même de ses Préludes pour piano. Le piano mécanique qui « joue » ces enregistrements restitue la performance effectuée par le compositeur telle qu'elle a été fixée sur les rouleaux, c'est une forme de *playback*.

Contrôle

Cependant, le deuxième critère se développe en un troisième, celui du contrôle. Dans son sens le plus simple, le contrôle implique que l'instrument est mis en œuvre par un musicien : *il sonne sous son contrôle*. Et plus particulièrement, *sous son contrôle gestuel*. Nous disions en première partie : « ses gestes doivent maîtriser la production et la modification du sonore » (voir 1.1.2, p. 28). Cela qui signifie deux choses : la production du son se fait grâce aux gestes du musicien, et ceux-ci lui permettent de contrôler les sons produits, donc de les choisir et de les moduler. Le contrôle est donc intentionnel. Les mouvements de mains et de bras, le souffle, permettent de moduler les hauteurs, les intensités, les timbres des sons joués, et le musicien sait quels gestes effectuer pour réaliser son idée sonore avec son instrument. Parmi les systèmes avec interfaces gestuelles* (DMI, contrôleurs* MIDI ou interfaces à signaux physiologiques), les sons sont produits et modifiés grâce aux gestes du musicien, mais c'est le logiciel qui les produit. Le contrôle gestuel est toujours présent, mais différent : il est indirect. Ce sont des algorithmes qui définissent le lien entre les gestes et les sons. Ce lien n'est pas physiquement déterminé par les propriétés acoustiques d'un instrument, ni par les propriétés électriques d'un circuit électronique, mais est encodé dans un logiciel. Un geste peut donc, potentiellement, donner toutes sortes de sons : c'est l'arbitraire du contrôle, et c'est dans le mapping* que se définissent les relations entre gestes et sons. Dans les performances de musique mixtes ou avec instruments « mixtes », les gestes demeurent ceux de l'instrument traditionnel, mais ils peuvent contrôler (en plus du jeu de l'instrument lui-même) l'extension numérique de l'instrument. Le musicien cumule et superpose deux modes de contrôle : l'un acoustique (direct), et l'autre, informatique, indirect.

De plus, la notion de contrôle, dans le sens commun, implique une intentionnalité : quand le musicien effectue un geste pour réaliser son idée musicale, il sait intuitivement quel son résultera de quel geste. L'intentionnalité est possible grâce à une certaine maîtrise du jeu de l'instrument, que le musicien acquiert par la pratique. Certains utilisateurs d'interfaces gestuelles témoignent de cette intentionnalité : les performeurs de *From the Water* avec le *rope-instrument*, de Laubier avec le Méta-Instrument, Sonami avec son glove... Pour eux, le contrôle est bien intentionnel, avec une même condition de familiarité avec l'instrument. Mais dans d'autres cas, on cherche à introduire un degré d'imprédictibilité dans le jeu. Ce sont les performances où l'on parle d' « *agency* » ou de

réponse propre du système, et même de « collaboration » entre l'instrument et les performeurs (voir 2.5.4.2, p. 192). C'est par exemple le Spring spyre de Sonami, ou *Human Modular* de PLOrk. Or, ces systèmes sont volontairement construits pour éviter une totale intentionnalité du contrôle, vue dans certains cas comme un déterminisme ennuyeux. C'est un report de l'intentionnalité dans la fabrication de l'instrument, ainsi on peut dire que la non-intentionnalité est intentionnelle. Finalement, l'intentionnalité est répartie entre la conception et le jeu de l'instrument : elle est cachée ; mais globalement, le contrôle demeure intentionnel. Ainsi, les instruments avec interfaces gestuelles proposent un contrôle gestuel, indirect, et parfois avec une intentionnalité cachée.

En revanche, là où l'on a une interaction directe avec l'ordinateur par des interfaces graphiques ou textuelles, le contrôle gestuel est bien moindre. On tape au clavier et clique à la souris. Examinons cette gestuelle : assis et presque immobile, le performeur bouge quelques doigts et ses poignets de temps en temps. Son geste est minime. Mais d'autres gestes sont aussi minimes : le corniste bouge trois de ses doigts. Cependant, la maîtrise de son souffle et de la vibration de ses lèvres exigent un effort corporel très important. Si son geste est à peine visible, on pourra deviner l'effort sur son visage. L'organiste est presque toujours caché, ses gestes ne sont pas non plus visibles. On ne peut que les imaginer depuis les bancs de l'église dans laquelle on l'écoute. La visibilité et l'amplitude du geste ne constituent pas un critère pour identifier l'instrument de musique. Elles peuvent néanmoins contribuer à l'expressivité d'une performance. On peut aussi voir le DJ danser au rythme de ses disques, et un pianiste qui ne balancerait jamais son corps, bougeant seulement ses avant-bras, serait jugé inexpressif par ses spectateurs. L'implication du corps est souvent recherchée dans les performances instrumentales et appréciée du public. Avec l'ordinateur, l'effort physique est aussi réduit au minimum. Mais qu'en est-il de l'effort physique du percussionniste avec son triangle ? Ainsi, si l'on peut dire que taper au clavier de l'ordinateur est toujours un geste, c'est un mouvement minime, invisible (à moins d'être filmé et projeté sur grand écran), n'engageant pas (ou très peu) d'énergie corporelle, ne nécessitant aucun effort. C'est, en outre, un geste à l'origine non musical, l'ordinateur est avant tout une machine de bureau où l'on traite des informations. Néanmoins, ce qui vient différencier la gestuelle au clavier et à la souris d'un geste instrumental est d'abord le fait qu'on ne *manipule* pas un objet, mais on vient donner des informations à un système par l'intermédiaire de chiffres, d'instructions écrites, d'actions effectuées sur l'interface graphique. Mais le plus important réside dans

le fait que le geste ne compte pas pour ce qu'il est, mais pour l'information qu'il apporte : renseigner un nombre, déplacer un élément affiché à l'écran. Ce n'est pas l'action d'enfoncer une certaine touche du clavier qui compte, mais c'est le nombre qu'on a donné au système. Peu importe la manière dont on bouge la souris, l'important est ce que l'on modifie sur l'interface graphique. Ainsi, manier le clavier et la souris sont des gestes servant à fournir des informations. Ils n'ont pas de valeur en tant que gestes, mais pour les signes qu'ils renseignent à l'ordinateur. Ce sont des *actions de commande* : elles permettent de contrôler un système de synthèse sonore* en lui donnant des indications. Dans l'action de commande, c'est l'information et non la manière dont elle est donnée qui importe. Ainsi, avec les interfaces graphiques et textuelles, le contrôle exercé par les performeurs sur les sons qu'ils produisent est indirect et non gestuel. Dans le *live coding** ou les performances de Kernel, tous les gestes des performeurs sont des actions de commande. Ils consistent à écrire du texte dans un langage de programmation* ou à manipuler des logiciels de synthèse sonore.

Cependant, certaines performances d'orchestres d'ordinateurs mettent en place un support visuel qui montre des mouvements : des mouvements lumineux, des vidéos, un robot articulé. Ces mouvements ont la caractéristique d'être co-crés avec le son : les performeurs contrôlent dans une même action la production sonore et le mouvement visuel. Ce peut être des images vidéo, comme dans *Connectome* (voir p. 177), où les neurones s'animent à l'écran au rythme de la musique, jusqu'à avoir l'air d'être à l'origine des sons produits. C'est ce que nous avons appelé la délégation du geste (voir 2.5.2.2, p. 184). Les performeurs sont immobiles, souvent aussi laissés dans l'ombre, et leur geste est délégué à un autre substrat visuel que leur corps. Le contrôle s'effectue par des actions de commande, sans toutefois s'affranchir complètement du geste.

Par ailleurs, nous avons vu que le contrôle peut être collectif : il est partagé entre plusieurs performeurs, comme dans *Human Modular* ou *ICEBlocks*, ou encore dans *GhostLine* où les performeurs et le chef s'allient pour produire les sons (voir 2.5.4.1, p. 191). Le système est manié de manière collective, tous collaborent à son fonctionnement pour la production sonore. De plus, parfois le contrôle est doublement indirect : non seulement il passe par les algorithmes, mais aussi, les performeurs jouent sur des paramètres non musicaux (les taux de sodium et de potassium dans *Connectome*, les paramètres d'image dans *GhostLine*), qui sont ensuite convertis en paramètres sonores. Finalement, les systèmes fonctionnant par interaction directe avec l'ordinateur

mettent en place un contrôle indirect par actions de commande, souvent collectif, non gestuel mais parfois avec une délégation du geste.

Ainsi, la notion de contrôle, issue du sens commun, peut s'étirer de plusieurs manières. Le contrôle peut être indirect : le lien entre gestes et sons est construit par des algorithmes. Il peut être collectif. Aussi, l'intentionnalité peut être cachée. Le contrôle peut passer par des actions de commande, ce n'est alors pas un contrôle gestuel, mais une délégation du geste peut être mise en place. S'il paraît raisonnable d'admettre que le contrôle d'un instrument de musique peut s'effectuer de manière indirecte, collective, avec intentionnalité cachée, un contrôle par action de commande au détriment du geste semble nous éloigner de l'idée commune d'instrument de musique. Nous y reviendrons plus loin (voir p. 221).

Expressivité

Le sens commun mentionne ensuite la possibilité d'expressivité : le performeur doit pouvoir exprimer des émotions par le jeu de la musique, qu'elles soient les siennes ou celles portées par la musique elle-même. L'expressivité est transmise de manière à la fois visuelle et sonore. Visuelle, par les mouvements du corps de l'instrumentiste et ses expressions faciales. Par expressivité sonore, on entend dans le cadre de l'interprétation la possibilité de choisir de dévier légèrement de la partition (si elle existe) ou de la régularité (en tempo, en intensité, en timbre) et d'ajouter du vibrato et des glissandos. Dans les performances numériques, l'expressivité existe toujours, mais on peut la trouver sous d'autres formes. Les mouvements corporels du performeur peuvent être considérés comme expressifs, avec le même degré de subjectivité que ce jugement comporte (on les jugera adaptés ou exagérés, émouvants ou ridicules). Cette expressivité peut cependant être reportée sur un autre substrat que le corps, lorsqu'il y a délégation du geste. Elle est alors transmise par la projection vidéo ou autre animation visuelle liée à la génération sonore. Sur le plan sonore, l'expressivité ne peut plus se référer à un écart à la partition, ni à un écart à une norme (rythmique, tonale) quand le matériau sonore s'affranchit des notes. Il ne reste que la subjectivité de l'auditeur pour juger si la musique est expressive ou non. Il en va souvent de sa propre sensibilité et de sa familiarité avec le type de musique écouté.

Virtuosité

Enfin, on attend communément d'un instrument de musique qu'il puisse être manipulé avec virtuosité par les plus talentueux des musiciens qui le pratiquent. Or, il peut être difficile d'apprécier la virtuosité lorsque l'on considère une interface inconnue. Mais les témoignages montrent que Waisvisz, Tanaka ou Sonami ont dû pratiquer pendant des années pour être à l'aise avec leurs instruments respectifs et pouvoir s'exprimer musicalement. Il en va de même pour le Karlax et le Méta-Instrument, ainsi que pour les surfaces de contrôle : de la pratique est nécessaire pour explorer au mieux les capacités de d'un instrument. Pourtant, les gestes effectués avec les Hands, les gloves ou la BioMuse ne sont pas des gestes techniques nécessitant une grande précision. La pratique de ces instruments ne sert pas seulement à travailler le geste, mais aussi et surtout à acquérir une connaissance du système, de ses limites et possibilités, de ses réactions. Et nous avons vu ailleurs que les *tether-controllers* ne demandent aucune expertise gestuelle. Aussi, la manipulation des interfaces graphiques ou textuelles dans les performances de PLOrk, de Kernel ou dans le *live coding* ne demande pas de finesse de mouvement : elle est non gestuelle. Mais elle requiert au minimum une familiarisation avec l'interface graphique, voire souvent une connaissance experte du fonctionnement des logiciels et des langages de programmation. La compétence ne se situe plus au niveau des gestes, précis et techniques, mais elle consiste en une bonne compréhension de l'instrument et de son fonctionnement : la connaissance des contraintes du système, du mapping, des limites. Ainsi, la virtuosité ne disparaît pas avec le numérique mais se transforme. La plus grosse partie de la phase d'apprentissage consiste à se faire une représentation mentale des contraintes, un « modèle mental par l'habitude [*habituated mental model*]⁷ » du système de production sonore. En *live coding*, c'est une connaissance fine et profonde du langage de programmation utilisé ainsi qu'une intuition de la manière dont les sons peuvent être formalisés dans ce langage.

D'autre part, un autre type de virtuosité se dessine dans l'élaboration logicielle des instruments. Comme l'explique Thor Magnusson,

on trouve une expertise dans la connaissance de l'électronique, de l'informatique, de l'intelligence artificielle et la synthèse audionumérique. La virtuosité primaire n'est pas

7. Thor MAGNUSSON, « Designing Constraints: Composing and Performing with Digital Musical Systems », *Computer Music Journal* 34, n° 4 (2010), p. 62-73.

située au niveau de l'instrument lui-même ou dans la relation entre l'agent et l'objet, mais plutôt à un niveau plus bas de l'instrument, au niveau du matériel et du code⁸.

La conception d'instruments numériques demande un savoir-faire très pointu en matière de programmation, réseaux, électronique, traitement du signal, informatique, et en premier lieu, en mathématiques. Dans le développement de l'instrument lui-même, et notamment dans la programmation informatique, on peut faire preuve d'une grande habileté. Plus qu'une lutherie, c'est tout un ensemble de domaines qui doivent être maîtrisés, d'où le fait que les instruments sont rarement fabriqués par une personne seule, mais sont issus d'un travail d'équipe. On peut donc étendre l'idée de virtuosité à la maîtrise des systèmes logiciels de production sonore et à leur élaboration.

Pour résumer : parmi les caractéristiques de l'instrument de musique identifiées par le sens commun, on retiendra que le critère de production sonore sous la manipulation du musicien reste essentiel. Mais le contrôle gestuel peut se décliner autrement que sous ses formes traditionnelles : il peut être indirect, collectif, présenter une intentionnalité cachée, et le geste peut être délégué. L'expressivité reste dans le domaine de la subjectivité des musiciens et des auditeurs. La virtuosité ne se limite pas à une expertise gestuelle mais implique aussi la connaissance fine du fonctionnement des systèmes numériques, et elle peut aussi résider dans l'élaboration logicielle des instruments.

3.1.2.2. *Critères des définitions classiques*

Les objets

Revenons maintenant aux définitions classiques, avec les quatre critères identifiés par Sève pour définir l'instrument de musique. Le premier est d'être un objet technique, un artefact assemblé, séparé du corps, fabriqué par l'homme. Être un artefact fabriqué par l'homme est une caractéristique inchangée par le numérique. Mais nous avons vu de nombreux systèmes qui rassemblent, pour fonctionner, plusieurs appareils connectés. Ils ne sont pas « un objet » mais plutôt *des* objets, dont certains sont logiciels et non des objets physiques (voir 2.5.2.1, p. 184). Ce sont des matériaux très divers, comme peut les lister Magnusson :

8. MAGNUSSON, « Designing Constraints ».

un ordinateur, un écran, une carte son, un amplificateur, des haut-parleurs et des interfaces utilisateur. Derrière ce matériel de surface se trouvent d'autres systèmes : des langages de programmation audio, du traitement de signaux, des systèmes d'exploitation, des mécanismes de mapping entre les gestes et les moteurs sonores, et d'autres⁹.

On dépasse la duplicité de l'archet et du violon, ou celle des percussions avec leurs différentes baguettes, quand on a non seulement une multiplicité d'objets, mais aussi une pluralité de types d'objets : des objets physiques et des objets informatiques (ce qui va au-delà de la guitare électrique avec ses câbles, pédales et amplis). Certaines situations incluent même le corps humain dans ce système, en tant qu'entité qui produit un signal* : ce sont les performances qui utilisent des signaux physiologiques. Alors le corps humain fait partie du système global qui produit une vibration et la transforme en onde sonore, le corps étant la source première de la vibration. D'autre part, les différents objets sont reliés non par une interaction physique (frotter l'archet sur les cordes), mais par une communication informationnelle : ils envoient ou reçoivent des flux de données numériques. Les instruments de musique peuvent donc être des artefacts non seulement assemblés, mais composés de différents éléments connectés.

Transmission d'énergie

Le deuxième critère de Sève établit que l'instrument de musique est mis en œuvre par le corps avec transformation d'énergie. La condition du transfert d'énergie est aussi essentielle pour Cadoz, qui la décrit comme une caractéristique ontologique de l'instrument de musique : « l'instrument est de la matière conditionnée pour assurer la transmission d'une certaine énergie des muscles aux tympans¹⁰ ». Un instrument de musique doit pouvoir engager un geste instrumental, que Cadoz définit de manière précise. Ce geste crée un contact physique avec l'instrument, intermittent ou permanent, pour « produire ou moduler l'énergie destinée aux tympans » ; il peut être de trois sortes : geste d'excitation, de sélection ou de modification (voir p. 45). Le geste d'excitation est essentiel pour pouvoir qualifier un objet d'instrument de musique, c'est ce geste qui provoque la vibration d'une partie matérielle de l'instrument (corde, membrane, lame, colonne d'air). Cette vibration est naturellement transmise aux autres parties de

9. Thor MAGNUSSON, « Of Epistemic Tools: Musical Instruments as Cognitive Extensions », *Organised Sound* 14, n° 2 (2009), p. 168.

10. Claude CADOZ, « Musique, geste, technologie », *Les nouveaux gestes de la musique*, 1999, p. 50.

l'instrument (chevalet, caisse de résonance) puis à l'air environnant, pour parvenir ensuite aux oreilles du musicien et de l'auditeur. Ainsi, pas d'instrument de musique si cette chaîne de transmission de l'énergie est rompue en quelque endroit (l'orgue constituant une exception acceptée). Or, ce fonctionnement par continuité du transfert de l'énergie n'est pas observable dans les situations numériques que nous avons observées, ni déjà chez les instruments de musique électroniques. La rupture énergétique n'est pas une nouveauté du numérique : dès qu'un haut-parleur entre en scène, c'est l'énergie électrique qui fournit la puissance nécessaire à la vibration de la membrane et donc à la production du son. Le geste du musicien, lui, peut contrôler le système (comme avec le théramine), déclencher des notes (les synthétiseurs* à claviers). Or, les instruments électroniques ont su se faire accepter comme de vrais instruments de musique. Ce critère ne peut donc pas être un critère exclusif. D'ailleurs, Romain Bricout répond à Cadoz sur ce critère : même avec cette coupure énergétique, il reste toujours que le son est le fruit d'un geste, même si la relation n'est pas mécaniquement gérée.

Le rapport de cause à effet est celui du geste au son (*g-son*), et si la coupure énergétique ontologique plonge automatiquement le geste dans une relation sémiotique de convention « arbitraire » entre la cause et son effet, Claude Cadoz n'a pas vu qu'il restait toujours une relation du geste au son qui ne souffrait d'aucune équivoque : le son est toujours le fruit d'un geste de déclenchement ou de modulation, tendances *percussive* et *vocale*, et ce, quelles que soient les cultures. Les archétypes du *g-son* indicial, comme gestes primordiaux, représentent pour nous les véritables composants de l'instrumentalité¹¹.

Bricout analyse le geste sous le vocable du *g-son* : cela désigne le geste que l'on crée pour correspondre à un son¹², et celui-ci se décline selon deux catégories : les gestes qui déclenchent (tendance *percussive*) et ceux qui modulent (tendance *vocale*). L'idée de *g-son* permet de représenter cette construction du lien entre le geste et le son, construction qui s'effectue d'abord grâce à la morphologie d'une interface, des capteurs* qui l'équipent, et enfin et surtout grâce aux algorithmes du logiciel qui permettent et régulent son fonctionnement.

11. Romain BRICOUT, *Les enjeux de la lutherie électronique*, p. 318.

12. Cette idée de *g-son* est l'extension de l'« *i-son* » de l'écoute acousmatique, proposé par François Bayle. Quand on ne peut pas voir la source du son, on s'imagine une image. Ce lien entre un son et l'image imaginée est l'*i-son*.

Dans les systèmes numériques, le geste permet la production de données qui sont ensuite utilisées par un logiciel. Ces données sont transformées, traitées de diverses manières pour donner autre chose. Prenons les DMI* par exemple : les données issues des mouvements sont envoyées à un ordinateur où elles servent de paramètres à un logiciel de synthèse sonore. Le logiciel « fabrique » la vibration en tenant compte des données entrantes, et ce signal est ensuite envoyé aux haut-parleurs. Il n’y a pas de continuité du transfert de l’énergie, mais il y a un geste – qui n’est pas instrumental selon la définition qu’en donne Cadoz. La même chose se passe dans les performances avec signaux physiologiques. Observons les surfaces de contrôle : presser une touche peut déclencher la lecture d’un échantillon sonore (un son de piano ou de batterie), tourner un bouton peut modifier le timbre des sons. La mémoire du logiciel contient déjà les échantillons sonores, ceux-ci sont lus et transformés en fonction des gestes du performeur. Mais ce dernier peut aussi utiliser son interface pour déclencher la lecture d’une longue piste sonore : appuyer sur une touche, puis laisser l’ordinateur lire la musique. Ce mode de jeu s’apparente plutôt au *playback*. Quant aux performances d’orchestres d’ordinateurs, nous avons vu que parfois le geste est porté par un substrat visuel autre que le corps des musiciens : il est délégué à ce substrat visuel (voir p. 217). Les performeurs manipulent leurs ordinateurs via le clavier et la souris, parfois aussi un joystick, mais nous avons vu que ces gestes sont des actions de commande (voir p. 217). Bien souvent, les musiciens sont à peine visibles sur scène, ils restent dans l’ombre. La délégation du geste agit comme une sorte de projection de geste instrumental. Voyons maintenant les performances de *live coding*. Les performeurs tapent sur leur clavier d’ordinateur pour écrire du texte : ce sont des actions de commande. Ce n’est pas un geste qui sert à jouer de la musique. Il n’a pas pour but de contrôler la production sonore, mais effectue le design des processus de production sonore. De temps en temps, le live-codeur active une ligne de code en appuyant sur la touche « entrer » de son clavier. Cela commande à l’ordinateur de jouer, d’effectuer les opérations implémentées dans cette ligne de code. Le reste du temps, le live-codeur écrit pour créer des fonctions d’ondes et des paramètres pour les moduler. Ainsi, par ses gestes (taper au clavier d’ordinateur) il ne joue pas, mais interagit avec la machine pour créer et développer l’instrument. Il n’y a donc pas proprement de geste instrumental dans ces performances. L’instrument, virtuel, est calculé, exécuté par l’ordinateur, et les performeurs effectuent des actions de commande par l’écriture de texte ou la manipulation d’interfaces graphiques.

Cela nous amène à définir le geste instrumental. C'est un mouvement physique qui permet au performeur d'avoir un contrôle continu sur la production sonore ; il peut non seulement déclencher, mais aussi entretenir et modifier continuellement les sons produits. La continuité du contrôle signifie que ce geste est nécessaire à la continuation de la musique : soit il entretient le son, soit il lui permet d'être constamment renouvelé (geste de type vocal ou percussif, selon la distinction de Martin Laliberté évoquée précédemment¹³). Les instruments avec DMI peuvent être supports de gestes instrumentaux. Les performeurs dans les performances multimédias effectuent des actions de commande qui ne sont pas des gestes instrumentaux, mais le geste est délégué, il se situe non sur le corps des performeurs mais sur une image mouvante (l'éclairage pour *Human Modular*, le robot pour *Machine Yearning*, les images vidéo pour *Connectome* et *GhostLine*). Considérons les gestes effectués sur une surface de contrôle. Quand le performeur joue des échantillons courts et les modifie, le geste est nécessaire à la continuation de la musique, par le déclenchement de nouveaux échantillons, et il permet d'avoir un contrôle continu sur les paramètres sonores. Mais s'il déclenche une piste longue, alors le geste n'est plus nécessaire à la continuation de la musique : celle-ci est jouée automatiquement par la machine. Le performeur peut, sans que cela soit nécessaire, appliquer des effets sonores sur cette piste. C'est l'attitude caractéristique du DJ : lancer la lecture de disques (ou de pistes numériques) et d'intervenir pour faire des effets, en tournant des potentiomètres, appuyant sur des boutons sur une table de mixage ou une console. Il ne s'agit pas d'un geste instrumental, car alors le geste a une action ponctuelle et non entretenue sur le son¹⁴.

La transmission de l'énergie du corps au son ne peut plus être un critère de définition de l'instrument de musique. Mais l'action qui permet de déclencher la lecture d'une piste enregistrée, en lui ajoutant ou non des effets sonores lors de la lecture, ne nous paraît pas correspondre à l'instrument de musique. Cela nous pousse à redéfinir le geste instrumental comme un mouvement physique nécessaire à la continuation de la musique, par l'entretien du son ou le déclenchement renouvelé d'échantillons sonores.

13. Martin LALIBERTE, « Archétypes et paradoxes des nouveaux instruments de musique », dans *Actes du colloque Les nouveaux gestes de la musique*, p. 121-138, Marseille, 1999.

14. Nous reviendrons bientôt sur l'attitude du DJ, voir p. 240.

Compromis de qualités techniques et musicales

Le troisième critère suppose que l'instrument de musique est le résultat d'un compromis de qualités techniques et musicales. Il s'agit, pour le luthier, d'assembler différents éléments pour avoir un instrument qui soit solide, qui puisse produire un beau son et qui soit jouable. Par exemple, faire un chevalet de contrebasse d'une fine épaisseur pourra permettre à l'instrument de sonner avec clarté et puissance, mais le chevalet ne résistera pas longtemps à la pression des cordes, bien vite il se courbera et cassera. Les luthiers essayent toujours de braver les lois de la physique pour obtenir des objets durables pouvant donner les meilleures sonorités : on cherche à donner plus de puissance à un violon mais on ne veut pas trop agrandir sa caisse de résonance pour qu'il reste facilement jouable par le musicien, on veut à la fois des basses profondes et des aigus doux... Les logiciels et interfaces répondent à une autre logique de fabrication. Dans un logiciel de synthèse sonore, il s'agit d'une lutherie virtuelle. Les choix du fabricant concernent le type de synthèse à utiliser (synthèse additive, soustractive, par modulation de fréquence, granulaire, par modèle physique*...), quels filtres* construire ; et parmi tous les paramètres qui définissent les signaux et les filtres, lesquels seront fixés et lesquels seront rendus variables pour être contrôlés par le musicien, et de quelle manière, avec quel mapping et quels algorithmes. Dans la lutherie numérique, les contraintes ne sont pas physiques mais résident au niveau de la gestion des données par l'ordinateur, des bandes-passantes, des taux d'échantillonnages*, des conversions ou formats de données, de gestion de la mémoire... Par exemple, le temps de calcul doit être court pour que la relation entre un geste et le son ne souffre pas de décalage, donc la complexité des calculs doit être optimisée. Aussi, on voudra paramétrer des systèmes qui préviennent les boucles infinies ou la saturation. Ce sont des problèmes d'informatique, de réseaux, de traitement de signaux.

Au niveau du matériel, on cherche à avoir un système solide, stable et maniable. On cherche par exemple à faciliter l'installation et le confort du musicien, en préférant un système sans fil. C'est le cas de Tanaka, qui a adopté les bracelets à capteurs Myogrammes pour sa BioMuse, pour une plus grande facilité d'utilisation (voir 2.4.5.1, p. 152). On cherche aussi à améliorer la stabilité du système pour éviter les risques de dysfonctionnements en plein concert.

Les qualités techniques ne font pas toujours concurrence aux qualités musicales. Et au contraire, on a souvent une stimulation mutuelle entre les sciences et la musique : les

idées des musiciens poussent les ingénieurs à mettre au point de nouvelles techniques, ce qui parfois donne lieu à des découvertes ; réciproquement, les technologies innovantes offrent de nouvelles possibilités aux artistes. L'imagination des musiciens et la recherche technologique sont donc des moteurs l'une pour l'autre. Ainsi, le critère de la concurrence entre qualités techniques et musicales, plus descriptif de l'instrument de musique que constitutif de son identité, se décline différemment quand on considère les instruments numériques.

Objet d'art

Enfin, le quatrième critère, que Sève considère comme moins essentiel que les trois autres, stipule que l'instrument de musique est un artéfact souvent travaillé comme un objet d'art. Les volutes d'un violoncelle, la décoration d'un clavecin, font souvent l'objet de soins particuliers, même s'ils ne contribuent en rien au son ou à la jouabilité de l'instrument. Tous les objets que nous avons introduits sont des objets technologiques. La place pour la décoration artistique, qui relèverait plutôt du design, est assez réduite. Les interfaces n'ont souvent pas pour but premier d'être admirées, mais de permettre au musicien de contrôler de manière confortable la production sonore par des gestes. On pourra toujours avoir une attention pour l'esthétique visuelle d'une interface (voir les photos élégantes de la BioMuse ou du Lady's glove, Figure 36, p. 154 et Figure 13, p. 114). Par contre, les qualités visuelles se reportent sur les projections graphiques dans les performances multimédias. Il y a alors un réel travail graphique de design, qui fait partie à la fois de la constitution de l'instrument et de la composition musicale. L'instrument de musique peut donc être travaillé comme objet d'art, relevant ou bien de l'artisanat ou bien du design (des interfaces ou des projections visuelles).

Répertoire

Se pose maintenant la question du répertoire, et en particulier du répertoire minimal ou standard. Nous avons vu en première partie qu'un répertoire minimal est nécessaire pour faire exister l'instrument comme membre à part entière de la famille des instruments de musique (voir 1.2.2.3, p. 72). Reste-t-il un point essentiel à l'heure du numérique ? Soutenir que le répertoire standard est toujours nécessaire revient à appliquer le paradigme classique aux instruments numériques. On s'en remet à la tradition classique, où un instrument n'existe vraiment que s'il joue des œuvres, et donc sous condition que des compositeurs écrivent des pièces pour cet instrument particulier. Mais il existe aussi

des instruments acoustiques, des instruments traditionnels éloignés des rangs de l'orchestre symphonique, qui sont utilisés sans faire appel à aucune œuvre. Ce sont par exemple l'ocarina, la guimbarde : ils existent sans avoir besoin d'œuvres. Ils correspondent plutôt à des genres de pratiques musicales : la guimbarde est utilisée dans différentes musiques folkloriques à travers le monde. Ces instruments existent plus grâce à une pratique (des situations sociales où ils sont habituellement utilisés) que grâce à un répertoire. Ainsi, un instrument de musique peut se placer dans une dynamique différente, où il ne nécessite pas un répertoire d'œuvres, mais s'inscrit dans des pratiques. C'est reconnaître à l'instrument de musique une posture indépendante vis-à-vis de l'œuvre musicale ; il peut exister et construire son identité de manière différente qu'à travers un répertoire. Nous développerons ultérieurement cette idée (voir plus loin, 3.3.1.3, p. 273).

Observons par exemple la catégorie des systèmes avec interfaces gestuelles. Un instrument se définit par son interface, par les sons qu'il peut produire, et par les modalités de contrôle. Or, le logiciel peut être reprogrammé pour chaque nouvelle performance ; on peut donc complètement changer de matériau sonore en changeant les patches ou les paramètres de synthèse sonore. Il n'est pas d'œuvre écrite qui puisse proposer une présentation esthétique de l'instrument, car l'identité sonore de celui-ci peut potentiellement changer pour chaque performance – et même au cours d'une même performance, si on change le matériau sonore en changeant de patch, par exemple (comme Tanaka dans son concert à Ljubljana, voir 2.4.5.1, p. 152). L'écriture du sonore, la programmation, se fait dans le logiciel.

Voyons maintenant les performances d'orchestres d'ordinateurs : le système se monte pour chaque performance, et se démonte à la fin de la représentation. La configuration scénique de *GhostLine*, par exemple, est spécifique à cette pièce : le système comprenant ordinateurs, caméras, écrans, etc., n'existe que pour la représentation de cette pièce, aucune autre œuvre n'est écrite pour ce même système complexe. Ainsi, il ne s'agit pas d'un répertoire, mais d'une œuvre unique. Les systèmes avec signaux physiologiques fonctionnent de la même manière : ils existent pour une série de performances, ils n'ont pas besoin d'un répertoire.

Le répertoire minimal participe certes à la construction de l'identité d'un instrument de musique, mais il n'est pas un ingrédient nécessaire à son existence. Cela est déjà vrai pour de nombreux instruments acoustiques, en particuliers ceux qui sont en marge du paradigme classique (qui implique des œuvres musicales écrites et leur interprétation

grâce aux instruments), mais c'est encore plus prégnant dans les performances musicales numériques.

De cette révision des définitions classiques, nous retiendrons que les instruments de musique peuvent être des artefacts pluriels, complexes et connectés, dont certaines parties sont logicielles. Le geste instrumental ne se définit plus comme un geste fournissant la puissance nécessaire à la production sonore, mais comme un geste physique nécessaire à la continuation de la musique, soit par le maintien et l'entretien du son, soit par son renouvellement en continu (par le déclenchement d'échantillons). L'instrument de musique peut être objet d'art ou de design. Il ne doit pas nécessairement s'inscrire dans un répertoire d'œuvres.

3.1.2.3. *Critères des définitions inclusives*

Nous avons proposé une révision des définitions « classiques » et de sens commun de l'instrument de musique. Les définitions plus inclusives sont nombreuses dans la littérature, aux croisements de la musicologie, de l'informatique et des technologies numériques. Nous en avons présenté un certain nombre en première partie (voir 1.1.3.3, p. 48). A redéfinir, on ne peut cependant pas tout accepter. Heinrich proposait que soit instrument de musique « tout objet, matériel ou logiciel¹⁵ », utilisé pour la production sonore et musicale. Mais un logiciel seul n'implique pas de geste. Nous ne saurions soutenir qu'un logiciel, utilisé sans interface gestuelle ou substitut de geste, puisse être un instrument de musique. Ni le patch, ni le logiciel, ne peuvent à eux seuls constituer un instrument de musique. Et parmi tous les objets, encore faut-il qu'ils soient manipulables et capables de quelque sonorité. Considérer tout objet comme pouvant être instrument de musique, sans aucune considération du geste ou du contrôle, semble conduire à effacer toute base de signification de l'instrument de musique.

Parmi toutes les définitions actuelles, certaines considèrent les ordinateurs comme des instruments de musique, d'autres non, et d'autres encore ajoutent une condition pour qu'il soit un instrument : être muni d'une interface gestuelle ou d'une entrée son, tel Bossis¹⁶. Ce qui permet à l'ordinateur de recevoir un signal (sonore ou issu de captation

15. HEINRICH, *Création musicale et technologies nouvelles*.

16. Bruno BOSSIS, « Écriture instrumentale, écriture de l'instrument », dans *Actes du colloque international: Composer au XXI e siècle: processus et philosophies, Montréal, 2007*, p. 2.

de mouvements), et ensuite de le traiter ou de le sonoriser. Burrows¹⁷ insiste sur la théâtralisation effectuée par l'instrument de musique. Avec les instruments numériques, il s'agit effectivement de théâtraliser, de mettre en scène et en gestes, la production de la musique par des algorithmes numériques. Mais il ne suffit pas simplement de montrer des gestes, mais de mettre un réel pouvoir de contrôle sur le son dans les mains du performeur. Les instruments numériques sont, tout comme les instruments acoustiques ou électroniques, des objets faits pour la performance. Dans le cas des interfaces gestuelles, celles-ci ne sont pas seulement une représentation de l'effort physique du musicien, comme le dit Burrows, elles en sont le support. Cet aspect s'estompe cependant avec les systèmes avec interfaces graphiques ou textuelles, où le corps s'efface. Dans certaines situations multimédias, cependant, le corps délègue le geste à un substrat visuel : on peut alors bien parler de représentation. Le média visuel prend alors en charge la représentation des gestes, qui sont des mouvements nouveaux, non physiques mais graphiques. C'est une forme différente de théâtralisation. L'effort demeure bien présent dans les performances où les capteurs sont placés directement sur le corps, celui-ci étant le premier générateur des vibrations. On peut se référer aux performances de Tanaka ou à la performance *DATA_Noise*.

La définition de Malloch¹⁸ *et al.*, qui décrit l'instrument de musique comme un outil produisant du son, contrôlé par des gestes, composé d'un générateur sonore, d'une interface de contrôle et du mapping, s'applique bien aux instruments avec interfaces gestuelles. Mais nous avons vu que l'ordinateur peut être à l'œuvre dans des performances musicales plus complexes. Parfois s'effectue une délégation du geste (dans des performances multimédias), d'autre fois l'interface n'est pas strictement une interface de contrôle mais des capteurs directement portés sur le corps, mesurant des signaux physiologiques.

Pour Croft¹⁹, la causalité visible est un critère clé de l'instrumentalité. Dans les performances de notre corpus, on voit bien que, même si on a parfois un sentiment de causalité entre les gestes et les sons qui sont produits, en règle générale celle-ci n'est pas évidente aux yeux du public. Une causalité évidente voudrait dire que le spectateur sait implicitement ce qui peut résulter de tel ou tel mouvement physique du musicien. Or, cette connaissance nécessite au préalable une connaissance de l'instrument. Une personne

17. David BURROWS, « Instrumentalities », *The Journal of Musicology* 5, n° 1 (1987), p. 117-125.

18. MALLOCH et coll., « Towards a new conceptual framework for digital musical instruments ».

19. John CROFT, « Theses on Liveness », *Organised Sound* 12, n° 1 (2007), p. 59-66.

connaissant le fonctionnement du violoncelle peut en effet savoir qu'on aura un son plus aigu si la main gauche se déplace vers le bas, ou qu'un archet tiré ou poussé ne donne pas le même effet. Mais quelqu'un qui ne connaît pas cet instrument n'aura pas la même impression. La causalité que chacun peut percevoir, c'est que le son vient de l'instrument, et qu'il est produit par les gestes du musicien. Cette causalité-là s'efface avec les instruments numériques, car justement, le son ne provient pas de l'objet manipulé par le musicien, mais des haut-parleurs – qui peuvent être placés sur la scène ou bien ailleurs dans la salle. Le fonctionnement de l'instrument demeure causal : le son est déterminé par les calculs de l'ordinateur, qui sont commandés par les algorithmes et les données entrantes issues des capteurs de mouvement. C'est dans le design du mapping d'un instrument que l'on peut tenter d'approcher une causalité visible, pour la satisfaction du spectateur (avec les Mi.Mu gloves par exemple), ou bien au contraire de s'en éloigner en cherchant à construire un système imprévisible (le Spring spyre).

Hardjowirogo préférerait une définition fonctionnelle à une définition ontologique, affirmant que tout objet peut devenir instrument de musique en étant utilisé de la sorte²⁰. Alors, n'importe quel objet peut être instrument de musique le temps d'une performance, puis retourner à son état ou à sa fonction d'origine. Il faudrait ajouter la condition (sans doute implicite) que l'objet doit être manipulable et capable de produire des sons. Cela dépeint bien la manière d'être des instruments frontaliers (voir p. 47), en particulier des objets détournés pour l'usage de la musique. Cette position semble raisonnable, mais elle esquivé le problème de la définition de l'instrument de musique. Hardjowirogo affirme en effet que l'instrumentalité est une qualité graduelle (une situation peut être plus ou moins instrumentale), ce qui permet d'éviter la question de la définition tout en maintenant une idée implicite de l'instrument de musique. Les critères qu'elle énonce sont cependant intéressants, ils peuvent servir de guide aux constructeurs de nouveaux instruments. Parmi ces critères, nous trouvons le fait de pouvoir proposer un apprentissage et une virtuosité possibles. Nous avons déjà abordé la virtuosité ; l'apprentissage possible signifie que l'instrument doit pouvoir se laisser découvrir progressivement par la pratique. En ce qui concerne les instruments que l'on assemble parfois pour une seule performance (comme les systèmes des orchestres d'ordinateurs), l'apprentissage des performeurs est assez rapide. Les pièces ne demandent aucune expertise gestuelle. Mais elles demandent une compréhension des fonctionnements numériques, de synthèse, de communication

20. HARDJOWIROGO, « Instrumentality. On the Construction of Instrumental Identity », p. 11.

entre les musiciens... Il faut donc apprendre le fonctionnement de tout le système et ses limites.

Les critères, une fois revus, ouvrent à de nouvelles possibilités instrumentales. Nous avons vu tout d'abord que la possibilité de production sonore, sous l'action d'une personne, demeure une caractéristique essentielle des instruments de musique. Les objets ou entités composant l'instrument sont multiples, certains sont immatériels, et le corps peut en faire partie. Ensuite, nous avons vu que le contrôle peut être indirect (le lien de cause à effet n'est ni mécanique ni électronique, mais construit de manière informationnelle par un logiciel), il peut aussi être collectif, et il peut manifester une intentionnalité cachée. Le geste instrumental est un mouvement physique, nécessaire à la production et à la continuation de la musique, par l'entretien et le renouvellement continu du son. Le geste peut être délégué à un substrat visuel, auquel cas il n'est pas physique mais s'apparente à une forme de geste instrumental. Nous avons vu ensuite que la virtuosité peut être technique et mathématique, plutôt que gestuelle.

3.1.3. *Nouvelles catégories ou manières d'être*

Grâce à la révision des critères de définition, nous pouvons maintenant élargir la catégorie des instruments de musique avec de nouveaux éléments. Parmi les systèmes étudiés dans notre corpus, on peut en identifier certains qui répondent aux nouveaux critères précédemment énoncés. On voit alors se dessiner de nouvelles manières d'être instrument de musique. Avant d'en chercher une nouvelle définition, cherchons d'abord à identifier ce qu'ils sont : quels systèmes numériques peuvent être instruments de musique, et de quelles manières. Nous avons identifié trois catégories, que nous allons ici détailler. Elles correspondent à de nouvelles *manières d'être* des instruments de musique, qui repoussent les frontières de cette catégorie et créent de nouveaux genres de performances musicales.

3.1.3.1. *Instruments tripartites*

Nous pouvons tout d'abord identifier des instruments que nous avons plus tôt qualifiés de « tripartites », car comprenant trois éléments majeurs : une interface gestuelle, un logiciel et un ou des haut-parleurs (voir 2.4.3, p. 134). Le logiciel synthétise les sons et l'interface gestuelle permet au musicien de les contrôler, c'est un contrôle

indirect, qui s'effectue grâce à un geste instrumental²¹. C'est la classe d'instruments de musique numériques se rapprochant le plus des instruments traditionnels : le spectateur peut observer un musicien manipulant un objet dans ses mains, contrôlant les sons produits avec ses gestes. Cependant, un changement majeur s'effectue déjà à ce niveau-là : l'algorithme de synthèse des sons est programmé à l'avance, et la relation entre les gestes et les sons produits est aussi composée, programmée, et donc artificielle, contrairement aux instruments acoustiques ou électroniques où cette relation est physique, déterminée par le comportement vibratoire des matériaux ou des circuits électroniques. Cette catégorie décrit donc des instruments où un objet concentre l'attention visuelle du spectateur et l'activité gestuelle du musicien, et où le cœur de l'élaboration sonore est invisible, existant sous forme de code informatique. Ce code logiciel qui synthétise le son n'est ni un mécanisme physique, ni un circuit électronique qui produit les vibrations sonores, mais un processus informationnel et mathématique. Il est toujours reprogrammable. Cette catégorie comprend donc les instruments à DMI ou à contrôleurs MIDI qui peuvent être support d'un geste instrumental. Parmi les surfaces de contrôle, les contrôleurs à pads peuvent en faire partie s'ils font preuve d'une utilisation instrumentale. Mais les consoles n'en font pas partie (nous y reviendrons en 3.1.4.2, p. 239).

3.1.3.2. *Instruments incluant le corps*

Proches des instruments tripartites, les systèmes avec signaux physiologiques fonctionnent aussi avec un cœur informatique, des haut-parleurs et une interface. Mais contrairement aux instruments précédents, cette interface n'est pas un objet montré au public, tenu dans les mains du performeur. En place d'un objet que l'on manipule, c'est directement le corps que l'on présente, le corps en mouvement du performeur (voir 2.4.6.1, p. 158). L'interface est attachée à même le corps du performeur, elle permet de capter des signaux musculaires, cérébraux ou nerveux. En tant que partie émettant un signal nécessaire à la production sonore par le logiciel, le corps fait partie de l'instrument de musique²². C'est le cas de Tanaka avec sa BioMuse (voir p. 152), ou de la danseuse

21. Rappelons que le geste instrumental, que nous avons défini plus tôt (voir p. 226), est le mouvement du performeur par lequel il peut avoir un contrôle sur la production sonore en déclenchant, modifiant et entretenant des éléments sonores de manière continue, ce geste étant nécessaire à la continuation de la musique : soit il entretient le son, soit il lui permet d'être renouvelé.

22. Ce qui résonne de façon amusante avec une théorie de physiologie en vogue au XVIII^{ème} siècle, qui considérait le système nerveux comme une structure vibratoire – par opposition à la théorie des fluides. Diderot, dans *Le rêve de d'Alembert* et *L'entretien entre d'Alembert et Diderot*, dresse une analogie entre le corps humain et un clavecin dont les touches sont jouées comme les sens sont stimulés par l'environnement, cordes et nerfs entrant également en vibration. Les spéculations des Lumières n'ont

Myriam Gourfink dans la performance *DATA_Noise* (voir p. 156). Comme pour les instruments tripartites, le contrôle est indirect. Tanaka contrôle la production sonore par ses mouvements, qui sont des gestes instrumentaux. Dans *DATA_Noise*, Toeplitz et Gourfink contrôlent, à deux, la production sonore. Il s'agit bien de gestes instrumentaux, permettant le contrôle en continu de la musique, mais ce contrôle n'est pas nécessairement intentionnel : la danseuse s'occupe moins de son impact sonore que de ses mouvements, mais la manière dont elle affecte le son est déterminée dans les algorithmes logiciels. On a donc une intentionnalité cachée. C'est un contrôle collectif qui se met en place, partagé entre Gourfink et Toeplitz. L'instrument de musique est le système complet : danseuse, capteurs, ordinateur et haut-parleurs. Comme nous l'avons expliqué plus haut (voir 2.4.6.1, p. 158), le corps est à la fois musicien et fait partie de l'instrument. C'est par ses gestes que le performeur influe sur le son et peut diriger la production sonore, et le corps produit les signaux utilisés ensuite dans la synthèse sonore, il devient l'instrument de ses capteurs. Dans ces performances, les performeurs assument l'ambivalence d'être à la fois musicien et instrument de musique (ou une partie de l'instrument).

3.1.3.3. *Instruments multimédias*

Dans les orchestres d'ordinateurs, les performeurs n'effectuent pas de gestes instrumentaux, mais des actions de commande. Cependant, nous avons vu que certaines performances mettent en place une délégation du geste : un support visuel est chargé de représenter le geste, et les mouvements mis en scène (en mouvements de lumière, d'images ou d'objets) sont contrôlés de manière conjointe avec la production sonore. Avec ces systèmes, le contrôle du son est indirect et collectif, il n'est pas proprement gestuel mais gestuel par délégation. Le substrat visuel est capable de remplacer les mouvements corporels des performeurs, qui eux disparaissent dans l'ombre. L'instrument de musique est un système complexe, multimédia, au contrôle partagé. Il comprend des ordinateurs, diverses interfaces (des caméras, des manettes ou autres interfaces plus ou moins gestuelles, parfois des *tether-controllers*), et un élément visuel prépondérant (un écran de projection, un système d'éclairage, voire une machine), qui attire l'œil du spectateur, bien plus que les performeurs eux-mêmes (voir 2.5.2.2, p. 184). L'instrument occupe alors tout l'espace scénique : chaque objet de la scène fait partie de l'instrument.

cependant pas plus d'emprunte sur nos performances numériques que ce lointain écho à une idée de corps-instrument. Voir Philippe SARRASIN ROBICHAUD, *L'Homme-clavecin, une analogie diderotienne*, (Paris: Classiques Garnier, 2017).

La particularité majeure de ces instruments est la délégation du geste qu'ils mettent en place. C'est une forme d'instrumentalité par procuration : le performeur délègue le « jeu », l'action visuelle, à un autre substrat ; le corps se décharge de son geste. Le système produit les sons d'une part, et projette un geste ailleurs qu'à la source de ce son : sur écran, par vidéo (comme dans *GhostLine* ou *Connectome*), sur une machine (comme dans *Machine Yearning*). Les concepteurs de ces systèmes et les performeurs eux-mêmes considèrent aisément ces réalisations comme des instruments de musique. C'est en élargissant le concept de geste instrumental à un geste pouvant être délégué que nous pouvons considérer ces systèmes comme des instruments de musique, et ainsi esquisser la classe des instruments multimédias.

Voilà trois classes d'instruments de musique numériques que nous avons pu identifier grâce à une réflexion sur les critères définitionnels : les instruments tripartites, les instruments incluant le corps, et les instruments multimédias. Ces trois catégories nous permettent de souligner leurs différentes manières d'être et les nuances qui les distinguent. Cela ne signifie pas, cependant, que tout système avec interfaces gestuelles, ou tout système musical accompagné d'images ou de vidéo peut être instrument de musique. Pour aller plus loin et affiner notre compréhension de l'instrument de musique, il convient à présent d'examiner les systèmes numériques qui ne peuvent pas être à proprement parler des instruments de musique. La discussion qui va suivre nous permettra de cerner avec plus de précision les limites de l'instrument de musique, pour ensuite parvenir à une nouvelle définition.

3.1.4. *Ce qui n'est pas instrument de musique*

L'actualisation des critères définitionnels réalisée plus tôt nous a permis d'élargir la manière dont on peut voir l'instrument de musique sur les scènes musicales. Nous sommes parvenus à cette révision grâce à la connaissance des nouvelles musiques numériques et à une attention à l'intuition de sens commun. Elle stipule un geste instrumental, compris comme étant un geste physique permettant d'avoir un contrôle sur la production sonore (voir 3.1.2, p. 212), comme l'élément déterminant pour identifier un instrument de musique. Ce geste instrumental peut se décliner de différentes manières : il peut permettre un contrôle indirect, collectif, manifestant une intentionnalité cachée, il peut être un geste délégué à un média visuel. Dans tous les cas, il doit permettre un

contrôle continu, c'est-à-dire être nécessaire à la continuation de la musique, par l'entretien du son ou le déclenchement renouvelé d'éléments sonores. Pour pouvoir identifier les limites du concept d'instrument de musique et en saisir les nuances, il nous faut examiner de plus près différents cas de situations musicales sans instrument de musique.

3.1.4.1. *L'ordinateur seul*

L'ordinateur seul n'est pas un instrument de musique. Il peut produire de la musique, parfois de manière autonome (si on le programme avec des systèmes de composition automatique, par exemple avec l'intelligence artificielle). Cela nécessite l'intervention de personnes pour la réalisation des logiciels, mais ensuite, la production musicale et la lecture du son se font de manière automatique²³. Discutons ici des logiciels de composition par ordinateur, des performances de Kernel et d'orchestres d'ordinateurs, et du *live coding*.

Les logiciels de composition musicale par ordinateur (Logic Pro, Cubase, Pro Tools, Ableton Live et une d'autres, voir 2.5.1.1, p. 166), permettent de construire des morceaux piste par piste, de les enregistrer et ensuite de les restituer en les faisant lire par l'ordinateur (ou par un autre appareil de lecture). Ils comportent des modules de traitement sonore, de mixage et d'édition, mais aussi des « instruments virtuels²⁴ » : sons de synthèse ou sons enregistrés, ils reproduisent avec plus ou moins de ressemblance le son de « vrais » instruments de musique. Ils permettent de faire jouer des éléments (une partition, un rythme, une ligne de basse...) par le logiciel et ainsi de synthétiser des pistes sonores. Mais ils ne sont joués par aucun musicien, c'est l'ordinateur qui les « joue » : on peut ainsi dire que l'instrument virtuel est virtuellement joué. Mais cela ne permet pas non plus à l'ordinateur d'être instrument de musique. Ces logiciels permettent à une personne seule de réaliser un morceau complet, se servant d'instruments virtuels plutôt que d'un véritable orchestre. L'ordinateur est alors l'hôte d'un studio virtuel où jouent des instruments virtuels. Il sert à réaliser de la musique, c'est un instrument *de la* musique,

23. L'Electronium, construit par Raymond Scott dans les années 1960, était une machine électronique qui pouvait composer de la musique en direct, et la jouer en même temps. Dénommée par Scott « machine de performance de composition instantanée », c'est à la fois un séquenceur* et un synthétiseur, et elle est programmée pour composer de la musique de manière autonome et automatique. Elle fut peu utilisée et n'est plus en état de fonctionner aujourd'hui, mais elle constitue une anticipation électronique de ce que le numérique a pu apporter ensuite. Voir <http://www.synthtopia.com/content/2011/08/20/mark-mothersbaugh-and-the-electronium/> (consulté le 17/07/2019).

24. Appelés aussi VSTi, pour *Virtual Studio Technology instrument*, VST désignant toute fonctionnalité de studio virtuel en général.

selon Sève. Cette musique ne fait pas l'objet d'une performance musicale : elle est enregistrée, fixée sur support, prête à être restituée. Le fichier sonore généré est lu par une machine, c'est le *playback*. Il n'y a pas de geste instrumental.

Certains de ces logiciels de création musicale peuvent aussi être utilisés sur scène pour produire de la musique. On peut avoir l'ordinateur à disposition, et lui faire jouer une musique enregistrée en appuyant sur *play*. Il s'agit alors d'une « présentation musicale » et non d'une performance (voir 1.2.2.4, p. 75). Mais le performeur peut aussi composer de nouvelles pistes ou modifier en direct des séquences déjà enregistrées. Il peut utiliser des échantillons sonores disponibles en mémoire ou bien créer des pistes sonores à partir d'instruments virtuels et les faire jouer en boucle (une rythmique, une série d'accords). Les gestes de manipulation de la souris et du clavier d'ordinateur ne contrôlent pas directement le son, ils manipulent l'interface graphique du logiciel pour assembler et modifier des pistes et échantillons sonores. Ce sont des actions de commande. La lecture des pistes ainsi réalisées se fait de manière automatique par l'ordinateur. Celui qui les produit est plus un ingénieur du son qu'un musicien, sur scène il adopte un rôle de régisseur : déclencher au bon moment, effectuer des réglages sonores. Bien souvent, ce régisseur accompagne d'autres musiciens, ou bien ce sont les musiciens eux-mêmes qui jouent ce rôle de temps à autre pour accompagner leur jeu instrumental : on peut alors faire jouer par ordinateur une piste rythmique si l'on n'a pas de batteur, produire des effets sonores ou des accompagnements harmoniques... Par exemple, l'artiste Tash Sultana chante, joue de la guitare, et s'accompagne de pistes numériques²⁵. Elle est à la fois musicienne et régisseur, elle cumule les actions de jouer de la musique et de *faire jouer* l'ordinateur. Ainsi, même dans une utilisation en direct sur scène, l'ordinateur et son logiciel de création musicale ne sont pas des instruments de musique.

Dans les performances de l'ensemble Kernel (voir 2.5.3.2, p. 189), les performeurs synthétisent tous les sons en direct lors du concert, en suivant les instructions d'une partition. Ils renseignent des paramètres sonores comme des fréquences ou des durées dans l'interface de l'ordinateur. Au clavier et à la souris, leur geste n'est pas un geste instrumental mais une action de commande : ils donnent des instructions pour que l'ordinateur produise la musique. Même s'il faut contredire Toeplitz, ces ordinateurs ne sont pas des instruments de musique.

25. Voir par exemple son morceau *Jungle* : <https://www.youtube.com/watch?v=Vn8phH0k5HI> 39.

Les orchestres d'ordinateurs, en particulier PLOrk, ont innové dans une nouvelle façon de représenter le geste de contrôle de la production sonore, en associant celle-ci à des éléments visuels dynamiques. Nous y avons identifié les instruments multimédias. Cependant, ceci n'est pas une caractéristique générale des performances d'orchestres d'ordinateurs : nombre de productions ne s'alignent pas sur cette idée. En l'absence de représentation visuelle adaptée (générée et contrôlée conjointement avec les signaux sonores), il n'y a pas de délégation du geste, pas de geste instrumental, donc pas d'instrument de musique. Cela se produit quand une pièce ne propose aucun médium visuel (*CliX* par exemple), mais aussi quand le visuel mis en place n'est pas généré de manière partagée avec la musique. Il joue alors un rôle décoratif, permettant sans doute de compenser l'absence d'action visuelle des performeurs avec ordinateurs, mais pas de créer un véritable instrument de musique (comme dans *Twilight*).

Voyons maintenant les performances de *live coding* (voir 2.5.3.1, p. 186) : elles consistent à construire des simulations informatiques d'instruments virtuels. Les équations implémentées décrivent le comportement de structures vibratoires virtuelles. En effectuant les calculs, l'ordinateur détermine le signal sonore que ces structures pourraient produire : il « joue » l'instrument virtuel. A la fin, ce sont toujours les haut-parleurs qui laissent entendre le résultat sonore. Tout au long de la performance, les live-codeurs construisent et modifient leurs simulations d'instruments, comme un luthier ajuste l'épaisseur du bois pour parvenir au son qu'il souhaite. En modifiant le texte, on change certains paramètres, faisant varier le son résultant. Les performeurs n'ont pas de contrôle sur le jeu : une fois qu'une ligne de code est écrite et compilée, elle est lue en continu par l'ordinateur, jusqu'à ce que le performeur lui demande d'arrêter. Le jeu – une lecture sonore – est tout aussi informationnel que l'est l'instrument, il est activé par les performeurs, mais pas contrôlé. Les performeurs travaillent sur le design d'instruments virtuels, ils sont des luthiers virtuels – ou plutôt, des luthiers *du* virtuel. De ce fait, les performances de *live coding* sont des performances musicales non instrumentales, mais des performances de lutherie virtuelle.

Ainsi, l'ordinateur en studio ou sur scène avec logiciels d'édition musicale ou de programmation musicale (Kernel ou le *live coding*) ne constitue pas un instrument de musique. Ce qui fait la différence entre l'ordinateur utilisé directement (avec un logiciel, via clavier et souris) et l'ordinateur associé à des interfaces gestuelles (constituant un instrument de musique tripartite), c'est la nécessité ou non du geste. Nous avons parlé

pour cela de la continuité du contrôle : le geste est nécessaire à la continuation de la musique, par l'entretien et le maintien du son ou par le déclenchement renouvelé de nouveaux échantillons. En utilisant un logiciel, le geste (naviguer à la souris ou au clavier, cliquer) est occasionnel et non nécessaire : on peut aussi laisser l'ordinateur jouer tout seul. Une piste déclenchée n'a pas besoin qu'on intervienne pour subsister. Avec des interfaces gestuelles, on ne crée rien sans geste : le geste est nécessaire pour créer et entretenir le son. C'est ce que nous avons appelé le geste instrumental (voir p. 224).

Ce qui nous conduit à aborder un paradoxe des interfaces numériques : ce qu'on appellera le paradoxe on/off. Le programme logiciel peut être construit de telle sorte qu'un certain matériau sonore soit produit en continu tant que des données de mouvement sont mesurées, par exemple la distance entre les deux manettes des Hands ou des gloves. Mais si l'on pose l'interface sur le côté de la scène, elle risque de sonner encore : elle continue à mesurer cette distance, même si le geste n'est plus. Cela ne s'arrête que lorsqu'on débranche l'interface. Cela contredit la condition du geste nécessaire : le son peut s'entretenir tant que les capteurs continuent de mesurer des données, même sans gestes. La mise en œuvre de l'instrument par le musicien ne semble plus nécessaire. C'est le paradoxe du contrôle on/off, ou du branchement et débranchement. Il peut cependant être évité, si on le considère au moment de concevoir les instruments.

Ainsi, même s'il faut ici contredire certains musiciens, l'ordinateur n'est pas un instrument de musique, même manié en live via le clavier et la souris. Il permet de développer et de faire jouer des instruments virtuels, auquel cas l'instrument virtuel est joué par l'ordinateur (lui-même commandé par l'opérateur, qui a un rôle de régisseur) et n'est pas un véritable instrument de musique. Le geste qui est à l'œuvre (bouger la souris, cliquer, taper au clavier) est une action de commande, et non un geste instrumental. C'est un geste minime, qui ne nécessite pas d'engagement physique ni de grande expertise. C'est un geste *informatif* : il est relié à la réalité du son de manière informationnelle. L'objectif est toujours, bien sûr, de produire un son. Mais on donne l'instruction au logiciel de le produire. Comme si l'on cliquait sur l'image d'un archet de violon à l'écran pour le déplacer sur les cordes : on fait jouer un violon virtuel, on n'en joue pas soi-même. Ainsi, on règle un curseur, on renseigne un nombre déterminant une fréquence ou quelque autre paramètre, on clique pour déclencher un échantillon ou arrêter sa lecture : ce n'est pas *jouer un son*, mais plutôt commander sa lecture. On est alors bien plus un ingénieur

ou régisseur du son qu'un musicien en performance. Ce qui n'empêche pas que ce soit bien une performance, mais une performance de régisseur ou de DJ, et non une performance instrumentale (qui nécessiterait l'usage d'instruments de musique).

3.1.4.2. Ordinateur et surfaces de contrôle

Parmi les logiciels de composition musicale que nous venons d'évoquer, certains sont aussi prévus pour pouvoir être équipés d'une interface gestuelle (le plus souvent, des contrôleurs à pads comme Push d'Ableton ou le contrôleur associé à Maschine, mais aussi des claviers ou d'autres types de contrôleurs MIDI), facilitant la création en direct de pistes sonores. On peut alors utiliser l'ordinateur pour former un instrument tripartite, lorsqu'on l'équipe d'interfaces gestuelles (DMI, contrôleurs MIDI, interfaces à signaux physiologiques) et de haut-parleurs (voir 3.1.3.1, p. 231). Mais toutes les interfaces gestuelles ne permettent pas de former un véritable instrument de musique.

Le plus souvent, ces logiciels de composition par ordinateur sont utilisés avec des contrôleurs à pads (nous avons présenté précédemment Ableton Push et Maschine, voir 2.4.2.3, p. 131). Discutons alors des gestes et du contrôle qu'ils permettent. Il existe un très grand nombre de contrôleurs de ce type, qu'on utilise connectés avec un ordinateur muni d'une plateforme audionumérique*. Les consoles, contrôleurs qui ne présentent que des curseurs et potentiomètres, sont plus souvent utilisés en studio ou en régie (voir 2.4.2.3, p. 131). Ils permettent le déclenchement de pistes enregistrées, avec des réglages possibles – mais non nécessaires – pendant la lecture de ces pistes. Nous ne les considérons donc pas comme des instruments de musique : ils sont des instruments de lancement et de modulation de la musique, ce qui correspond au rôle du régisseur ou du DJ. Le geste n'est pas nécessaire à la continuation de la musique, celle-ci est jouée par l'ordinateur. Intéressons-nous alors aux contrôleurs à pads. Il s'agit en grande partie d'appuyer sur des touches, souvent disposées en damier, parfois de tourner des boutons ou pousser des curseurs. Ces gestes permettent de déclencher des échantillons sonores enregistrés, que ce soit une note, un son de batterie, un extrait vocal ou toute une piste déjà composée. Les pads permettent un jeu percussif flexible, et les boutons permettent de passer d'un son de batterie à un son de piano en un clin d'œil. Remarquons que selon la nature des échantillons, le jeu ne sera pas le même : on peut *déclencher* de longs extraits sonores, à la manière d'un DJ. Mais avec des échantillons courts, il faut en déclencher constamment pour faire continuer la musique : celle-ci cesse si les gestes s'arrêtent. On reconnaît alors le geste instrumental. La nature du matériau musical de base (notes

individuelles²⁶ ou longues pistes sonores) fait donc une différence entre une utilisation instrumentale ou non de l'interface de contrôle. Plus le performeur utilise des extraits sonores longs et composés, plus son action devient occasionnelle et facultative. Le déclenchement d'une piste ne nécessite plus l'intervention du performeur – même si celui-ci garde toujours la possibilité de modifier cette piste et d'y ajouter d'autres sons. Cela relève de l'action du DJ ou du régisseur. Ainsi, on voit qu'il existe un continuum entre deux pôles, un jeu d'échantillons courts et le déclenchement de pistes longues. Il n'y a pas de « durée limite » des échantillons sonores qui différencierait un jeu instrumental d'un jeu de DJ. D'autre part, plusieurs attitudes différentes peuvent être combinées lors d'une même performance : le jeu de DJ peut alterner ou se superposer avec un jeu plus instrumental, comme on peut le visualiser dans l'utilisation du contrôleur DDJ SX2 de Pioneer²⁷. Ainsi, ce qui se présente comme instrument de musique finit par ne plus manifester de limites bien définies²⁸.

De même, les *tether-controllers* peuvent être utilisés de différentes manières. Dans *WALO*, ils sont utilisés pour déclencher des pistes sonores déjà enregistrées, les voix des différents performeurs. Au contraire, dans *Twilight* ou dans *Search for Life*, ils permettent de contrôler de manière continue la production sonore, une synthèse en direct dans *Twilight*, et un traitement d'échantillons sonores enregistrés en début de pièce dans *Search for Life*. Ces interfaces gestuelles manifestent donc aussi différentes utilisations possibles, entre un simple déclenchement de pistes sonores et un jeu véritablement instrumental.

Revenons aux surfaces de contrôle et considérons seulement les situations les plus « instrumentales » du continuum, celles où le performeur ne joue que échantillons courts (notes ou sons percussifs) : le jeu peut se rapprocher d'un jeu pianistique. Les contrôleurs les plus évolués permettent un toucher sensible à la vitesse : on ne fait pas que *déclencher* une note, on peut véritablement la *jouer* en contrôlant le volume sonore²⁹. Certains contrôleurs à pads peuvent ainsi permettre de former de véritables instruments de

26. Prenons « note » au sens large : un son avec une hauteur, un timbre, qui peut être un accord, ou un son percussif sans hauteur, le tout est que l'échantillon soit court et élémentaire.

27. Dans cet exemple : <https://www.youtube.com/watch?v=SsFKe9dFiF4> 40, on voit bien le performeur mélanger les deux aspects : le DJ qui lit des pistes, utilise des effets sonores, tout en jouant par-dessus grâce aux pads.

28. De même que les platines du DJ, instruments d'abord de lecture, peuvent devenir instrument de musique lorsque l'action du DJ consiste à déclencher continuellement des échantillons courts ou à effectuer tellement de modifications sur ses pistes sonores que celles-ci en sont radicalement transformées : l'action du DJ est alors nécessaire à cette production sonore, même si les disques peuvent continuer à être lus sans intervention de sa part.

29. Ce qui fait écho à la différence qu'on trouve entre le piano et le clavecin : jouer une note en pouvant, ou pas, avoir un contrôle sur le volume sonore à l'attaque.

musique, proche de la classe des instruments tripartites. Du bout des doigts, le performeur joue des mélodies ou des rythmes, parfois avec une rapidité impressionnante (comme Jérémy Ellis³⁰). Mais la morphologie des contrôleurs, dont les touches sont souvent organisées en damier, ainsi que les options disponibles (enregistrement, jeu en boucle, changement de sons), encouragent un autre style de jeu que celui du clavier. Tous les autres boutons permettent de changer aisément de types de sons, d'enregistrer des séquences, de les combiner et de les jouer en boucle.

Ces contrôleurs, en plus de comporter la possibilité d'un jeu non instrumental, se distinguent des instruments de musique tripartites par l'attitude du performeur vis-à-vis du code informatique. Ces contrôleurs sont faits pour être branchés à un logiciel commercial, livré prêt à l'emploi. Nul besoin de développer soi-même des algorithmes, il suffit de naviguer dans le logiciel pour choisir des sources sonores et faire toutes sortes de réglages (même si l'on peut aussi, sans que cela soit nécessaire, développer soi-même de nouvelles fonctions à ajouter au logiciel). Cela permet une plus grande facilité d'utilisation, dès lors que les compétences en programmation ne sont pas nécessaires. D'où aussi le fait que ces contrôleurs abondent sur le marché, contrairement aux interfaces de nos instruments tripartites, destinées à un public plus restreint – voir limitées à l'usage d'un musicien unique.

3.1.4.3. *Instruments et musiques mixtes*

Arrêtons-nous à présent sur les instruments « mixtes » comme la basseOrdi de Toeplitz ou la laptop guitar de Geisse, ainsi que sur les hyper- ou smart-instruments (voir 2.4.4.2, p. 146). Dans ces cas-là, l'ordinateur supplée un instrument acoustique ou électrique, pour lui permettre d'élargir sa palette sonore. Il agit comme agirait une pédale d'effet : le musicien déclenche des effets qui permettent de transformer le son qu'il joue ou d'y ajouter d'autres éléments sonores. Le guitariste jouant d'une smart-guitare, par exemple, joue un peu plus que de la guitare : il conserve sa technique d'instrumentiste, mais il doit aussi s'adapter au nouveau matériel qui l'accompagne. Son instrument demeure la guitare, et l'ordinateur ne forme pas un autre instrument. Il sert à « augmenter » la guitare. Dans le cas de la basseOrdi ou de la laptop guitar, Topplitz ou Geisse ne se contentent pas de jouer de la basse ou de la guitare, ils sont aussi constamment en interaction avec leur ordinateur. Ils alternent ainsi entre leur rôle de

30. Voir un exemple de performance : <https://www.youtube.com/watch?v=HdFIFxJFmfY> 15.

musicien et un rôle de régisseur, où ils manipulent des paramètres sur leur ordinateur, au clavier ou à la souris. L'ordinateur a un rôle d'augmentation de l'instrument électrique. L'instrument « mixte » constitue une version augmentée de l'instrument traditionnel (la guitare, le violoncelle...) qu'il est déjà, mais pas un véritable nouvel instrument de musique.

Dans les performances de musique mixte, l'équipement informatique n'est pas embarqué sur l'instrument ou l'instrumentiste. Il ne forme pas une augmentation de l'instrument, mais un accompagnement qui lui est séparé, même si cet accompagnement se construit en fonction de ce que joue le musicien. Ainsi, en musique mixte, l'instrument acoustique (ou électrique) reste ce qu'il est et ne forme pas un nouvel instrument numérique.

Revenons aux systèmes embarqués* (voir 2.4.4.3, p. 148) : ils forment de véritables instruments de musique, ils admettent un geste instrumental et non des actions de commande. Mais nous avons vu aussi que par leur constitution et leur manière d'être, ils se rapprochent du paradigme acoustique. Ce sont des artefacts autonomes, tenus dans les mains d'un musicien, produisant leur propre son sous son contrôle. Ils se passent d'ordinateurs, et même s'ils sont numériques et nouveaux, l'utilisation qu'en fait le musicien peut s'apparenter au jeu d'un instrument électronique. C'est le cas, en particulier, des pianos numériques. Observons le Dualo : on joue des notes (des échantillons courts) en appuyant sur les touches. On peut aussi enregistrer une séquence, la jouer en boucle et continuer, appliquer des effets sur le son. Les fonctionnalités possibles s'approchent de celles disponibles sur une surface de contrôle à pads. Même si elles sont plus restreintes, on retrouve la même attitude de jeu dans ces deux cas – la différence étant que la surface de contrôle permet plus de réglages sonores, alors que le Dualo met l'accent sur le jeu des notes avec une disposition des touches ergonomique, et son logiciel est embarqué sur l'instrument.

3.1.4.4. Musique acousmatique et spatialisation

Considérons maintenant les musiques acousmatiques* spatialisées : ce sont les musiques enregistrées sur support dont la restitution en concert mobilise l'action d'un opérateur, qui ajuste sur sa console les volumes des différents haut-parleurs répartis dans la salle. Ni la console, ni le dôme de haut-parleurs, ne sont des instruments de musique. L'acousmonium n'implique pas de gestuelle reliée à la production du son. Ce sont des réglages de volumes et de spatialisation, des gestes qui ne sont pas nécessaires à la

continuation de la musique. Le geste de l'opérateur commande la diffusion des différentes pistes, mais le jeu de la musique est automatique (*playback*). Ce n'est pas un geste instrumental. Même s'il faut reconnaître qu'une virtuosité est possible, comme peuvent en témoigner les adeptes des concerts de musique acousmatiques, les compositeurs et les diffuseurs eux-mêmes : certains acousmates peuvent être qualifiés de virtuoses pour leur excellente appréhension du système de diffusion et leur habileté à manier les curseurs en situation de concert. Le réglage en direct des volumes n'est pas une interprétation, dit Risset, mais une adaptation à l'acoustique d'un lieu³¹. Il faut en outre reconnaître que la spatialisation de la musique acousmatique n'est pas spécifique au domaine du numérique : les différentes pistes peuvent être enregistrées sur bandes magnétiques, sur vinyles, comme sur CD ou pistes mp3, et le fait que les supports soient analogiques* ou numériques ne change rien à la présentation musicale.

Pour résumer : l'ordinateur seul, sans autres interface que son écran, le clavier et la souris, n'est pas un instrument de musique. Le geste de l'utilisateur est une action de commande, mais pas un geste instrumental. L'opérateur est alors plus proche d'un DJ numérique ou d'un régisseur que d'un musicien – même s'il peut cumuler ces deux fonctions, lorsqu'il joue d'un instrument de musique traditionnel tout en s'accompagnant à l'ordinateur. Aussi, la table de mixage de l'acousmate ou son dôme de haut-parleurs ne sont pas des instruments de musique. Les interfaces de type surfaces de contrôle permettent une grande variété d'usages de l'ordinateur, qui se distinguent par la portée des gestes engagés et le matériau sonore de base utilisé (échantillons élémentaires ou pistes pré-composées). On peut distinguer deux attitudes différentes : le jeu instrumental (le système se rapporte à un instrument de musique tripartite) et un jeu de DJ, où on utilise le système comme un appareil de lecture automatique. Ces deux attitudes, non seulement sont souvent combinées, mais aussi présentent tout un spectre d'attitudes intermédiaires. Ainsi, le matériel offre la possibilité d'un instrument de musique ; son usage peut confirmer ou infirmer l'instrument de musique. Comment alors distinguer une utilisation instrumentale ou non d'une interface ? Le public, en tout cas, ne peut pas être juge : il peut facilement être trompé, percevant mal la responsabilité du performeur dans l'élaboration du contenu sonore. On peut croire qu'une mélodie ou un son sont produits en direct alors qu'ils sont simplement restitués, ou à l'inverse, penser entendre des sons

31. RISSET, « Nouveaux gestes musicaux : quelques points de repères historiques ».

enregistrés alors qu'ils sont véritablement joués. Pour une interface pouvant constituer un instrument de musique, c'est son utilisation qui détermine l'endroit du continuum où l'instrument se situe : du côté des instruments de musique ou du côté des instruments du DJ numérique. Le type de contrôleur, puis la manière dont il est utilisé, permettent de faire la différence. Ainsi, pour un même matériel « à potentiel d'instrument de musique », c'est une certaine utilisation qui en fera ou non un instrument de musique.

3.1.5. L'universel ou modèle paradigmatique de l'instrument de musique

Les trois nouvelles classes d'instruments déclinent différentes manières d'être instrument de musique. Elles mettent en œuvre des formes d'artéfacts et de processus performatifs qui s'éloignent des situations musicales classiques ou acoustiques, en créant des performances avec manipulation d'objets, avec projections visuelles animées, ou parfois même avec de la danse. Pourtant, au cœur de toutes ces pratiques, qu'elles soient acoustiques ou numériques, demeure une idée centrale. C'est ce que nous appelons l'universel dans l'instrument de musique : le cœur, le plus petit élément partagé par tous les instruments.

L'universel dans l'instrument de musique n'est plus, comme l'affirmait Sève, « le geste qui fixe, dans un objet physique fabriqué à cet usage (ou, parfois, détourné à cet usage), le désir et la possibilité matérielle de produire des sons différents de ceux que la voix humaine peut produire³² ». Ce n'est plus l'objet physique qui produit le son. Cela valait dans l'univers des instruments acoustiques, et d'une certaine manière aussi chez les instruments électroniques, mais demande maintenant une actualisation. Dans les configurations numériques, ce n'est pas l'objet manipulé qui produit le son, il y a toujours au moins un intermédiaire entre l'interface et le son : le logiciel. L'objet physique est arbitraire, aucun son n'est fixé en lui. L'interface est toujours muette. Et le geste peut aussi prendre des formes différentes d'un geste physique : il est délégué à un autre substrat visuel dans les performances multimédias – où il est tout aussi muet. La possibilité de produire des sons n'est pas matérielle : elle est logicielle, computationnelle. Les sons réalisables sont définis par des codes informatiques, les algorithmes permettent de les calculer ; l'ordinateur transmet l'information, et les haut-parleurs donnent finalement leur existence acoustique aux sons. Ce qui unit tous ces instruments de musique est le désir de

32. SEVE, *L'instrument de musique*, p. 81.

lier la génération sonore au geste, corporel ou délégué mais toujours visuel et dynamique, du performeur, afin de faire exister une musique qui soit véritablement jouée, performée. Ainsi, l'instrument de musique crée une situation de scène et un cadre de possibilités sonores. Que ce soit dans les situations acoustiques ou numériques, l'instrument donne quelque chose à voir. L'instrument acoustique est un bel objet, les bois sont soignés et vernis, les cuivres brillent. Sur scène, le musicien et son instrument sont le point central de l'attention visuelle des spectateurs, et même si les organistes se cachent dans leur tribune, les orgues font une bien fière parade dans leurs églises. Mais avec les instruments numériques, cet espace visuel est investi d'une autre manière. Dans les performances avec des instruments tripartites, le geste est autonome, indépendant des contraintes mécaniques de la production sonore. Dans les performances multimédias, la délégation du geste donne au visuel une place plus importante encore. Ce nouveau substrat visuel n'est pas un simple appareil décoratif : il est intrinsèquement relié à la production sonore, même s'il ne lui est pas nécessaire. De ce fait, il est essentiel pour la performance instrumentale, car sans lui, le geste disparaît complètement.

L'incorporation du son dans un geste est ce qui unifie tous les instruments de musique. Il s'agit d'ancrer la production sonore, qu'elle soit physique ou numérique, dans un contrôle gestuel. Ceci constitue aussi le modèle paradigmatique de l'instrument de musique. Sous toutes les formes différentes qu'ils incarnent, et derrière toutes les démarches variées qui conduisent à leur création, les instruments de musique numériques s'alignent sur ce modèle : incarner le contrôle de la production sonore. Cette incorporation du geste se réalise directement dans le corps du performeur avec les interfaces gestuelles, ou indirectement avec les performances multimédias où le geste n'est pas accompli par le corps, mais délégué à un autre substrat visuel. On peut donc reformuler ainsi l'universel de l'instrument de musique : c'est l'incorporation du son dans un geste, qu'il soit physique ou délégué (donc supporté par une interface gestuelle ou un substrat visuel), qui contrôle la production (mécanique, électronique ou algorithmique) des sons.

3.1.5.1. L'instrument de musique numérique : définition

Arrivés à cette étape de notre enquête, nous pouvons proposer une définition pour les instruments de musique numériques. Ils constituent une nouvelle catégorie parmi les instruments de musique. Ce sont des systèmes composés de codes logiciels réalisant la production sonore (grâce à la synthèse audionumérique ou à une bibliothèque d'échantillons sonores), d'entités de contrôle permettant d'agir sur cette production

sonore de manière gestuelle (au sens large), et de haut-parleurs pour restituer le résultat des manipulations numériques. Ce système implique le musicien via son geste, qui peut être physique ou délégué à un autre support visuel que le corps. Cela peut s'opérer si les mouvements portés par ce support visuel sont directement reliés au processus de production sonore, par une même action de contrôle de la part des musiciens. Le contrôle peut être indirect (les performeurs contrôlent des paramètres qui sont reliés aux paramètres de synthèse sonore), il peut être collectif, il peut manifester une intentionnalité cachée. Il doit être continu : le geste doit être nécessaire à la continuation de la musique (soit par l'entretien du son, soit par le déclenchement renouvelé d'événements sonores), et c'est ce qui caractérise le geste instrumental.

3.1.6. Bilan

Observant que de nombreux systèmes numériques sont aujourd'hui utilisés pour produire de la musique, nous avons fait l'hypothèse que certains de ces systèmes peuvent former de véritables instruments de musique. Les définitions « classiques » ne permettent cependant pas de les considérer, et les définitions inclusives s'éparpillent. Le sens commun reste parfois perplexe devant des situations nouvelles. C'est pourquoi nous avons examiné tour à tour les différents critères qui permettent de définir l'instrument de musique pour en proposer une actualisation. Connaissant les possibilités numériques actuelles et en réfléchissant à ce que l'intuition de sens commun peut accepter comme caractéristiques de l'instrument de musique, nous avons cherché à expliciter de quelles manières peuvent s'adapter les critères de production sonore, de contrôle, de geste. Cela nous a conduits à redéfinir le geste instrumental et à utiliser cette notion pour identifier les instruments de musique numériques. Nous en avons décrit trois nouvelles classes. Ce sont les instruments tripartites, qui utilisent des interfaces gestuelles, les instruments multimédias, où le geste est délégué à un substrat visuel et non porté par le corps des performeurs, et les instruments incluant le corps humain en utilisant des signaux physiologiques pour la synthèse sonore.

Ensuite, nous avons approfondi notre réflexion en identifiant ce qui, chez les outils numériques conçus pour la musique, ne peut pas être instrument de musique. Ce sont les contrôleurs qui permettent un jeu automatique (*playback*) et non un contrôle continu sur le son grâce à un geste nécessaire à la continuation de la musique. L'ordinateur, utilisé seul ou avec des logiciels d'édition musicale, n'est pas un instrument de musique. Il

permet de faire jouer des instruments virtuels, qui sont des simulations informatiques de structures vibrantes. En *live coding*, on développe un instrument virtuel en direct, mais il n'y a pas de geste instrumental – ni de véritable instrument de musique. Les instruments « mixtes » sont des extensions d'un instrument déjà existant, l'ordinateur participe à cette extension mais ne crée pas de nouvel instrument de musique.

Finalement, nous avons pu proposer une définition de l'instrument de musique numérique et une actualisation de ce qui constitue l'universel de l'instrument de musique en général. Notre enquête ne s'arrête pas à cette définition. Nous allons à présent examiner les dynamiques qui entourent ces nouveaux instruments de musique ainsi que la manière dont peut se construire leur identité, avant d'enfin étudier les performances musicales numériques, dans leur relation aux instruments et dans les objets et expériences artistiques qu'elles proposent. Nous examinerons alors les enjeux qui émergent au sein des pratiques musicales et des représentations qui les entourent.

3.2. Dynamiques de vie et identité des instruments numériques

Les instruments de musique numériques, que nous venons de définir et dont nous avons exploré les limites, font émerger de nouvelles démarches au sein du travail des musiciens et leur posent de nouveaux défis. De leur conception à leur jeu sur scène, ils mettent en œuvre de nouvelles dynamiques et soulèvent de nouvelles questions : comment créer un instrument, comment le faire exister dans la durée, ou plus largement, qu'attendre d'un instrument de musique numérique ? Cela concerne les créateurs d'instruments mais aussi les performeurs, qui jouent un rôle dans la diffusion des instruments et dans leur évaluation.

Aussi, leur identité en tant qu'instruments de musique s'établit de manière particulière. Ce sont des instruments « ouvert » ; nous détaillerons de quelle manière cette identité s'affirme au cours du temps et des performances et dans l'espace scénique. Puis nous explorerons les traces des techniques et des traditions musicales qu'ils portent en eux, à l'aide du concept de rétention tertiaire.

3.2.1. *Dynamiques de vie des instruments de musique numériques*

3.2.1.1. *Démarches de création*

Commençons par une observation : les instruments et outils numériques peuvent émaner de plusieurs démarches de création. On peut sortir un outil du studio et chercher à le positionner sur la scène, mettre en vie des ordinateurs, étendre les capacités sonores d'instruments acoustiques ou électriques... tout cela pouvant conduire à développer une certaine forme d'instrument de musique. Ces démarches sont bien distinctes de celles du luthier qui cherche le meilleur matériau et la meilleure forme pour un instrument acoustique, ou encore de celle de l'inventeur d'un instrument électronique qui connecte des oscillateurs sur un circuit. Elles s'en différencient par le fait qu'elles sont toujours basées sur le développement d'un code logiciel. La plupart des instruments de musique que nous avons présentés témoignent d'une création complète : à partir de rien, bâtir un instrument, construisant une interface et développant un logiciel. Le développement est long, et il faut souvent des années et plusieurs versions pour aboutir à un véritable instrument de musique qui soit satisfaisant. Ainsi, les Hands, le Lady's glove, la BioMuse, sont chacun le résultat de dix ou vingt années de développement et de raffinement.

D'autres instruments naissent par *dérivation d'objets* : les *tether-controllers* sont construits à partir d'une interface de jeu vidéo, détournée pour en faire une interface musicale. La pièce *Machine Yearning* utilise un robot comme support de performance. Dans la pièce *Search for Life*, on emploie des objets divers pour produire du son. Ce sont des chaînes, une râpe à fromage, des vis et des clés, un ressort, un tambourin qui constituent la méduse de *Tethered*. *Connectome* s'approprie un algorithme de modélisation de neurones pour constituer une performance, opérant ainsi la dérivation d'un objet virtuel. Le *rope-instrument* est une dérivation de dérivation, il reprend les *tether-controllers* pour les assembler et en faire un nouvel instrument.

On a aussi des instruments développés par *extension* d'un instrument déjà existant : on cherche à étendre les capacités sonores d'un instrument en l'enrichissant d'un système numérique. C'est par exemple la basseOrdi de Toeplitz ou la laptop guitar de Geisse (voir 2.4.4.2, p. 146). Ce sont aussi le hypercello de Tod Machover, ainsi que tous les « smart instruments », par exemple développés à l'Ircam, où l'on incorpore un traitement numérique du son en temps réel à l'intérieur de l'instrument acoustique. L'extension d'un instrument ne crée pas un nouvel instrument de musique, mais permet d'accroître les possibilités sonores d'un instrument déjà existant. On peut également « étendre » un

logiciel, en l'équipant d'interfaces de contrôle : on élargit non pas ses capacités sonores, mais les possibilités de le contrôler, en remplaçant clavier et souris par des contrôleurs gestuels. Cela permet notamment de sortir du studio pour aller sur scène. Cela concerne d'une part les surfaces de contrôle, en particulier les contrôleurs à pads, mais aussi les Mi.Mu gloves, dont le but est d'associer des gestes physiques à la musique électronique. C'est une démarche de théâtralisation, visant à rendre vivante la musique électronique en la contrôlant par des gestes corporels.

Enfin, on peut observer aussi une démarche de *supplémentation*. Ce sont les pièces de musique mixte (voir 2.4.4.1, p. 143), où on ajoute à un instrument acoustique un accompagnement musical enregistré ou un dispositif de traitement sonore en temps réel, qui s'ajoutent au jeu du musicien. Ici, il ne s'agit pas de théâtralisation mais d'ajouter un accompagnement sonore au jeu d'un instrumentiste.

Ces différentes démarches montrent que les mouvements qui poussent le développement d'instruments numériques peuvent avoir différentes origines et motivations. Toutes ne mènent pas à la création d'un nouvel instrument de musique : la supplémentation crée de nouvelles manières d'utiliser des instruments de musique déjà existants.

D'autre part, lors de leur fabrication, tous les instruments numériques présentent un changement dans le médium de travail. Les facteurs d'instruments acoustiques travaillent avec le bois, les peaux et les cordes, les colles et les vernis. Les facteurs d'instruments électroniques conçoivent avant tout des circuits électroniques, ils s'occupent de connecter des composants sur des circuits imprimés, de relier des oscillateurs entre eux. Le facteur d'instruments numériques plonge dans un nouveau médium : le langage de programmation. Cela n'exclut pas le travail des matériaux et l'électronique, avec l'assemblage des capteurs, la connexion des ordinateurs, interfaces et systèmes visuels le cas échéant. Mais le code informatique est ce qui constitue la nouveauté radicale des instruments numériques. C'est un texte écrit dans un langage de programmation, qui est ensuite converti en langage-machine pour être traité par l'ordinateur³³. Le texte du code commande à la machine d'effectuer des calculs, des opérations logiques, d'interagir avec la mémoire. En numérique, on travaille donc sur l'écriture du code dans un langage de

33. Cette étape de conversion est appelée compilation. Le langage-machine est un autre code, lisible par l'ordinateur. Celui-ci exécute les instructions qui y sont inscrites.

programmation, c'est-à-dire un langage intelligible (pour le développeur) qui permet de commander les opérations mathématiques et logiques qui seront effectuées par l'ordinateur. On y représente des systèmes mathématiques, qui sont des modèles d'instruments ou de processus vibratoires, capables de produire des ondes sonores. Ainsi, la facture des instruments numériques n'est pas un savoir-faire artisanal ou une tradition ; elle requiert des compétences pointues dans des domaines aussi variés que le traitement du signal, la programmation, les systèmes connectés, ainsi que des connaissances en théorie de l'information. Et avant tout, ce sont les mathématiques qui sont premières, car elles sont nécessaires pour la compréhension des signaux et des structures sonores.

3.2.1.2. Travail et pratique des musiciens

Les concepteurs, fabricants et développeurs, peuvent donner vie à un instrument. Mais en dernier lieu, ce sont les musiciens qui permettent le faire vivre. Pour eux comme pour les concepteurs d'instruments, le médium de travail change. En effet, le travail de l'instrumentiste du numérique n'est pas tant un travail du corps (apprentissage et raffinement des gestes instrumentaux) qu'un travail impliquant à la fois une maîtrise des gestes de contrôle de l'interface et une compréhension du système complet, et cela passe souvent par le développement du logiciel. Contrôler ses gestes n'est plus le principal objet de pratique, comme c'est le cas avec les instruments acoustiques et électroniques. Mais il s'agit surtout de connaître les gestes possibles (c'est-à-dire les gestes qui ont un impact sur les capteurs, permettant la création et l'exploitation de données, ce que nous avons appelé les gestes possibles et efficaces), de comprendre leur influence sur la synthèse sonore, de connaître les réactions du système. Selon les instruments, les modes de contrôle peuvent être plus ou moins implicite. C'est ce que met en évidence Laetitia Sonami, en passant du Lady's glove au Spring spyre (voir 2.4.1.2, p. 113). Le Lady's glove permet un contrôle assez évident : à chaque geste est associé un son. Avec le Spring spyre, dont le mapping est non explicite, le lien est moins direct. L'instrument peut avoir des réponses propres et non systématiques. Plus qu'un apprentissage, ce genre d'instruments demande à être apprivoisé. Et pour justement appréhender le fonctionnement d'un instrument, mieux vaut en être soi-même le constructeur, ou au moins être très proche de la fabrication de l'instrument. En témoigne Bert Bongers, relatant une expérience de création d'instruments : « tous les participants étaient d'accord sur le fait qu'être capable de construire ses propres instruments, depuis la soudure jusqu'à la programmation logicielle,

améliorerait leur compréhension de l’idiome³⁴ ». En numérique, travailler son instrument signifie donc à la fois développer et apprivoiser le système.

Créer et travailler un instrument numérique, c’est donc être au plus proche des algorithmes, à la fois en élaborant des structures logico-mathématiques dans des langages formels permettant de représenter des structures vibratoires virtuelles (informatiquement simulées), et en comprenant les manières de les influencer au moyens des interfaces disponibles.

3.2.1.3. *Diffusion et conservation*

À la conception d’un nouvel instrument émerge la question de sa production : reste-t-elle une fabrication isolée, au stade de prototype, ou bien va-t-elle devenir industrielle, et ainsi permettre la diffusion de l’instrument ? La diffusion de l’instrument aux compositeurs, aux interprètes, à tous les musiciens, en dépend, et il en va aussi de la subsistance de l’instrument au cours du temps. S’il est connu des compositeurs, il pourra susciter la création d’un répertoire, et réciproquement, le répertoire permet de faire connaître l’instrument, pour que non seulement il soit joué en concert mais aussi qu’il continue d’être utilisé dans le futur. S’il existe des pièces intéressantes ou à succès, elles pourront se diffuser, encourager d’autres musiciens à travailler avec l’instrument, et ainsi accroître sa renommée et permettre sa pérennité. Au contraire, si un instrument ne connaît pas de production industrielle ou de développement commercial, il risque de n’être jamais utilisé que par ses concepteurs, ou au mieux un cercle restreint de connaisseurs. Et c’est effectivement ce qui arrive à nombre des instruments de musique numériques.

Une autre possibilité est de détourner un appareil déjà produit industriellement pour l’adapter et en faire une interface. L’ensemble PLOrk a ainsi acheté des contrôleurs d’un jeu vidéo de golf pour en faire des interfaces gestuelles. Il est ainsi possible de se procurer le même matériel et de l’adapter soi-même, moyennant quelques compétences en électronique et informatique. Ce serait sans compter que cette compagnie de jeux vidéo a fait faillite et que les contrôleurs ne sont plus produits : même avec du matériel disponible dans le commerce, on n’a pas la garantie de sa durabilité.

D’autre part, la durabilité des instruments de musique numériques est menacée par l’obsolescence informatique et technologique. Les logiciels, le matériel de stockage, ainsi

34. Bert BONGERS, « Physical Interfaces in the Electronic Arts », dans Marc Battier et Marcelo M. Wanderley (éd.), *Trends in Gestural Control of Music* (Paris: Ircam - Centre Pompidou, 2000), p. 30.

que les systèmes d'exploitation des ordinateurs évoluent si vite que chaque logiciel doit régulièrement être mis à jour pour pouvoir fonctionner avec les dernières versions des ordinateurs. Ce problème se pose déjà avec les musiques électroniques et concrètes ; la disparition des supports et des machines appropriées pour les lire entraîne la perte d'instruments et d'œuvres³⁵. Sans un travail de maintenance, de nombreuses pièces et instruments risquent de ne plus pouvoir être joués, et c'est en effet ce qu'il se passe. De nombreuses pièces n'existent plus que par leurs enregistrements car les machines nécessaires à leur exécution ont disparu. Ce problème de pérennité concerne aussi bien des pièces de musique mixte que les instruments numériques³⁶ et que les œuvres enregistrées sur support, quand ces supports vieillissent et nécessitent une restauration. L'obsolescence des logiciels informatiques menace rapidement nombre de programmes qui ne pourront plus être lus par aucune machine. A plus grande échelle temporelle, les supports de mémoire numérique sont relativement fragiles, les CD ou clés USB ne sont pas éternels et les bibliothèques et sonothèques n'ont pas encore entrepris de travail de conservation comme cela a pu être fait pour les partitions écrites. Les modes de stockage par *clouds* ne sont pas non plus infaillibles. On perd ainsi facilement des fichiers essentiels à l'exécution de pièces ou au fonctionnement de certains instruments. La disponibilité des matériaux et composants de base est aussi fragile : certains objets technologiques dont la production industrielle, soumise aux lois du marché, s'arrête, peuvent faire défaut et abrégé la vie d'un instrument, dont on ne pourra pas remplacer certains éléments.

Ce qui nous ramène à la question de la pratique des musiciens : quand l'appropriation d'un nouvel instrument requiert un apprentissage et de l'entraînement, pourquoi choisir de s'exercer à en jouer si celui-ci risque de disparaître ? Le manque de garantie de la pérennité d'un instrument peut décourager les musiciens de s'y investir, ce qui vient contribuer à la faible diffusion des instruments numériques.

Lors de l'invention de nouveaux instruments, on peut observer différentes stratégies d'accessibilité pour faire face à cette question, deux attitudes qui semblent s'opposer. Une première tendance consiste à créer une interface permettant à tous, musiciens ou pas, de pouvoir jouer de la musique sans effort. L'approche de l'interface doit être intuitive pour

35. Marc BATTIER, « Electroacoustic music studies and the danger of loss », *Organised Sound* 9, n° 1 (2004), p. 47-53.

36. Alain BONARDI et Jérôme BARTHELEMY, « Le patch comme document numérique ». Voir aussi Patrick SAINT-DENIS, « De la pérennité des musiques numériques, On the perennity of digital musics », *Les Cahiers du numérique* 8, n° 4 (2012), p. 13-31.

permettre une familiarisation immédiate avec l'outil. Ce sont donc des instruments livrés clés en mains, où aucune programmation ne reste à faire. Faisant le choix de l'accessibilité, ils visent souvent un développement commercial. Le Dualo est un parfait exemple de cette stratégie : dès les premiers essais, on peut élaborer de la musique, sans passer par les gammes et le solfège. Une autre démarche consiste à produire un instrument qui permettra à son utilisateur de rechercher la virtuosité et d'en devenir un spécialiste, grâce à un entraînement soutenu et à une recherche des modes de jeu possibles. Ce qui implique, pour l'instrumentiste, de participer à la composition de l'instrument, notamment par le développement du code logiciel. On peut donc chercher soit à démocratiser les pratiques musicales par des outils grand public, soit à produire des objets appelant au développement de nouvelles techniques de jeu – mais l'observation montre que ces deux approches sont rarement compatibles en un seul instrument.

3.2.1.4. *Evaluation des interfaces*

Avant de penser à la diffusion d'un instrument, on peut chercher à savoir s'il sera apprécié. Sur quels critères évaluer les instruments et interfaces ? On voit émerger un nouveau champ de recherches qui vise à proposer des méthodes d'évaluation des interfaces et systèmes musicaux. Ce domaine prend une importance croissante au sein de la communauté NIME depuis quelques années, bien que les objectifs et les démarches d'évaluation soient très disparates³⁷. Évaluer les interfaces et les instruments est devenu un sujet important car les inventions se multiplient ; on veut aussi pouvoir guider les futurs développeurs et constructeurs dans leurs initiatives artistiques ou industrielles. Déjà, nous l'avons plus tôt (voir 1.1.3.3, p. 48), certaines définitions inclusives de l'instrument de musique présentent un caractère normatif : elles s'assortissent de conditions que doit remplir un dispositif pour être vraiment considéré comme un instrument de musique. Ces conditions sont autant à visée évaluative que prescriptive³⁸.

Se basant sur des techniques issues du domaine de l'interaction homme-ordinateur, Wanderley et Orió posent des jalons pour l'évaluation des contrôleurs gestuels. Dans un

37. Jerônimo BARBOSA et coll., « What does "Evaluation" mean for the NIME community? », dans *Proceedings of the 2015 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)* (Louisiana State University, 2015), p. 156-161 [http://vhosts.eecs.umich.edu/nime2012/Proceedings/papers/174_Final_Manuscript.pdf, consulté le 24 juillet 2019].

38. Georg ESSL et Sile O'MODHRÁIN, « An Enactive Approach to the Design of New Tangible Musical Instruments; The Design of New Tangible Musical Instruments », *Organised Sound* 11, n° 3 (2006), p. 285-296 ; Dalia EL-SHIMY et Jeremy R. COOPERSTOCK, « User-Driven Techniques for the Design and Evaluation of New Musical Interfaces », *Computer Music Journal* 40, n° 2 (2016), p. 35-46.

environnement musical, on attend des interfaces qu'elles soient maniables et c'est cette maniabilité que l'on cherche à évaluer³⁹. Les situations de test, qui mettent en place un contexte musical dans lequel on cherche à juger une interface, doivent tenir compte du temps d'apprentissage et d'exploration de l'interface, des possibilités de contrôler les caractères sonores et la temporalité⁴⁰. Selon Sile O'Modhrain, l'évaluation peut considérer différents aspects : l'expérience et le ressenti des musiciens, l'appréciation du public, ou celle du fabricant et avec les possibles retombées commerciales⁴¹. Certaines études tentent de proposer des méthodologies intégrant la réaction du public⁴², avec parfois des mesures qualitatives basées sur la réaction des spectateurs et leur capacité à détecter des erreurs dans le jeu musicale⁴³. Beaucoup d'expériences d'évaluation d'interfaces menées auprès d'utilisateurs demeurent informelles. Elles exploitent des questionnaires donnés à des personnes qui testent des interfaces en réalisant des tâches musicales spécifiques. Elles peuvent se baser sur des méthodes d'analyse de discours pour faire une synthèse du ressenti d'un groupe d'utilisateurs-testeurs d'un instrument⁴⁴. Différents critères peuvent être évalués : les propriétés esthétiques ou artistiques, la réponse émotionnelle des participants, leur attachement à la technologie testée, l'engagement et le plaisir qu'elle peut susciter, la motivation et la frustration⁴⁵. Des interfaces-tests sont construites spécifiquement dans le but d'évaluer certains paramètres, comme dans l'étude de Steven Gelineck et Stefania Serafin où l'on compare curseurs, boutons, interfaces graphiques et manivelles, utilisés pour contrôler la production sonore⁴⁶. Certaines études évaluent spécifiquement la maniabilité du mapping. Travaillant

39. Wanderley et Orio parlent de maniabilité (« *usability* ») des interfaces.

40. Marcelo M. WANDERLEY et Nicola ORIO, « Evaluation of Input Devices for Musical Expression: Borrowing Tools from HCI », *Computer Music Journal* 26, n° 3 (2002), p. 62-76.

41. Sile O'MODHRAIN, « A framework for the evaluation of digital musical instruments », *Computer Music Journal* 35, n° 1 (2011), p. 28-42.

42. Jerônimo BARBOSA et coll., « Considering Audience's View Towards an Evaluation Methodology for Digital Musical Instruments », dans *Proceedings of the 2012 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)* (NIME'12, University of Michigan, 2012).

43. A. Cavan FYANS, Michael GUREVICH, et Paul STAPLETON, « Examining the Spectator Experience », dans *Proceedings of the 2010 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, p. 1-4 (NIME'10, Sydney, 2010).

44. Dan STOWEL, Mark D. PLUMBLEY, et Nick BRYAN-KINNS, « Discourse analysis evaluation method for expressive musical interfaces », dans *Proceedings of the 2008 Conference on New Interfaces for Musical Expression*, p. 81-86 (NIME'08, Genova, Italy: Antonio Camurri, Stefania Serafin, and Gualtiero Volpe (éd.), 2008); Caroline CANCE, « From Musical Instruments as Ontological Entities to Instrumental Quality ».

45. Dom BROWN, Chris NASH, et Tom MITCHELL, « A user experience review of music interaction evaluations », dans *Proceedings of the 2017 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)* (NIME'17, Aalborg University Copenhagen, Denma, 2017).

46. Steven GELINECK et Stefania SERAFIN, « Longitudinal Evaluation of the Integration of Digital Musical Instruments into Existing Compositional Work Processes », *Journal of New Music Research* 41,

avec des musiciens aguerris, on cherche à comparer différents mappings pour une même interface⁴⁷. Les tests d'évaluation sont parfois utilisés en cours d'élaboration d'un instrument, pour orienter les développements futurs⁴⁸.

Ce qui est souvent visé, dans l'apprentissage d'un instrument, est une courbe d'apprentissage idéale qui présente une première prise en main facile et un potentiel de progrès allant à l'infini, pour permettre une expérience gratifiante et motivante⁴⁹ : un développement possible des compétences et un accroissement de la virtuosité. Il faut donc créer des compromis entre finesse de contrôle et facilité d'usage, qui sont d'ailleurs différemment appréciés selon l'expérience musicale préalable des utilisateurs⁵⁰. « Les bons instruments de musique doivent atteindre le juste équilibre entre défi, frustration et ennui⁵¹ », suggère ainsi Sergi Jordà.

3.2.1.5. Retour sensoriel

Se plaçant du point de vue des musiciens, certaines études montrent l'importance du retour sensoriel ou « *feedback* », et plus particulièrement du retour haptique⁵². Le retour sensoriel (les informations que le musicien perçoit de son instrument) s'effectue sur plusieurs modes : les modes auditifs et visuels bien sûr, mais aussi le mode haptique, qui se décline en un mode proprioceptif (avoir conscience de la position relative des différentes parties de son propre corps et des efforts physiques exercés) et un mode tactile

n° 3 (2012), p. 259-276.

47. Mahtab GHAMSARI, Amandine PRAS, et Marcelo WANDERLEY, « Combining Musical Tasks and Improvisation in Evaluating Novel Digital Musical Instruments », dans *Proceedings of the 10th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research* (International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research, Marseille, 2013), p. 506-515.

48. Hoo Yong LENG, Noris Mohd NOROWI, et Azrul Hazri JANTAN, « A Comparison of Gestural and Touch-Based Interface for Designing a Virtual Percussion Instrument », dans *User Science and Engineering*, éd. par Natrah Abdullah, Wan Adilah Wan Adnan, et Marcus Foth, (Singapore: Springer Singapore, 2018), p. 266-276.

49. David WESSEL et Matthew WRIGHT, « Problems and Prospects for Intimate Musical Control of Computers », *Computer Music Journal* 26, n° 3 (2002), p. 11-22. Voir aussi Simon HOLLAND et coll., *Music and human-computer interaction* (London: Springer, 2013).

50. Jacob HARRISON et coll., « When is a Guitar not a Guitar? Cultural Form, Input Modality and Expertise », dans *Proceedings of the 2018 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2018 ; Robert H. JACK et coll., « Democratising DMIs: the relationship of expertise and control intimacy », dans *Proceedings of the 2018 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2018 [<http://robertjack.org/publications/2018-NIME-democratising.pdf>, consulté le 16 août 2018].

51. Sergi JORDÀ, *Digital Lutherie: Crafting musical computers for new musics' performance and improvisation*, thèse de doctorat (Universitat Pompeu Fabra, 2005), p. 174.

52. Gareth W. YOUNG, David MURPHY, et Jeffrey WEETER, « A qualitative analysis of haptic feedback in music focused exercises new interfaces for musical expression » dans *Proceedings of the 2017 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2017 [<https://cora.ucc.ie/bitstream/handle/10468/4094/2978.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, consulté le 23 juin 2019].

(lié au touché). Si le retour haptique est naturellement lié à la production sonore chez les instruments acoustiques, il n'en est rien pour les instruments numériques ou électroniques. La perception gestuelle est décorrélée de la production sonore. De manière générale, le retour d'effort est important pour la manipulation d'objets virtuels (quels qu'ils soient), surtout pour des gestes de précision⁵³. Très tôt, en 1978, cette intuition a été mise en pratique par Claude Cadoz et Jean-Loup Florens qui ont construit leur Transducteur Gestuel Rétroactif ou TGR⁵⁴. C'est une interface sous forme de clavier dont les touches comprennent des capteurs (pour mesurer le geste de l'utilisateur) et des moteurs, qui permettent à l'ordinateur d'envoyer un retour tactile à l'utilisateur en fonction de l'effet de son action. C'est l'idée de rétroaction : elle consiste à « opposer à l'instrumentiste une résistance mécanique caractéristique et fonction de la nature du processus générateur simulé⁵⁵ », c'est-à-dire construire une force de résistance là où s'effectue le geste. Le retour tactile peut s'effectuer par des vibrations de l'interface, par exemple pour signaler implicitement l'efficacité d'une action gestuelle. Quant au retour kinesthésique (donner un retour d'effort), il faudrait que l'interface manipulée puisse opposer une résistance aux mouvements du musicien. Il faudrait « une énergie mécanique développée à destination du sens tactilo-proprio-kinesthésique⁵⁶ », porteuse d'information de la part de l'ordinateur. Ces caractéristiques visent en premier lieu à satisfaire les musiciens en permettant un contrôle intuitif, par la garantie d'un ressenti « instrumental » d'une interface⁵⁷. C'est-à-dire que l'on cherche à procurer aux musiciens une expérience qui imite le plus possible le jeu d'un instrument acoustique. Pour qu'une perception globale de l'instrument, qui associe le retour auditif à un retour haptique, soit possible, il faut construire ce retour haptique. On garantirait par là la fonction ergotique

53. Ali BOUZOUITA et coll., « Intérêt du retour d'effort dans la manipulation d'objets virtuels » (GT Animation et Simulation du GDR Algorithme, Modélisation et Infographie, Strasbourg, 1996) [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00910464>, consulté le 12 septembre 2019].

54. Claude CADOZ, « Modèle physique, temps réel et contrôle gestuel avec retour d'effort dans la synthèse sonore pour la création musicale », dans *Proceedings, Dixième forum Imagina des nouvelles images*, Monte-Carlo, Monaco, 1991) [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00910472>, consulté le 12 septembre 2019].

55. *Ibid.*

56. CADOZ, « Musique, geste, technologie », p. 82.

57. Cela s'inscrit aussi dans une vision de la cognition incarnée de l'instrument de musique : la connaissance et le jeu de l'instrument s'acquièrent aussi par l'expérience sensorielle (vue, ouïe, et perception haptique ou proprio-tactile). Voir Andy CLARK et David CHALMERS, « The extended mind », *Analysis* 58, n° 1 (1998), p. 7–19 ; Marc LEMAN, *Embodied music cognition and mediation technology* (Cambridge, MA: MIT Press, 2008) ; et Martin CLAYTON et Laura LEANTE, « Embodiment in music performance », dans Martin Clayton, Byron Dueck, et Laura Leante (éd.), *Experience and Meaning in Music Performance*, p. 188–208 (New York, NY: Oxford University Press, 2013).

qui manque souvent aux interfaces numériques. L'expérience du virtuel prend d'autant plus de consistance qu'elle investit de sens perceptifs. Cependant, certains instruments numériques de notre corpus (et notamment les instruments multimédias) se passent complètement de retour haptique. Mais en ce qui concerne les instruments tripartites (avec interface gestuelle, qui sont les plus courants et les plus connus de nos trois classes d'instruments), l'instrument traditionnel agit souvent comme un modèle paradigmatique pour la construction et l'évaluation des instruments numériques.

Ce qui, à nouveau, laisse entrevoir deux tendances : l'une, imitative, vise à construire des dispositifs numériques pouvant satisfaire le musicien et le public en répondant à leurs attentes, liées à leur connaissance préalable des instruments de musique traditionnels. On cherche donc à accéder aux possibilités sonores virtuellement infinies du numérique tout en proposant des modalités de contrôle et de présentation scénique qui imitent les situations acoustiques⁵⁸. L'instrument acoustique agit là comme modèle pour la conception des instruments numériques. Mais une autre tendance se dessine aussi : celle qui accepte et consomme la rupture du numérique et propose des performances musicales dont les instruments créent quelque chose de radicalement nouveau, prenant de la distance par rapport au modèle acoustique. Ce sont par exemple les performances multimédias. La place du musicien et de son corps n'est plus la même, le type de contrôle engagé est différent (indirect, collectif, non-déterministe), la présentation de l'instrument sur scène n'est pas locale mais celui-ci est réparti dans tout l'espace, partagé entre plusieurs instances de fonctionnement.

De manière très concrète, le développement de nouveaux instruments de musique numériques questionne quant aux modes de production, d'évaluation et de diffusion. Ceux-ci reflètent différentes tendances : imitatives de méthodes connues pour le jeu de la musique ou au contraire innovantes, avec le risque de ne pas séduire le public ni de rassembler une génération de futurs musiciens qui feront vivre l'instrument. De manière plus abstraite, nous avons évoqué le fait que la subsistance d'un instrument dépend aussi

58. Curtis BAHN, Tomie HAHN, et Dan TRUEMAN, « Physicality and feedback: a focus on the body in the performance of electronic music », dans *Proceedings of the International Computer Music Conference*, (Havana Cuba, 2001), p. 44–51, http://www.cogsci.rpi.edu/public_html/bahnc2/practicum/readings/physicality_feedback.pdf, consulté le 27 novembre 2016].

du répertoire qui lui est consacré. Celui-ci contribue notamment à forger l'identité de l'instrument. C'est ce que nous allons à présent pouvoir explorer.

3.2.2. *Construction de l'identité des instruments de musique numériques*

L'identité d'un instrument de musique se construit d'abord sur l'artéfact matériel, elle est constituée en premier lieu par ses possibilités sonores et visuelles. Dans le premier chapitre, nous évoquons le fait que l'identité d'un instrument de musique dépasse sa seule matérialité : elle s'assortit aussi de paramètres musicaux, culturels, historiques, sociaux, parfois idéologiques. Ceux-ci se constituent par le répertoire s'il existe, et par le genre musical ou les pratiques sociales auxquels l'instrument appartient.

Observons ici tout d'abord que l'identité matérielle de l'instrument de musique numérique n'est pas une donnée stable : ce sont des instruments « ouverts », qui sont modulables dans l'espace et au cours du temps. Puis nous verrons qu'ils se situent dans une position particulière par rapport à la tradition musicale. A l'aide du concept de rétention tertiaire, nous tenterons de comprendre comment les marques du temps s'impriment dans ces artéfacts particuliers.

3.2.2.1. *Des instruments « ouverts »*

Les instruments de musique numériques sont constitués d'un assemblage de divers éléments. Une interface seule ne fait pas l'instrument de musique : elle ne dit rien des sons qu'il peut produire. Un logiciel ou un haut-parleur ne disent rien de l'instrument. Il faut nécessairement une combinaison des différentes entités pour qu'apparaisse l'instrument de musique et pour qu'on puisse le présenter. Aussi, certaines de ces entités ne lui appartiennent pas en propre : souvent, les haut-parleurs utilisés par un musicien appartiennent à l'espace de concert, il en change donc à chaque représentation.

Les instruments de musique numériques en général sont des instruments « ouverts ». Cela se manifeste dans leur constitution modulaire et de manière visuelle dans l'espace de la scène. Comme l'a suggéré Atau Tanaka, par « *open-ended*⁵⁹ » il convient d'entendre « que le système est extensible. Cela peut désigner des modifications qui ajoutent ou améliorent certaines caractéristiques sonores d'un instrument⁶⁰ ». Par exemple, la guitare

59. Atau TANAKA et coll., « Mapping out instruments, affordances, and mobiles », Dans *Proceedings of the 2010 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, Sydney, 2010, p. 88-93 [http://research.gold.ac.uk/6834/1/P88_Tanaka.pdf, consulté le 21 octobre 2019].

60. TANAKA et coll.

électrique avec ses pédales d'effets est un instrument « ouvert » : les pédales sont déterminantes en termes de sons produits. Elles font donc partie de l'instrument⁶¹. Tanaka montre aussi que même si la platine d'un DJ est un système autonome, c'est en fait un autre exemple d'instrument ouvert, car la performance dépend des disques que le DJ choisira d'y jouer, autant que de ses compétences techniques⁶².

C'est d'abord par leur fonctionnement que les instruments numériques peuvent être qualifiés d'« ouverts » : ils présentent un caractère modulaire, c'est-à-dire qu'ils sont des assemblages de différentes entités, qui peuvent aussi bien être combinées différemment pour former d'autres instruments – ou être utilisées dans des situations non musicales. Les instruments tripartites sont composés de trois unités essentielles, mais comprennent aussi tous les câbles nécessaires et les unités d'acquisition, de conversion et de traitement de données. De même, les instruments multimédias et physiologiques incluent de multiples éléments matériels (les interfaces, ordinateurs, écrans et dispositifs de projection visuelle, parfois même le corps du performeur) et immatériels (logiciels). Chacun de ces éléments peut être utilisé dans une autre combinaison d'éléments, en particulier les dispositifs d'acquisition et de traitement de données, tous les câbles et unités de connexion. La plupart des objets constituant un instrument n'appartient pas en propre à l'instrument, à commencer par l'ordinateur lui-même et le corps du performeur pour les instruments à signaux physiologiques, mais aussi les cartes son et autres dispositifs électroniques. On les retrouve dans d'autres situations, musicales ou non. Et au sein même des logiciels, le fonctionnement peut aussi être modulaire. Les programmes de synthèse sonore peuvent être constitués de différents algorithmes ou différents patches qui peuvent être recombinaison de manières différentes (parfois aussi dans des situations non-musicales, comme le programme de modélisation des neurones dans *Connectome*).

Ainsi, les instruments de musique numériques se construisent par assemblage de divers éléments. Aussi ces assemblages sont rarement fixes, mais plutôt amenés à évoluer dans le temps. On peut connecter une interface à différents logiciels de synthèse sonore ou modifier ces logiciels. Les instruments numériques sont programmables, donc reconfigurables : on peut changer les modes de contrôle et de synthèse d'une performance

61. Otso LÄHDEOJA et coll., « The Electric Guitar as an Augmented Instrument and a Tool for Music Composition », dans *Actes en ligne du colloque CIM09 La musique et ses instruments* (Paris, France, 2009) [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01656685>, consulté le 5 avril 2018].

62. Rappelons ici que nous ne considérons pas les platines du DJ comme un instrument de musique, mais comme un instrument de lecture ; voir pour cela p. 207. Tanaka décrit des systèmes ouverts en général.

à l'autre. Or, c'est là que réside la façon dont le contenu sonore est élaboré et contrôlé. L'identité de l'instrument de musique, en particulier son identité sonore, est donc variable dans le temps. Quand une nouvelle performance est créée, on développe un nouveau logiciel (ou de nouveaux patches) : l'instrument est altéré, ou bien il est *autre*. Parfois, l'instrument ne correspond qu'à une seule performance. Pour les Hands, la BioMuse, le Méta-Instrument ou les différents gloves, à chaque nouvelle pièce, à chaque nouvelle chanson, on définit un nouveau programme qui définit de nouveaux sons. Ni tout à fait le même, ni complètement différent, l'instrument de musique se redéfinit de pièce en pièce en adoptant un nouveau logiciel, un nouveau matériau sonore, de nouveaux gestes de contrôle. Les instruments tripartites en particulier, ainsi que la BioMuse qui partage ce même fonctionnement, peuvent se présenter sous différentes versions. Leur identité sonore n'est jamais fixée. Il ne s'agit pas seulement, comme chez les instruments acoustiques, de l'invention de nouveaux modes de jeu ou de la découverte de sonorités inconnues sur un instrument (voir p. 73), mais bien de changer les possibilités sonores contenues dans l'instrument. C'est une autre caractéristique de l'instrument « ouvert » : les possibilités sonores ne sont pas fixées. L'identité de l'instrument de musique varie à mesure que change le logiciel de synthèse sonore.

Le choix pour un certain matériau sonore, qui s'opère au moment où l'on choisit un patch ou développe le logiciel, s'apparente au processus de composition. On compose une version de l'instrument destinée à une performance particulière ou à l'interprétation d'une certaine pièce, liée à ce logiciel. Choisir ou construire une certaine version de l'instrument revient à composer une nouvelle pièce. Ainsi, l'identité des instruments de musique tripartites résulte d'un certain assemblage d'éléments et d'une certaine version du logiciel. L'identité sonore n'est jamais affirmée de manière définitive, elle peut sans cesse être reconfigurée. Si l'on veut définir complètement l'instrument de musique, par un assemblage d'éléments et un matériau sonore particuliers, alors il faut considérer une version particulière de l'instrument, et celle-ci correspond à une performance ou pièce qui lui est associée.

Arrêtons-nous un moment sur les instruments multimédias. Ceux-ci présentent une dynamique différente. Le dispositif est créé pour jouer une certaine pièce, et l'instrument ne se donne à voir dans aucune autre œuvre. Chaque instrument multimédia définit une configuration de scène au sein de laquelle se déroule une performance, et en cela, il ne peut appartenir qu'à une seule pièce. L'instrument ne sera remonté que si l'on décide de

la rejouer. Il ne dure qu'autant de temps que la pièce continue d'exister, c'est-à-dire tant que quelqu'un la garde en mémoire ou en conserve une trace, pour pouvoir un jour la proposer à un ensemble d'ordinateurs. Nombre de ces performances sont issues de milieux universitaires, et parfois créées et jouées par des étudiants. Il faut constater qu'elles ne sont que rarement rejouées : chaque concert des ensembles d'ordinateurs vise à présenter des créations nouvelles, on reprend rarement d'anciennes performances. Cela rend l'instrument de musique encore plus confidentiel. Il résiste à toute reproduction ou diffusion. C'est aussi le cas de certains instruments tripartites : le *rope-instrument*, à l'œuvre dans la pièce *From the Waters* de Hege, est spécifique à cette seule pièce. Il n'a, à notre connaissance, jamais été utilisé dans un autre contexte que dans celui-ci. L'instrument mis en œuvre dans *DATA_Noise* répond à ce même fonctionnement. Ainsi, les instruments multimédias ne sont pas variables dans le temps comme les instruments tripartites, mais ils se définissent chacun par une situation de performance.

C'est en effet sur scène que l'identité des instruments de musique numériques s'affirme véritablement. C'est évident pour les instruments multimédias : ceux-ci comportent un élément visuel, support de la délégation des gestes des performeurs. Ainsi, l'instrument de musique n'est complet que lorsque les performeurs et la projection vidéo fonctionnent ensemble : alors seulement sont produits le contenu sonore de la musique et l'exemplification de son geste de production. Contrairement aux instruments acoustiques ou électroniques, l'instrument numérique ne se définit pas seulement par l'objet que tient dans ses mains le performeur. Parfois, ce dernier ne fait que manipuler un ordinateur et le spectateur est invité à regarder ailleurs, d'autres fois cet objet n'existe pas et des capteurs sont attachés sur le corps du performeur. Si cet objet existe, seul, il n'est pas instrument. Pour exister comme instrument, l'interface doit être accompagnée *a minima* de logiciels d'acquisition des données, de traitement, de production sonore, et enfin de haut-parleurs. Et pour apercevoir l'instrument de musique dévoiler son identité – une certaine identité – il faut le voir alors qu'il joue une certaine pièce.

Nous disions plus tôt que le répertoire n'est pas un élément nécessaire pour qu'existe un instrument de musique numérique (voir p. 226). Cependant, lorsqu'il existe, il participe à forger l'identité de l'instrument de musique, en établissant des modes de jeu et en forgeant des idiomes musicaux. Ceux-ci sont spécifiques à chaque pièce ou performance. Or, ce répertoire n'est pas quelque chose d'extérieur à l'instrument, mais il

s'inscrit dans son cœur, dans le logiciel. Le répertoire et l'identité de l'instrument se rejoignent dans l'élaboration du logiciel, nous y reviendrons bientôt (voir 3.3.1.3, p. 273).

Les instruments numériques sont donc des instruments « ouverts » : par nature composés et modulaires, ils forgent leur identité au travers d'assemblages d'éléments matériels et de logiciels – ce qui est inhérent déjà à l'ordinateur, lui-même étant un assemblage d'artéfacts matériels et logiciels : le système d'exploitation et le dispositif de démarrage par exemple sont des logiciels, sans eux l'ordinateur ne peut pas fonctionner. Les instruments tripartites redéfinissent leur identité sonore à chaque pièce. Ils présentent une version différente à chaque performance. Les instruments multimédias sont quant à eux attachés à une seule pièce. Parmi les instruments à signaux physiologiques, la BioMuse s'assimile au premier groupe et le dispositif de *DATA_Noise* au second.

3.2.2.2. *Rétention tertiaire ou le contenu culturel des instruments de musique*

Un autre aspect qui change avec les instruments numériques est leur rapport aux traditions musicales. Examinons maintenant, à travers le rapport au temps des instruments, la manière dont la culture musicale s'inscrit dans les objets. Bernard Sève montre qu'en tant qu'objets manufacturés, les instruments de musique sont des objets qui matérialisent de la mémoire⁶³. Ils portent la marque d'une double tradition : la tradition technique qui a permis de les fabriquer, et la tradition musicale à laquelle ils appartiennent.

Ils [les instruments de musique acoustiques] portent avec eux, en eux, une forme de temps cristallisé : un objet technique exprime l'époque où il a été fabriqué et les techniques qui ont servi à le fabriquer⁶⁴.

D'une part, la mémoire d'un ensemble de connaissances et de techniques est portée par l'objet, et d'autre part, c'est une culture musicale qui s'imprime dans les instruments. « Culturellement parlant, tout instrument est une sorte d'archive, ou, comme le dit Bernard Stiegler, une "rétention tertiaire"⁶⁵ ». Selon Sève, les instruments de musique sont des supports de rétention tertiaire. La rétention tertiaire est un concept proposé par

63. SEVE, *L'instrument de musique*, p. 261.

64. SEVE, p. 262.

65. SEVE, p. 267.

Stiegler⁶⁶, qui développe la théorie de la perception du temps d'Edmund Husserl⁶⁷. Stiegler étend l'idée de « rétention » proposée par Husserl. La rétention (ou rétention primaire) est la conscience de ce qui vient juste de se passer, elle correspond au souvenir immédiat. Après la perception d'un événement A, la mémoire de cet élément « tout juste passé » demeure présente et colore la perception de l'événement B qui succède à A. La rétention primaire est un phénomène lié à la perception. Husserl l'illustre avec l'exemple de l'écoute d'une mélodie. Chaque note entendue, perçue par la conscience, y demeure un moment après être terminée, et elle colore la perception de la note suivante. C'est grâce à ce phénomène que chaque note est entendue comme une note (et non comme un son insignifiant), et qu'une mélodie peut être perçue en tant que mélodie, grâce à la continuité des notes qui la composent. Par ailleurs, le souvenir (ou rétention secondaire) est la représentation d'un événement passé, il appartient à l'imagination. C'est, par exemple, le souvenir d'une mélodie entendue la veille et que l'on a retenue. C'est une faculté cognitive : la mémoire. Enfin, la rétention tertiaire introduite par Stiegler est l'externalisation de la mémoire dans des objets. C'est par exemple un silex taillé, quelques notes sur un bout de papier, ou encore le phonographe ; c'est une prothèse : des éléments symboliques matérialisés, gravés dans la matière, pour le souvenir. Cette troisième forme de mémoire rend possible la transmission de connaissances dans le temps. La rétention tertiaire est un phénomène de sédimentation, d'accumulation de souvenirs au cours des générations. Les objets techniques sont les signes matériels d'une culture. Tout objet manufacturé contient en lui-même la marque des techniques qui ont permis de le fabriquer ainsi que la marque des habitudes sociales, car il manifeste l'utilité qu'il a au sein de cette société. L'artéfact révèle à la fois des techniques et des usages.

Ainsi l'instrument de musique porte une marque des techniques de lutherie qui l'ont fabriqué et des traditions musicales de la société à laquelle il appartient. Et en plus, comme le montre Sève, il présente des traces du système musical dans lequel il s'inscrit. Par exemple, la répartition des notes dans l'octave peut être incorporée dans l'instrument : les frettes d'une guitare témoignent de l'usage du tempérament égal, alors que l'espacement des frettes d'un târ (instrument traditionnel persan) montre qu'il s'inscrit dans une

66. Bernard STIEGLER, *La technique et le temps: 1. La Faute d'Épiméthée. 2. La Désorientation 3. Le Temps du cinéma et la question du mal-être* (Paris: Fayard, 2018) ; Bernard STIEGLER, *Philosopher par accident*, Collection Débats (Paris: Galilée, 2004).

67. Edmund HUSSERL, *Sur la phénoménologie de la conscience intime du temps : 1893-1917*, traduit par Jean-François Pestureau (Grenoble: Editions Jérôme Millon, 2003).

tradition musicale utilisant les quarts de tons. Cela vaut pour les instruments de musique acoustiques : ils contiennent en leur corps (leur corps physique) la marque de ses possibilités sonores.

Mais cet aspect de rétention tertiaire devient tout autre avec les instruments numériques. D'une part, la rétention des techniques de fabrication existe toujours, mais les instruments sont d'une telle complexité qu'ils requièrent souvent plusieurs experts pour les concevoir, les installer, les maintenir ou les améliorer. Les connaissances impliquées croisent les mathématiques, l'informatique, l'électronique, le traitement du signal, les réseaux, les systèmes vidéo ou même la robotique. Ainsi, peu de personnes seront capables de déchiffrer un instrument dans son intégralité. La trace mémorielle des techniques utilisées est donc bien ancrée dans les instruments, mais indéchiffrable pour le non initié.

Ensuite, pour ce qui est de la rétention culturelle et musicale, les instruments numériques ne sont pas nécessairement imprégnés des marques d'un système musical. L'artéfact matériel, l'interface, est muette : elle ne porte aucune trace des possibilités sonores de l'instrument. C'est le code logiciel qui contient, en puissance, les possibilités sonores qui pourront être produites en performance, et celui-ci peut être programmé pour jouer des notes (auquel cas on choisit une échelle : le tempérament égal est adopté dans *Twilight*, et le tempérament juste dans *GhostLine*), ou pour jouer des sons sans hauteurs ou rythmiques définies (les performances de Waisvisz, Tanaka...). Le code n'appartient à aucune tradition musicale, il ouvre plutôt à toutes les traditions : le matériau sonore et son organisation, conçus de manière numérique, sont potentiellement illimités. Le logiciel est donc vierge de toute tradition musicale. Magnusson soutient cependant qu'il y a plus de contenu culturel dans les instruments numériques que dans les instruments acoustiques ou électroniques :

On peut voir le code comme le bois et les cordes du luthier, la différence étant qu'en construisant le système numérique, une grande quantité de théorie musicale est inscrite dans l'outil, et, de ce fait, le pouvoir du performeur est prescrit. C'est aussi le cas dans les instruments acoustiques dans une certaine mesure, mais à un degré plus intense dans les systèmes numériques⁶⁸.

68. MAGNUSSON, « Designing Constraints », p. 70.

Comme le luthier accorde un instrument, le développeur peut, en effet, choisir d'inscrire dans le logiciel les gammes, les harmonies, les articulations possibles. C'est donc une charge de théorie musicale (plus qu'un contenu culturel) qui peut être incorporée dans l'instrument, selon les choix du développeur. Mais bien souvent, le logiciel est une machine de synthèse sonore non ordonnée à un système musical (échelles, modes, schémas rythmiques), comme nous l'avons vu avec les Hands ou les gloves et de nombreuses performances de PLOrk. Les programmes informatiques de synthèse sonore se basent sur des théories physiques du son et des modèles acoustiques, bien plus que sur des modèles musicologiques ou musicaux. On choisit, en tout premier, des techniques de synthèse (synthèse additive, granulaire, par modulation de fréquence*...), et la manière de relier des paramètres gestuels aux paramètres de cette synthèse. « Il n'y a pas de mapping "naturel" entre l'effort physique et le son résultant⁶⁹ ». En effet, le lien entre le geste et le son est établi par le mapping, c'est le résultat d'algorithmes et de connexions codés par le développeur de l'instrument. Chez les instruments acoustiques, ce lien advient grâce aux propriétés physiques-acoustiques de l'instrument, et aux propriétés physiques-électroniques pour ce qui est des instruments électroniques. Ainsi, aucun mapping n'est « naturel » : il est toujours construit, étant déterminé par des propriétés acoustiques, électroniques, ou informatiques.

La rétention tertiaire musicale dépend donc du matériau sonore inscrit dans un logiciel. On peut contraindre la synthèse sonore pour se trouver dans un système tonal, on peut choisir de restreindre le matériau sonore à quelques accords ou aux déformations possibles d'un enregistrement de hurlement de loup (comme la pièce *Le Loup* de Tanaka avec la BioMuse). Bien souvent, les sons disponibles s'affranchissent de référence culturelle (si ce n'est d'une influence bruitiste ou de la musique concrète). On ne crée pas un instrument pour jouer un certain genre ou style de musique ou certain répertoire, on ne cherche pas à répondre ou à s'inscrire dans un courant musical ou culturel donné, mais on crée le répertoire conjointement avec l'instrument. La partie musicale et culturelle de la rétention tertiaire des instruments de musique est donc souvent effacée chez les instruments numériques. Ainsi, *on n'embarque pas dans l'instrument un référentiel historique ; on construit au contraire pour lui une identité nouvelle.*

Finalement, les marques du temps, comme héritage de techniques et d'une tradition musicale, sont différentes lorsque l'on considère les instruments de musique numériques.

69. MAGNUSSON et HURTADO, « The phenomenology of musical instruments: a survey ».

La rétention tertiaire qui s'y illustre est différente de celle que l'on peut trouver chez les instruments acoustiques. La mémoire des techniques reste présente, et très complexe. Mais bien souvent, les traces de la tradition musicale (exemplifiée par des timbres, des échelles de notes, des articulations possibles, et dont peuvent témoigner les modes d'accordage, de déclenchement ou d'entretien des sons) s'effacent dans les instruments numériques.

Les instruments de musique numériques génèrent de nouvelles dynamiques autour d'eux : il s'agit d'abord d'un travail sur le matériau logiciel pour les musiciens créateurs, compositeurs et performeurs, et de défis concernant la maintenance des instruments. Le domaine de l'évaluation des interfaces numériques se développe, accompagné de questionnements sur ce que l'on attend des nouveaux instruments de musique. Les dynamiques qui entourent la création et l'utilisation des instruments numériques concourent à leur forger une identité « ouverte », qui s'affirme dans l'espace de la scène. Ils portent la marque de la mémoire des techniques qui les constituent mais établissent leur identité à une certaine distance des traditions, vierges a priori de toute théorie musicale.

3.3. Reconsidérer les performances musicales numériques

Après la révision de la définition de l'instrument de musique et l'étude des nouvelles dynamiques qui entourent les instruments, nous allons à présent explorer les transformations à l'œuvre dans les performances musicales. L'instrument de musique vit dans les performances, celles-ci sont donc naturellement affectées par les changements technologiques qui transforment les premiers. Quel est alors le devenir des performances musicales, de quelle manière sont-elles marquées par l'usage des instruments numériques ? Comment les œuvres musicales accueillent-elles ces changements, quels genres d'œuvres sont-elles ? S'en suit-il une émergence de nouveaux types de représentations liées à la musique ? Nous allons d'une part chercher quelles sont les influences des nouveautés numériques instrumentales sur les performances, et d'autre part explorer les productions artistiques et les représentations qui les accompagnent. Le but étant de mesurer qualitativement l'impact de l'usage des instruments de musique

numériques dans les productions artistiques et, d'un point de vue esthétique, de considérer l'expérience qu'en font les auditeurs et les musiciens.

3.3.1. L'instrument de musique numérique et ses performances musicales

En fin du premier chapitre déjà, nous montrions que les instruments de musique sont la condition d'existence des œuvres musicales, et que les œuvres participent à forger l'identité des instruments – cela dans le paradigme acoustique. Les transformations de l'un affectent nécessairement l'autre : les performances musicales ne peuvent pas sortir inchangées de l'introduction des instruments numériques. Nous allons à présent tenter de mesurer ces changements. Notre hypothèse est qu'à travers l'usage des instruments numériques s'établit un nouveau rapport entre les œuvres de performances et leurs instruments. Tout au long de l'étude de notre corpus d'instruments et d'outils numériques, nous n'avons jamais isolé les instruments des performances qu'ils permettent de réaliser. Informée d'éléments techniques et de témoignages de musiciens, compositeurs et performeurs, l'analyse technique du fonctionnement des dispositifs numériques est bien sûr nécessaire. Mais la compréhension globale des nouveaux instruments ne peut se passer de l'analyse de leur fonctionnement esthétique, qui se dévoile sur la scène, par la manière dont ils sont joués et sont montrés au public. C'est une organologie qui ne peut pas se passer des performances. On peut déjà percevoir en filigrane que l'instrument et la performance ne sont pas indépendants, nous avons besoin de l'un pour approcher l'autre.

En approfondissant les dynamiques de vie des instruments de musique numériques, nous avons vu que ce sont des instruments « ouverts » et qu'ils affirment leur identité dans l'espace de la scène. Il s'agit maintenant de mesurer l'ampleur et l'importance des changements qu'ils introduisent dans les performances musicales par rapport à un usage d'instruments acoustiques ou électroniques. Pour y parvenir, nous montrerons d'abord comment les instruments de musique numériques s'inscrivent dans l'espace et dans le temps. Explorer ces deux aspects nous conduira à expliciter la nouvelle relation qui lie les performances et les instruments numériques.

3.3.1.1. L'instrument dans l'espace

Les nouveaux instruments de musique numériques établissent un nouveau rapport à l'espace. Sur la scène, leur présence diffère de celle des instruments acoustiques ou électroniques. L'instrument acoustique est localisé : on le voit dans les mains du

musicien, ou bien on voit les timbales et xylophones au fond de l'orchestre, derrière lesquels s'active le percussionniste. Une exception demeure, celle de l'orgue, lorsqu'il est électrique. Le buffet (ensemble des tuyaux) peut être situé en un endroit de l'église, et l'organiste à la console en un autre endroit. Nous avons eu plusieurs fois l'occasion de remarquer que l'orgue se constitue en exception parmi les instruments de musique. Pour les autres instruments électriques ou électroniques, l'instrumentiste tient toujours son instrument dans ses mains, ou son clavier sous les doigts (ou bien ses antennes, pour le thérémine). Mais les haut-parleurs sont parfois placés ailleurs que là où se tient le musicien : il s'effectue alors une première dissociation, entre le lieu où l'on génère et contrôle le son (l'action du musicien) et le lieu où le son est effectivement produit (les haut-parleurs). Les instruments numériques accentuent cette dissociation de lieux, jusqu'à être, pour certains, non-localisés. Pour les instruments tripartites déjà, l'objet-interface, que l'on voit et montre au public, ne constitue pas à lui seul l'instrument de musique. Il faut le considérer avec l'ordinateur et son logiciel et les haut-parleurs, sans quoi l'interface est muette et l'instrument de musique n'existe pas. Ainsi l'instrument est plus large que ce que l'on voit : il investit l'espace de manière différente de ce que l'on connaît de l'instrument acoustique, lui qui projette lui-même le son qu'il produit. L'instrument numérique comporte notamment une face cachée et pourtant essentielle, le logiciel qui renferme la synthèse sonore.

Ainsi d'une part, l'instrument de musique numérique est plus seulement contenu dans ce que l'on voit, mais aussi, ce que l'on voit est déjà plus que l'instrument de musique : c'est un matériau déjà composé. Et c'est là que se situe le nouveau rapport des instruments numérique à l'espace de la scène. Commençons avec les instruments tripartites. Dès les stades de conception des instruments et de composition émerge une composante visuelle: c'est la composition du geste. Les mouvements du performeur ne sont pas contraints par les qualités sonores de l'objet qu'il manipule. Ils sont rendus possibles par les « affordances » de l'interface, c'est-à-dire d'une part sa forme et les capteurs qui l'équipent, et d'autre part la manière dont le logiciel utilise les signaux mesurés par ces capteurs dans le processus de synthèse sonore. Les caractéristiques physiques de l'interface (sa forme, la manière dont elle s'adapte au corps du performeur) et ses capteurs permettent certaines catégories de gestes (mouvements des mains, des doigts ou des bras) : ceux qui sont réalisables et mesurables par cette interface. Les gestes (physiquement possibles et musicalement efficaces) sont donc en partie déterminés lors

de la conception de l'interface et lors du développement du logiciel. Or, le développement du logiciel appartient aussi bien à l'élaboration de l'instrument qu'à la composition : on y décide des sons réalisables et de la manière dont certains gestes contrôlent la production sonore. Ainsi, la composition comprend une composante visuelle. Composer implique composer les sons, mais aussi les gestes. Avec un instrument de musique acoustique, composer n'implique pas de devoir créer des gestes pour les musiciens. Le compositeur doit leur prêter une attention particulière, car la jouabilité de la pièce en dépend : il faut tenir compte des possibilités gestuelles de chaque instrument pour composer. On joue des double-croches plus facilement à la flûte qu'à la contrebasse, jouer des sauts d'octaves au violoncelle demande du temps à la main pour se déplacer... Les articulations possibles constituent une contrainte pour la composition. Mais ensuite, les gestes sont implicites, tant ils sont déterminés – en majeure partie – par les indications de jeu, soit la partition. Le même mécanisme est à l'œuvre chez les instruments électroniques : les notes écrites sur la partition se transcrivent directement en gestes : appuyer une touche du clavier, une hauteur de la main au théramine... Ainsi, le fait que les mouvements effectués par le musicien jouant d'un instrument numérique sont dessinés, composés, donne à la performance un aspect visuel nouveau : le geste compte, il n'est ni implicite ni contraint. Plus précisément, ses seules contraintes sont les capacités du corps humain. Le spectateur peut déchiffrer le geste en même temps qu'il découvre le son : il appréhende peu à peu (consciemment ou pas) la manière dont les gestes sont reliés aux mouvements sonores. Il peut par exemple se demander, lors d'une performance de Waisvisz avec les Hands, pourquoi le performeur fait tel ou tel mouvement, ou si tel geste est associé à tel élément sonore. On peut parfois identifier des stratégies : imiter une causalité physique, par exemple un geste ample et brusque qui déclenche un son puissant (ce que l'on peut observer dans la performance de Laetitia Sonami, voir p. 114) ; élaborer des gestes faciles à retenir pour le musicien (un doigt pointé en l'air joue un accord, deux doigts, un autre accord : voir la performance de Chagall, p. 116). Ce sont des questions qui ne se posent tout simplement pas en face d'un instrument acoustique ou électronique⁷⁰.

On va encore plus loin avec les instruments à signaux physiologiques. Ce n'est pas l'interface que l'on montre en premier, mais le corps du performeur, donc le geste lui-

70. Thomas Royal étudie des performances musicales par ordinateur pour montrer la valeur de l'illusion qui s'y crée. L'ordinateur permet de créer une « réalité alternative », où le rôle de l'auditoire est de découvrir le lien qui relie gestes et sons. Voir Thomas M. ROYAL, *The performance of music using computers and its reconception as play*, Thèse de doctorat, University of Florida, 2014.

même. Comme pour les instruments tripartites, les gestes musicalement efficaces sont déterminés par ce que peuvent enregistrer les capteurs et la manière dont les données mesurées sont exploitées par le logiciel. Les gestes sont non seulement composés, ils sont aussi chorégraphiés. Les mouvements du corps de la danseuse dans *DATA_Noise* ou de Tanaka lorsqu'il joue avec la BioMuse constituent la partie visuelle de l'instrument, qui est constitutive de la performance.

La relation à l'espace est investie de manière cruciale encore par les instruments multimédias. D'une part, l'instrument envahit tout l'espace de la scène. En plus d'être non-localisé (comprenant plusieurs ordinateurs, d'éventuelles interfaces, des haut-parleurs et un système visuel), l'instrument comprend un substrat visuel : écran de projection, vidéo ou éclairage – voire même un robot. Ce substrat visuel occupe tout l'espace de la performance : les lumières se baladent sur l'ensemble de la scène dans *Human Modular*, l'écran de projection occupe tout l'espace visible dans *GhostLine* ou *Connectome*, où le reste de la scène reste dans l'obscurité. Dans *Machine Yearning*, le robot constitue à lui seul la scène, les autres performeurs ne se tiennent pas devant leur public. Cela correspond à la caractéristique des instruments numériques d'être des instruments « ouverts » : ce sont des instruments sans fin, qui sont répartis sur l'ensemble de la scène, voire même dans toute la salle de concert. Pour un peu, tous les objets de la scène font partie de l'instrument, le regard du spectateur ne peut s'en échapper. D'autre part, nous avons vu que ce substrat visuel porte le geste instrumental, délégué par le corps des musiciens. Comme pour les instruments tripartites ou à signaux physiologiques, où le geste est composé, ici aussi il est préparé au cours de la composition. Plutôt qu'imaginer des gestes possibles ou une chorégraphie, il s'agit ici d'un travail de design : dessiner les graphismes et les mouvements visuels. Pour les performances avec un support visuel vidéo, il faut dessiner – composer – les formes et leurs mouvements. La vidéo ou la projection lumineuse fait partie de l'instrument de musique, c'est ce qui constitue le point d'attention visuelle majeur pour le public. L'espace est ici investi de manière graphique.

Ainsi les instruments de musique numériques investissent l'espace de la scène d'une manière nouvelle. Certes, une performance de musique acoustique est aussi visuelle : on regarde les gestes, l'attitude des musiciens, et cela contribue grandement à l'expérience esthétique des auditeurs, qui sans cela, resteraient chez eux écouter des disques. Les performances numériques ont cela de plus que l'espace visuel est composé. Non

seulement les éléments graphiques ou lumineux, gestuels ou chorégraphiques comptent dans la performance, mais aussi ils sont inhérents à l'instrument, et ils sont composés. De cette manière, les instruments numériques transforment la manière d'être des performances musicales. L'espace de la performance, la scène et l'espace du concert, prennent forme par l'instrument. La scène n'est plus seulement le lieu qui accueille les musiciens avec leurs instruments, ceux-ci ayant chacun leur place. La scène ne donne pas une place aux instruments : elle est dessinée par les instruments ; l'écran de projection vidéo n'est pas un décor, il est une partie de l'instrument de musique. La portée esthétique visuelle, si elle existe déjà dans les performances acoustiques, prend une nouvelle dimension avec les instruments numériques : elle n'est pas implicite, elle est préparée au cœur de l'instrument de musique, elle est composée.

Par leur conquête de l'espace scénique, les instruments de musique numériques font preuve d'une orientation privilégiée pour la performance, pour la scène. Et finalement, le fait que le geste soit composé (chorégraphié ou dessiné), et arbitrairement relié au contrôle sonore de manière volontaire par la composition, le rend essentiel : le geste fait partie de la composition et donc de l'œuvre. Non seulement le son, mais aussi la manière dont il est produit et contrôlé (quelle interface, quel objet, quel geste ou quel mouvement, quelles images) constituent l'instrument et l'œuvre de performance. C'est l'arbitraire du geste qui rend la composante visuelle des performances aussi essentielle et structurante.

3.3.1.2. Le temps de l'instrument, temps de la performance

Par les instruments de musique numériques, la performance investit un nouveau rapport à l'espace, mais aussi avec le temps. La temporalité des nouveaux instruments de musique numériques se définit de manière différente par rapport aux instruments acoustiques, et ce de plusieurs manières. Tout d'abord et de manière évidente, ces instruments sont récents. Et leur durée de vie est courte. Le plus ancien des instruments de musique numériques, les Hands, est maintenant conservé au studio d'Amsterdam où travaillait Waisvisz, il n'est plus utilisé. Aussi, nous avons vu plus haut que la maintenance et la conservation des instruments fait partie des nouveaux défis à relever liés aux instruments numériques tout comme électroniques (voir 3.2.1.3, p. 251). Sans un développement suivi et continu des logiciels, les instruments numériques seront vite dépassés par les améliorations des systèmes informatiques et ne pourront plus être joués, à moins d'être constamment mis à jour pour correspondre aux nouvelles versions des ordinateurs. Or, la faible diffusion de ces instruments ne permet pas, ni n'encourage, à

assurer une maintenance sur le long terme. Cette durée de vie inévitablement courte a différentes conséquences : une tradition instrumentale, faite de maîtres virtuoses, de méthodes et d'écoles, n'a pas le temps de s'installer. Si les Mi.Mu gloves ou les surfaces de contrôle ont été commercialisés, la majorité des instruments numériques n'est pas diffusée. De nombreux instruments dépassent à peine le monopole de leur créateur, pour différentes raisons : soit ils ne sont jamais développés industriellement, soit ils sont tellement liés à une seule performance (tels les instruments multimédias ou les instruments à signaux physiologiques) que leur propagation est contingente au succès de la pièce qu'ils permettent de jouer. Ainsi, pas de communauté de musiciens partageant le même instrument, ni de maître virtuose, pas de technique de jeu ou de méthode établie ; l'inventeur ou développeur de l'instrument (en tant que personne ou en tant qu'équipe) est le seul à effectivement pratiquer son instrument.

D'autre part, le fait de développer des instruments par le code entraîne un rapport différent à la tradition musicale (voir 3.2.2.2, p. 262). On n'élabore pas de nouveaux instruments pour gagner en puissance sonore, améliorer la justesse ou la facilité de jeu, comme cela peut être le cas chez les instruments acoustiques ou électroniques, mais on part de quelque chose de complètement nouveau : un logiciel, une synthèse sonore que l'on veut pouvoir contrôler par des gestes pour bâtir une performance physiquement ou visuellement engageante. Le rapport au temps de l'Histoire, avec son lot de traditions musicales, s'étiole, et l'instrument se bâtit et se compose une identité nouvelle, qui ne se dévoile que dans le jeu.

Sur un autre ordre, les instruments numériques invitent à revisiter la temporalité de la création musicale. L'ordre des étapes de la conception d'une œuvre et d'une performance change avec les instruments numériques. Dans le cadre acoustique, les instruments précèdent la composition. Ce sont eux qui inspirent la création : le compositeur connaît ses instruments, leurs sonorités, leur tessiture et leur jouabilité. Il compose à partir de ces données sonore pour en faire le musical. Ainsi, l'instrument de musique précède la performance – et cela vaut aussi pour les instruments électroniques. Or, nous avons pu observer déjà que cet ordre temporel est remanié avec les instruments numériques. Composer une pièce consiste à préparer un logiciel pour concevoir la synthèse sonore. Cela fait aussi partie du cœur de l'instrument. Pour une nouvelle performance, avec la même interface par exemple, on prépare un nouveau logiciel, c'est

donc un nouvel instrument, ou plutôt une nouvelle version de cet instrument que l'on développe. Ainsi, l'instrument ne précède pas la composition : il lui est contemporain. Il émerge dans le même mouvement que l'action de composition. Les étapes de conception de l'instrument et de composition ne sont plus distinctes avec les instruments numériques, mais elles deviennent simultanées ; elles forment un même acte.

Ajoutons encore un élément : un instrument dure le temps que sa performance est jouée. En effet, on observe que souvent, l'instrument est réencodé pour jouer une nouvelle performance, il évolue vers une nouvelle version de performance en performance (ou série de performances, plus généralement). Ainsi transformé, son identité change – ou il revêt une nouvelle version de lui-même. L'instrument, défini avec une certaine identité sonore (nous parlions plus tôt d'une certaine version de l'instrument), ne dure alors que le temps d'une performance (ou d'une série de performances).

Les instruments de musique numériques, moins riches d'un héritage culturel que d'innovation technologiques, s'inscrivent dans un rapport au temps différent de celui qui caractérise leurs cousins acoustiques. Quant aux instruments électroniques, s'ils ont parfois aussi une courte durée de vie, beaucoup d'entre eux utilisent le modèle du clavier de piano ; ils se basent donc sur un modèle historiquement bien implanté. De plus, l'utilisation généralisée des synthétiseurs a permis qu'une tradition musicale se forge autour de ces instruments.

Les instruments numériques semblent répondre, bon gré mal gré, à une nouvelle orientation : non pas durer dans le temps, mais faire le temps de la performance. Non seulement du fait de leur courte histoire et de leur très faible diffusion, mais aussi de par leur manière même de fonctionner en relation à la performance. En cela, ils s'extraient du schéma temporel auquel obéissent les instruments acoustiques. Ils ne sont pas les témoins d'une tradition musicale qu'ils contribuent à faire évoluer, mais ils définissent chacun une configuration de performance particulière. Ils ne précèdent pas la composition, mais naissent avec elle.

3.3.1.3. Nouveau lien entre l'instrument et la performance

Par la manière dont l'instrument de musique numérique investit l'espace scénique et par la temporalité qu'il met en place, ce sont des nouveaux rapports entre les performances numériques et leurs instruments qui se dessinent. D'une part, l'instrument numérique a une composante visuelle importante, les performances sont donc particulièrement « mises

en scène » par leurs instruments. L'indépendance du son et de son geste de production rend l'instrument et la performance dépendants l'un de l'autre. Et d'un point de vue temporel, la simultanéité de la composition musicale et du développement de l'instrument numérique relie intimement la performance à l'instrument. Nous voulons montrer ici qu'un lien de dépendance mutuelle s'établit entre la performance et l'instrument numérique.

Avant et après chaque performance, l'instrument numérique est débranché : on ne peut plus l'entendre. Il en va de même pour tous les instruments électriques et électroniques, qui ne fonctionnent pas sans courant électrique. Mais en plus de cela, l'instrument numérique est disloqué : ses éléments constitutifs sont séparés, ils peuvent alors retourner à leur existence non musicale. Si l'on peut toujours voir l'interface, on ne peut pas en imaginer les sons. Et si l'ordinateur est toujours là, on ne soupçonne pas qu'il héberge la « voix » d'un instrument de musique – ce n'est d'ailleurs pas là sa fonction principale. Quant aux haut-parleurs, on ne soupçonne pas leur appartenance à un instrument de musique. L'instrument numérique, avant ou après la performance, n'est ni audible, ni vraiment visible. Tant qu'il n'est pas assemblé (selon une certaine combinaison d'interface et de logiciel), son identité n'est pas garantie. On peut même aller plus loin : physiquement, il n'existe pas – autrement dit, il existe en puissance mais pas en acte. Cela est spécifique à l'instrument numérique. Un instrument acoustique conserve toutes ses propriétés après qu'on a fini d'en jouer. Même si l'archet est séparé du violon, le violon reste violon. Mais l'instrument numérique, aussitôt qu'il est débranché, devient interface muette d'un côté, ordinateur de l'autre, polyvalent mais tout aussi étranger à l'instrument de musique. Par rapport aux instruments électroniques, l'instrument numérique ajoute un élément supplémentaire à la « fatalité » du débranchement : il est intrinsèquement composé de plusieurs éléments, dont au moins une interface et un logiciel, et ceux-ci ne sont pas uniquement consacrés à cet instrument. Individuellement, ils trouvent d'autres usages. L'interface débranchée pourrait virtuellement jouer tous les sons du monde – et même contrôler des images. En effet, une interface peut être conçue pour une multitude d'utilisations différentes. Sonami, Tanaka ou Waisvisz par exemple, témoignent qu'ils changent de code pour chaque performance (ou série de performances). Parfois, ils peuvent même utiliser plusieurs codes lors d'un même concert, en changeant de patch par exemple (voir par exemple Tanaka, 2.4.5.1, p. 152). En choisissant un nouveau code, ils définissent un nouvel instrument (ou une

nouvelle version), même sans changer d'interface. De Laubier, avec le Méta-Instrument, peut jouer plusieurs pièces au contenu sonore radicalement différent, et peut même, dans la foulée, contrôler des images vidéo⁷¹. L'instrument tripartite a besoin, pour se définir, d'à la fois une interface et un code logiciel ; or un ordinateur peut contenir une multitude de logiciels : il ne suffit pas de rebrancher pour pouvoir rejouer l'instrument, il faut aussi choisir le (bon) logiciel. Le débranchement induit donc une perte de l'identité de l'instrument.

Ainsi, la performance et l'instrument numérique partagent le même temps de présentation sur scène, en dehors duquel ni l'un ni l'autre n'existe véritablement – en acte⁷². La performance dure le temps de l'instrument : elle peut exister du moment que l'instrument existe ; réciproquement, l'instrument n'existe qu'en performance (et lors de ses répétitions). Quand la performance s'éteint et qu'on désinstalle la scène, l'instrument « s'éteint » aussi, il disparaît. S'il faut nuancer pour les instruments tripartites (dont l'interface, partie visible, subsiste hors performance et est toujours identifiable comme partie d'un instrument, même si cet instrument est défini de manière partielle seulement), cette tendance s'illustre de manière plus flagrante avec les instruments multimédias et avec ceux à signaux physiologiques.

L'élément visuel (images, éclairage, vidéo, robot) est essentiel à l'existence des instruments multimédias, car c'est là que peut exister le geste (qui est alors un geste délégué). De plus, l'instrument étant composé de multiples ordinateurs, interfaces et projections visuelles, il n'existe plus une fois démonté et démembré : chaque élément retrouve son rôle (d'origine non musicale), distinct de celui de l'instrument de musique. Quand on débranche le matériel de projection vidéo des ordinateurs, rien ne laisse deviner un instrument de musique ; celui-ci ne s'illustre qu'en performance. Regardons les performances avec signaux physiologiques : le corps du performeur fait partie de l'instrument de musique. Une fois la performance terminée, on retire et débranche les capteurs, et le corps quitte son rôle instrumental. L'instrument de musique ne fonctionne

71. Ainsi est-il légitime de se poser la question : « le Méta-Instrument a-t-il un son ? », voir Serge de LAUBIER, « Le Méta-Instrument a-t-il un son ? », dans *Les nouveaux gestes de la musique*, éd. par Hugues Genevois et Raphaël de Vivo, (Marseille: Parenthèses, 1999).

72. Bien sûr, l'instrument existe aussi lors des répétitions, qui sont des préparations de la performance. Mais en général, les premières répétitions servent à ajuster – voire à développer – l'instrument et la performance, elles sont donc le moment d'incubation qui aboutira à la version finale de l'instrument – et de la performance. Un nouvel instrument existe dès lors que son utilisateur peut commencer à jouer avec – à répéter. En plus de la performance et de la répétition, il faut aussi considérer la démonstration (technologique ou artistique) lors de laquelle l'instrument de musique existe aussi.

pas, ni n'existe, sans ce corps. Il existe en puissance, mais pas en acte : on peut toujours le remonter, si l'on réassemble tous les éléments.

Le geste, la présence active du performeur, et surtout le caractère composé du visuel, font des instruments numériques des instruments pour la performance, des instruments voués à une performativité réelle, donc à la performance sur scène⁷³. En studio d'enregistrement, l'instrument numérique perd son identité. Si on l'utilise pour un enregistrement sonore (sans vidéo), il perd une partie de ce qui le constitue : la manière gestuelle de produire et contrôler les sons. Ce que l'on entend (des sons électroniques, numériques, ou autres sortes de matériaux sonores enregistrés) ne dit rien de la manière dont il est produit et contrôlé. Pour un même enregistrement, la BioMuse, les Hands, ou n'importe quel autre instrument numérique aurait été capable de le jouer. Ainsi, avec l'enregistrement, quand s'efface la composante visuelle et scénique, on perd l'identité de l'instrument de musique. Par ailleurs, les partitions ou instructions peuvent indiquer des gestes à exécuter, des actions de contrôle. Jamais elles n'indiquent une note ou un son (à part les pièces de Kernel (voir 2.5.3.2, p. 189), dont la démarche est exceptionnelle). L'instrument numérique ne se caractérise ni par son répertoire, ni par son écriture, mais bien par son lien à la performance.

Ainsi, l'instrument et la performance dépendent l'un de l'autre pour exister. Les instruments sont à usage unique, ou presque : ils servent pour une performance (ou plutôt pour une série de performances), puis sont reconfigurés pour une autre mise en scène. Ils sont pensés pour le temps d'une performance ; ils définissent une mise en œuvre et une seule⁷⁴, car à chaque nouvelle performance, le matériau sonore et les modes de contrôle sont modifiés par l'élaboration d'un nouveau logiciel.

Les transformations qui caractérisent les instruments de musique numériques nous conduisent à mettre en lumière le nouveau lien qui s'établit entre l'instrument et la performance. Le nouveau rapport au temps et à l'espace qu'investissent ces instruments les place dans une position particulière vis-à-vis des performances musicales. L'instrument et la performance sont dans une relation de dépendance réciproque causale et existentielle : l'un ne peut exister sans l'autre. Et ceci est une conséquence de la

73. Par opposition aux performances indirectes pour l'enregistrement sonore. Voir 1.2.2.2, p. 68.

74. On peut cependant imaginer qu'un code logiciel soit réutilisé pour plusieurs performances distinctes, ce qui invaliderait cette hypothèse. Cela est en effet tout à fait possible, mais d'après ce que nous avons pu observer, cela ne reflète pas l'attitude des artistes et développeurs.

constitution logicielle de l'instrument de musique numérique. Par leur élément commun, le logiciel, l'instrument et la performance ont une partie consubstantielle, ils partagent un élément central de définition. Ils sont donc intriqués et dépendent l'un de l'autre pour exister en acte.

3.3.2. *Œuvres et performances numériques, représentations et esthétiques*

Nous avons jusqu'à présent exploré les nouveaux rapports qu'entretiennent les instruments numériques avec les performances qu'ils mettent en scène. Quels genres d'œuvres ces performances constituent-elles ? Si les pratiques de création musicale évoluent avec les instruments numériques, les nouvelles performances contribuent-elles à faire émerger de nouvelles attitudes, représentations et croyances autour de la musique ? En quoi l'expérience esthétique qu'elles proposent aux musiciens et à leurs publics est-elle particulière ? C'est ce à quoi nous allons finalement chercher à répondre.

3.3.2.1. *Quels genres d'œuvres ?*

Quels genres d'œuvres musicales sont produits avec les instruments de musique numériques ? Le parcours de notre corpus nous a révélé qu'elles sont de plusieurs types. Dans la plupart des cas, une œuvre est composée. Elle a un titre, un ou des noms de compositeurs, auxquels s'ajoutent parfois ceux des développeurs ou réalisateurs du média visuel. L'œuvre est exécutée lors de la performance. On semble être proche du paradigme classique : des œuvres composées que l'on exécute. Mais pourtant, on s'en éloigne par plusieurs aspects.

Tout d'abord, la composition consiste à préparer un logiciel, décider de la configuration de la scène et de la manière de relier les différentes instances de l'instrument (interfaces, supports visuels, différents ordinateurs). Ce qui correspond aussi à la définition de l'instrument. Et, souvent, il est utile de produire un document guidant les performeurs pour l'exécution de la pièce. Ainsi la trace de l'œuvre, ce qui contient les instructions nécessaires à une éventuelle reprise ou à la conservation, se partage entre le logiciel et (souvent mais pas toujours) un document écrit, sorte de partition qui donne les instructions de jeu, sous forme de texte ou parfois de schémas pour indiquer des gestes. Ces « partitions » n'ont jamais la précision d'une partition traditionnelle. Cela vient du fait que d'une part, on ne sait pas toujours écrire le geste, la partition chorégraphique n'étant pas quelque chose de simple et défini ; et d'autre part, qu'on ne sait pas écrire le

résultat sonore (dès lors que l'on sort du référentiel des notes et des rythmes que l'on peut écrire sur une portée). La partition pour sons électroniques n'existe pas non plus comme quelque chose d'unifié. Ni les moyens de production ni le résultat produit ne peuvent être complètement notés par écrit. Les diagrammes ou textes dont se servent les performeurs ont un faible degré de précision. Ces documents peuvent être écrits sous forme papier ou numérique, s'affichant sur les écrans des ordinateurs. Ce sont des séries d'instructions guidant les actions demandées aux performeurs (des gestes à effectuer, des paramètres à régler). Elles sont parfois un objectif à atteindre (jouer le plus bas possible jusqu'à ce que tous les sons convergent dans le grave, comme dans *Connectome*), une limitation d'action (jouer avec des retards entre 10 et 50 ms, comme dans *Human Modular*). Elles indiquent plus une direction à suivre, un cadre d'actions, que des gestes précis. Ainsi, la structure et les différentes indications laissent aux performeurs une grande liberté, tant dans le déroulement temporel de la pièce que dans le jeu à chaque instant. Les structures et contraintes prescrites sont souvent fluides et laissent une large part à l'improvisation. Ce sont des œuvres ontologiquement très minces, d'après la terminologie de Stephen Davies (voir 1.2.2.1, p. 63).

L'orchestre d'ordinateurs CLOrk (Concordia Laptop orchestra) utilise communément le mot « comprovisation » pour désigner le fait que les œuvres sont en partie composées (ou préparées) et en partie improvisées. La composition se traduit par la préparation logicielle et matérielle du système (qui joue, avec quoi, quels sons, quels modes de contrôle, de direction, de communication) et la désignation d'une structure (qui joue quoi et quand, un déroulé temporel). Cette structure et ce donné matériel et logiciel (nous pourrions dire aussi : « situationnel », car les équipements matériels et logiciels définissent une situation de scène, une situation performative) laissent une grande part de liberté aux performeurs. Ainsi, ces œuvres qui paraissent proches du paradigme classiques ne le sont pas tant : la partition écrite dit peu de choses et ne constitue pas une trace de l'œuvre, c'est le logiciel qui peut mieux assumer cette fonction.

Mais il existe aussi des improvisations totales, et à l'opposé, des œuvres complètement écrites. Elles sont ontologiquement plus épaisses. Les œuvres de Toeplitz et son ensemble Kernel, jouées par ordinateur, sont complètement écrites sur partitions. Celles-ci indiquent les chiffres précis pour régler les fréquences ou d'autres paramètres de la synthèse audionumérique, ainsi que des indications de mouvements sonores (voir 2.5.3.2, p. 189). Cette démarche constitue cependant une exception parmi les musiques

par ordinateur. La pièce de Mays, pour flûte et Karlax, est aussi une œuvre entièrement écrite sur partition (voir p. 127). Cependant, celle-ci ne suffit pas pour jouer la pièce, même si l'on dispose d'un flûtiste et d'un karlaxiste. Les différents patches Max/MSP* sont aussi nécessaires pour pouvoir jouer l'œuvre.

D'autres performances sont complètement improvisées : elles ne consistent pas en l'interprétation d'une œuvre (voir 1.2.2.1, p. 63). Elles n'ont pas de titre, elles ne sont pas répétables. Waisvisz joue les Hands bien souvent sans structure prédéterminée. Il faut cependant choisir ou préparer le logiciel avant chaque performance : l'improvisation n'est jamais une carte blanche totale, elle s'effectue après un choix de logiciel, et donc un choix de possibilités sonores. Aussi, deux improvisations effectuées avec le même instrument, muni du même logiciel, peuvent se ressembler tout autant que deux interprétations d'une même œuvre pour instrument numérique, tant celles-ci comprennent d'improvisation. Le fait qu'une performance soit l'exécution d'une œuvre composée ou une improvisation n'est ainsi pas déterminant pour le public et l'expérience qu'il fait de la performance. La différence est aussi maigre du point de vue du musicien : jouer une œuvre (par exemple *Le Loup* de Tanaka) ou jouer une improvisation (comme Waisvisz avec les Hands) sont deux manières différentes de considérer la performance, mais elles se résument au même acte : explorer un matériau sonore proposé par un certain logiciel (ou une certaine version du logiciel) au moyen d'une interface gestuelle. La possibilité de prévoir une évolution sonore (par un changement de patch par exemple) peut contribuer à distinguer ces deux attitudes, mais c'est bien souvent l'acte de donner un titre qui déclare l'existence d'une œuvre plutôt que d'une improvisation.

Dans l'ensemble, les instruments de musique numériques réservent tous une place importante à l'improvisation dans les performances (mise à part l'exception de Kernel). Quand l'improvisation n'est pas totale et qu'il existe une pièce, composée, elle consiste en une série d'instructions au sein de laquelle les performeurs conservent une grande liberté, d'un code logiciel et d'une configuration de scène. Mais surtout, la composition d'une œuvre se confond avec la mise au point d'un instrument de musique numérique. Ainsi, même s'il s'agit d'une improvisation et non d'une œuvre composée, l'instrument lui-même est déjà composé. Cela remet en question certaines représentations au sujet de l'improvisation, mais nous y reviendrons (voir 3.3.2.3, p. 283).

Les instruments de musique numériques contribuent donc à créer des œuvres de performances, et non des œuvres privilégiant l'écriture. Elles sont parfois composées,

mais elles comportent toujours beaucoup d'improvisation. On peut les répéter, les jouer plusieurs fois, mais elles seront toujours différentes. Ce sont des œuvres ontologiquement très fines. C'est le logiciel qui constitue, au moins en partie, la trace de l'œuvre, nécessaire à sa conservation et à sa restitution. L'instrument employé participe grandement à définir l'œuvre : par le matériau sonore qu'il contient en puissance dans le logiciel, par les gestes et les supports visuels qu'il propose, par les manières dont sont articulés les gestes et les sons, l'instrument de musique définit une configuration possible de l'espace et du sonore. Il n'en faut pas beaucoup plus pour définir l'œuvre : un cadre de contraintes, quelques indications de jeu, une structure, souvent flexible. Ainsi, une grande partie de l'œuvre est déjà définie par l'instrument : l'œuvre déborde de l'instrument, elle va légèrement au-delà quand elle se définit aussi par l'établissement d'une structure temporelle. Ajoutons que ces œuvres n'ont pas vocation à être des entités éternelles, elles ne durent que tant que dure l'instrument de musique.

3.3.2.2. *Quels genres de performances ?*

Les œuvres jouées par les instruments de musique numériques sont des œuvres orientées vers la performance. Reprenons à présent notre typologie des présentations musicales introduite dans le premier chapitre (voir 1.2.2.4, p. 75). Nous y distinguons le concert acousmatique (restitution de musique enregistrée sans performance), la diffusion spatialisée en temps réel, la performance de mixage, et la performance musicale instrumentale. Par déduction directe, les instruments de musique numériques nous situent dans la catégorie des performances instrumentales.

Les performances avec des instruments tripartites sont les plus facilement identifiables comme des performances instrumentales. La constitution et le fonctionnement des interfaces visent souvent à imiter le fonctionnement instrumental traditionnel, implicitement connu du public. Les performances des instruments multimédias se laissent plus difficilement identifier comme des performances instrumentales. En effet, les performeurs ne s'engagent pas dans un mouvement corporel au contact d'un objet-instrument. Ils délèguent l'action gestuelle à un média visuel. Le geste migre du corps au média (lumières, images, vidéo, machine). L'instrument de musique est éclaté entre plusieurs instances, et les performeurs le contrôlent collectivement, si bien que le spectateur peut manquer de le reconnaître : identifier l'instrument de musique, dans ces configurations complexes et multimédias, nécessite une analyse de son fonctionnement scénique, cela demande aussi d'accepter que

l'instrument de musique ne soit pas un objet délimité, tenu dans les mains d'un performeur. Les performances qui incluent le corps humain ne sont pas non plus intuitivement reconnues comme instrumentales. Le fait de considérer que le corps du performeur constitue une partie de l'instrument de musique relève en effet d'une interprétation. Ce n'est pas en première lecture, mais après une analyse de la situation que l'on peut reconnaître la performance comme véritablement instrumentale.

Dans nos trois classes d'instruments de musique, le fait que la performance est bien instrumentale tient au fait qu'il y a réellement un contrôle effectué par les performeurs sur la production du son, un contrôle qui soit continu. Le geste d'un performeur jouant avec une interface numérique doit réellement permettre de contrôler le son, il doit être un geste instrumental (voir p. 224). Si le matériau sonore se base sur des échantillons déjà enregistrés, leur déclenchement renouvelé par les gestes du performeur permet de parler de « jeu » ou de geste instrumental, et non de *playback*. Les images produites dans une performance multimédia et leurs mouvements doivent réellement être reliés à la production sonore, le tout étant contrôlé par les performeurs. Ainsi, si un dispositif ne répond pas à ces conditions, il n'en découle pas que l'instrument est un mauvais instrument : il en découle qu'on échoue à construire un instrument de musique. Si la projection vidéo n'est pas produite conjointement avec le contenu sonore, si elle est décorative ou décorrelée du son, alors on n'a pas réellement d'instrument de musique multimédia. Dans cette catégorie, on peut échouer à créer un instrument de musique si sons et images ne sont pas effectivement générés par la même action de contrôle.

Les dispositifs que nous avons identifiés comme ne constituant pas de véritables instruments de musique conduisent à des performances non instrumentales – qui n'en sont pas moins musicales. De nombreuses performances avec des surfaces de contrôle (voir 3.1.4.2, p. 239) s'assimilent à des performances de mixage, même si une utilisation différente (jeu d'échantillons courts, plus de contrôle) peut conduire à les classer parmi les performances instrumentales. Dans la pratique, de nombreuses performances sont mixtes : elles font appel à différents modes de production sonore, entre instrumental, lecture automatique avec ou sans spatialisation, et mixage.

Arrêtons-nous un instant sur les performances de *live coding* : nous les avons décrites comme des performances de programmation, ou de lutherie informatique (ou algorithmique), et non des performances instrumentales (voir 3.1.4.1, p. 235). Elles sont

tout de même bien des performances musicales. Elles sont des improvisations, parfois basées sur quelques contraintes sur le style, la rythmique, les gammes à utiliser, ou la structure du concert. Ainsi le groupe Benoît and the Mandelbrots aime développer de la musique dans un système tonal. Même s'il a l'habitude de donner un titre à ses performances, elles ne constituent pas l'interprétation d'une œuvre. A partir de quelques données de départ, la musique qui se développe est improvisée. La trace qu'on pourrait garder d'une performance de *live coding* serait un enregistrement, sonore ou vidéo : c'est une trace mémorielle et non prescriptive, elle peut servir de témoignage mais pas à restituer la performance. Et même si l'on voulait enregistrer le code, on aurait une trace du contenu sonore de la performance à un moment donné seulement : le code évolue tout au long de la performance (par définition du *live coding*). Le logiciel développé n'est donc pas, comme dans les instruments de musique numériques, la trace d'une œuvre.

Les œuvres créées avec les instruments numériques sont des œuvres orientées vers la performance, car la composante visuelle des instruments de musique numériques privilégie le jeu sur scène. Les instruments de musique acoustiques et électroniques sont aussi des instruments de scène, des instruments pour la performance musicale. Souvent, on préfère voir les musiciens, assister au concert, que se contenter d'un disque écouté chez soi. Et on cherche à avoir des bonnes places, non seulement pour profiter d'une bonne acoustique mais aussi et surtout pour pouvoir confortablement observer les musiciens. Avec des instruments traditionnels, l'événement musical a donc aussi une composante visuelle. Celle-ci vient d'elle-même, elle est là, a priori. Elle peut aussi être travaillée (comme par exemple dans des spectacles musicaux où la manière de jouer est retravaillée : deux musiciens sur un violoncelle, positions invraisemblables du pianiste... on incorpore alors du théâtre en plus de la performance musicale, souvent avec une visée humoristique⁷⁵). Mais avec les instruments numériques, la composante visuelle n'est pas *nécessaire*, et c'est ce qui fait la grande différence : le geste est composé. Alors que le

75. On peut penser par exemple à un concert de Rodrigo et Gabriela où les deux musiciens jouent sur une même guitare : ils explorent des gestes qui dépassent ceux qui sont conventionnellement proposés par leurs instruments. Ou encore, les spectacles du quatuor Salut Salon : ces quatre musiciennes, loin de se conformer à la posture habituelle du quatuor, inventent d'autres manières d'utiliser leurs instruments pour jouer de la musique et construire une mise en scène. Elles explorent justement une gestuelle située au-delà de celle imposée par leurs instruments de musique. Pour un aperçu : https://www.youtube.com/watch?v=BKezUd_xw20 [41]. Les musiciennes peuvent jouer du violoncelle à l'envers ou du piano de dos, mais ces performances, remarquables, restent anecdotiques et n'invalident pas la thèse selon laquelle les gestes des performeurs sont contraints par leurs instruments.

logiciel pourrait produire la musique tout seul, on choisit de lui adjoindre une interface. Le geste est essentiel à la performance, il participe à l'identité de l'instrument de musique. Ce que les instruments numériques apportent de nouveau, et qui donne plus de poids à leur mission de performance, est le fait que le contenu visuel est composé. Le geste, l'image, la mise en scène – le mouvement, qu'il soit physique ou délégué à un substrat visuel – n'est pas déterminé par des propriétés physiques, acoustiques et électroniques, mais par la manière dont on encode un logiciel et relie les paramètres mesurés par les capteurs de mouvement aux paramètres sonores. De plus, le son produit par l'ordinateur est indépendant de l'interface qu'on lui associe, l'instrument perd tout son sens sans la partie visuelle. Son identité, nous l'avons vu, inclut le geste. Le compositeur travaille à la fois à la construction d'un espace sonore et d'une mise en espace ou en gestes. Caché, en studio, ou enregistré, l'instrument renonce à une partie de son identité : ne restent que les sons électroniques, décorrélés du geste de contrôle. Les instruments de musique numériques sont donc spécialement ordonnés à la performance. Il faut aussi constater qu'ils sont très peu utilisés en dehors du contexte de la scène et de la performance. Ce sont quelques répétitions, le temps de mettre au point l'instrument et les pièces de performance, mais au-delà de cela, les instruments sont très peu utilisés. C'est une musique de scène, de concert.

Finalement, les instruments de musique numériques permettent de créer des performances visuelles, multi-support, multimédias. Elles procurent au public des expériences multimodales : ce n'est pas qu'une expérience sonore, mais aussi visuelle, et ce bien plus que dans les situations acoustiques, ou même électriques ou électroniques. Le visuel n'est pas contingent mais constitutif de ces œuvres de performance. Pour les musiciens, ce sont aussi de nouveaux modes d'expérience à découvrir : nous avons vu que ce n'est pas seulement le travail du corps et des gestes qui permet de jouer d'un instrument, mais que cela implique aussi d'appivoiser le système global de production sonore, et notamment la manière dont on peut contrôler et se faire surprendre par le résultat sonore.

3.3.2.3. De nouvelles représentations, nouvelles croyances ?

Avec les instruments numériques, les fonctionnements musicaux sont nouveaux. Mais voit-on émerger une nouvelle forme d'art, ou bien une imitation de l'art déjà connu ? Si les modes de fonctionnement ont changé, si les performances ont évolué, ils n'ont pas transformé les manières de présenter la musique. On joue dans des salles de concert, le

soir, le public paye un ticket d'entrée et trouve son fauteuil dans une salle sombre, le programme indique le titre de la pièce, un nom de compositeur... Le public attend que la musique se passe puis applaudit. Tout cela ne change rien aux pratiques sociales de la musique : on reste dans le schéma de fonctionnement du concert, un ordre connu et institutionnalisé qui permet la présentation sur scène de la musique performée. La plupart du temps, les standards traditionnels sont reproduits : on mentionne le titre de l'œuvre et un nom de compositeur, auxquels on doit parfois ajouter le nom d'un réalisateur en informatique musicale, d'un développeur, d'un régisseur, d'un designer ; ou bien on assiste à une performance d'improvisation, comme en jazz. Ainsi, les nouveaux instruments numériques ne définissent pas de nouveaux modes de fonctionnement social pour la musique. Cependant, il défie un certain nombre de croyances au sujet de la musique et de ses performances.

Et notamment au sujet de l'improvisation. Parfois, une performance ne joue aucune œuvre. Elle est complètement improvisée (comme certaines performances de Waisvisz ou de *live coding*), elle ne porte pas de titre, la seule description qu'on en donne est celle de l'instrument et le nom du performeur. La trace qu'on pourra en garder (un enregistrement vidéo) indiquera le lieu et la date du concert. Ces performances défient les représentations communes de l'improvisation. L'improvisation se considère de deux manières : on a l'improvisation libre, et l'improvisation à partir d'une référence. Cette référence peut être un standard de jazz, une grille d'accords, une mélodie qu'on agrmente ou qu'on transforme librement. L'improvisation libre ne prend aucun modèle comme base. Elle est cependant rarement complètement libre, mais se place en général dans un style particulier et articule des schémas et des motifs déjà bien connus des performeurs (voir 1.2.2.1, p. 63). On croirait avoir affaire à ce type d'improvisation lorsqu'on assiste à une performance numérique : une création totale en directe, détachée de tout référentiel connu. Mais la performance ne part pas de rien : en amont se fait la préparation du logiciel, lors de laquelle il faut développer les algorithmes de synthèse sonore. Cela revient à choisir le matériau sonore qui sera disponible pendant la performance ainsi que les moyens de le contrôler. Une part de composition s'effectue donc en amont de la performance, qui n'est donc pas aussi improvisée qu'elle en a l'air. C'est ce dont témoigne de Laubier avec le Méta-Instrument : une improvisation est rarement libre, il y a toujours un cadre défini d'avance par le logiciel qu'on a choisi d'utiliser.

Notre représentation du rôle du performeur est aussi questionnée. Lors d'une improvisation, celui-ci ne joue pas en terrain inconnu, mais navigue dans un matériau sonore déjà préparé. Mais on peut aussi remarquer que, lorsqu'il choisit son instrument de musique acoustique, électrique ou électronique, l'improvisateur joue aussi avec un matériau sonore qu'il connaît. Ce sont les sons que son instrument et sa technique de jeu lui permettent de produire. Mais ce matériau sonore est une donnée « indélébile » de l'instrument. Il est donné avec l'instrument. L'improvisateur (acoustique, électrique ou électronique) choisit son instrument car il sait en jouer. Mais avec l'instrument numérique, le matériau sonore peut changer entre chaque performance (et même au cours d'une performance). Il n'est jamais une donnée systématique, il doit être volontairement choisi.

Le performeur a donc une responsabilité nouvelle par rapport à son public. D'une part, il présente un instrument qui, pour la plupart des spectateurs, est complètement inconnu, car nouveau. Sa responsabilité exige de lui une certaine honnêteté vis-à-vis du public. Comme tout est possible entre les gestes et le son, on pourrait faire croire que l'on contrôle certains paramètres alors qu'ils sont en réalité enregistrés, et automatiquement restitués. On pourrait, de manière caricaturale, danser au son de la musique en faisant croire qu'on la contrôle. Prenons l'exemple d'un performeur effectuant des mouvements de doigts sophistiqués, semblant correspondre aux sons, alors seule la position des mains contrôle vraiment quelque chose. Les mouvements des doigts laissent croire qu'ils contrôlent le son de manière subtile, alors qu'en réalité ils sont inutiles. L'exigence d'honnêteté demande de ne pas tromper le public en faisant croire à un geste de contrôle alors que les variations sonores sont enregistrées. Bien sûr, il y a des mouvements expressifs qui accompagnent les gestes strictement utiles au jeu, chez tous les instruments de musique. Mais il en va de la responsabilité du performeur de ne pas faire croire que ses mouvements contrôlent des sons qui sont en réalité enregistrés, et cette responsabilité, si elle existe aussi chez les instruments acoustiques, est accrue avec les instruments numériques. Pour les instruments électroniques ou les musiques amplifiées, nous avons abordé cette question avec l'exemple du chanteur faisant du playback, mais elle prend une autre dimension avec l'instrument numérique. Comme il s'agit, lors d'une performance, de présenter un instrument souvent inconnu du public, on peut facilement mentir sur les capacités réelles de l'instrument. Alors qu'un chanteur en playback, s'il fait

semblant de chanter sur scène, l'a au moins fait une fois en studio (moyennant parfois beaucoup de retouches et d'*autotune*⁷⁶).

La responsabilité du performeur implique aussi une autre forme d'honnêteté. Il pourrait tout à fait jouer au hasard de ce que fait l'instrument : explorer ce qu'on appelle ses potentialités primitives⁷⁷, c'est-à-dire manipuler l'interface au hasard, au lieu de jouer avec les potentialités « académiques » de l'instrument, c'est-à-dire en conscience et connaissance du fonctionnement de l'instrument. Or, les intentions du performeur – un geste, un résultat sonore – ne se lisent pas sur son visage. Le public ne peut discerner si le performeur, expérimentant avec une interface, joue consciemment les sons qu'il veut, ou bien effectue seulement les gestes qu'il veut, sans aucune intention sur les sons qu'ils produisent. Cela marque une grande différence dans le lien que le performeur entretient avec son instrument, et il en va de la confiance que le public accorde au performeur. Les instruments de musique numérique peuvent susciter de la méfiance chez les auditeurs, en particulier chez ceux qui les découvrent pour la première fois. Toutefois, la confiance s'accorde en général facilement si l'on sait que le performeur est aussi le compositeur, voire même le concepteur de son instrument. Alors, la question de l'authenticité de l'interprétation par rapport à l'œuvre ou au compositeur n'a plus lieu d'être. Quand l'interprète est lui-même le compositeur, et participe pleinement au développement de son instrument, l'authenticité est garantie. La recherche d'authenticité dans l'interprétation ne vient simplement plus à l'esprit.

Les nouveaux instruments numériques créent de nouvelles performances : des performances où la composition s'effectue dans le code, et où la dimension visuelle est aussi composée. Ils respectent les conventions sociales du concert, et ils créent des œuvres qui s'écoutent et qui se regardent. Ces œuvres sont en grande partie improvisées, elles sont ontologiquement fines. Elles peuvent être à la fois écrites et encodées, et c'est dans cet encodage informatique que se situe le changement majeur. Mais les instruments numériques ne contribuent pas à définir une nouvelle catégorie ontologique d'œuvres d'art. L'avènement des techniques d'enregistrement avait permis le développement d'une

76. *L'autotune* est un logiciel permettant d'ajuster la hauteur des notes : corriger un chanteur qui chante faux, mais aussi appliquer des traitements sonores sur la voix, pour égaliser sa puissance ou en modifier le timbre (donner un aspect de voix de robot par exemple).

77. Hervé LACOMBE, « L'instrument de musique : identité et potentiel », *Methodos. Savoirs et textes*, n° 11 (2011).

nouvelle forme d'œuvres musicales, les œuvres fixées sur support⁷⁸. Ce sont des œuvres entièrement réalisées en studio : enregistrement de musiciens, mixage, traitements sonores, ajouts d'effets, de sons électroniques. L'enregistrement constitue la trace de l'œuvre, celle-ci est définie de manière très dense. Les œuvres enregistrées s'accompagnent de nouvelles manières de composer, de concevoir les œuvres musicales, ainsi que de nouveaux modes d'écoute. L'usage a conservé le mot « musique » pour ces œuvres, mais on aurait aussi pu parler de phonographie, d'art phonographique, ou encore de sculpture sonore. Quand le cinéma est apparu, la rupture avec le théâtre était suffisamment importante pour que l'on puisse considérer un nouvel art ; mais il existe une continuité plus forte entre la musique performée et la musique fixée sur support. Cependant, l'avènement du numérique dans les instruments de musique ne semble pas conduire à créer de nouveaux genres d'œuvres. Les instruments de musique numériques, au contraire, s'inscrivent dans la continuité de la tradition scénique. Ils contribuent peut-être même à la renforcer, voire à la relancer, par rapport aux musiques électroniques de studio. Les œuvres qu'ils contribuent à créer sont définies d'une manière plus fine qu'une partition de musique écrite, et plus dense qu'une œuvre de la tradition orale, mais ce sont toujours des œuvres que l'on peut interpréter – des œuvres de performance.

Ainsi, les nouveaux instruments numériques défient certaines croyances à propos de la musique, des musiciens et des instruments. Bien qu'ils ne changent pas les manières de consommer la musique, ils invitent à revoir le rôle, le pouvoir et la responsabilité du musicien, car on voit émerger de nouveaux genres d'interaction entre les performeurs et les instruments. Les représentations au niveau du travail de composition sont mises au défi : on ne compose plus sur du papier, mais via des algorithmes. Tout instrument numérique étant déjà en partie composé dans sa partie logicielle, le jeu avec des instruments numériques remet en cause les représentations communes au sujet de l'improvisation musicale. L'instrument lui-même défie les croyances qui l'entourent : il n'est plus à chercher entre les mains de l'instrumentiste, mais il peut être éclaté entre différentes instances, dont certaines sont invisibles, existant sous forme de code au sein des ordinateurs. Sans bousculer les pratiques sociales, notamment celles du concert, les

78. Roger POUIVET, « L'ontologie du rock » ; Sandrine DARSEL, *De la musique aux émotions: une exploration philosophique*, Collection *Æsthetica* (Rennes: Presses Univ. de Rennes, 2010).

musiques numériques instrumentales remettent en question un certain nombre de représentations communes autour des instruments, des compositeurs et des musiciens.

3.3.2.4. *Quelle esthétique ?*

Dans les musiques numériques, les sons sont synthétisés par des algorithmes. Ce qui signifie que virtuellement tous les sons sont réalisables. Les programmes informatiques sont susceptibles de tout reproduire, et les performances que nous avons étudiées exploitent ce large champ des possibles. Ainsi, il n'y a pas d'unité parmi les instruments numériques quant aux sonorités déployées. Les techniques de synthèse peuvent être ce qui rassemble les instruments numériques en différentes catégories : synthèse additive, granulaire, par modulation de fréquence*... ou alors, les types de capteurs de mouvement les moyens de contrôle. Ou encore, les langages de programmation utilisés (SuperCollider, Max/MSP, ChucK...) pourraient former différentes catégories. Ces catégories peuvent intéresser les développeurs, à moindre égard les musiciens : ce seraient des catégories techniques mais pas esthétiques. Il n'y a pas de langage musical commun, pas de système ou théorie musicale qui pourrait rassembler tous ces instruments et leurs productions. De fait, il n'y a pas de « musique numérique » comme genre ou style unifié. Ce qui rassemble ces productions musicales, ce sont des moyens employés et des logiques de fonctionnement, et en tout premier lieu, l'utilisation du code informatique. Si l'on peut cependant identifier des influences, les tendances bruitistes ou électro par exemple, aucun langage commun ne rassemble toutes les performances numériques. Elles ne forment pas une catégorie esthétique, mais bien une catégorie définie par ses objets et leur fonctionnement. Et ce sont ces fonctionnements qui définissent de nouvelles « formes de vie », des configurations de performance : une configuration scénique, sonore et visuelle, déterminée par l'instrument de musique, pour donner vie à une performance musicale, et donner vie à l'instrument lui-même dans le même mouvement. La nouveauté de ces performances, que l'on saisit grâce à une compréhension affinée de l'instrument de musique, est la nouvelle position du musicien par rapport à l'instrument : il en est à la fois le développeur, il doit en apprivoiser le fonctionnement, savoir se laisser surprendre par ses réponses propres ; il le contrôle de manière indirecte, parfois collective ; il peut déléguer son geste à un média visuel. Et c'est aussi la nouvelle position de l'instrument par rapport à l'œuvre de performance qu'il contribue à créer.

En effet, l'instrument de musique numérique est pensé comme un projet de performance : produire du son et mettre ces sons en scène. Comme les instruments

traditionnels, il est créé en vue d'être joué devant un public, mais il présente cette différence sensible qu'il est aussi créé en vue d'une œuvre, et par là-même, il crée l'œuvre. Au contraire, avec les instruments traditionnels, l'œuvre musicale est composée pour des instruments déjà existants et disponibles. Mais la conception d'un instrument de musique numérique, ou plutôt d'une version particulière d'un instrument (contenant une version particulière du logiciel de synthèse sonore) implique déjà une part de composition. L'instrument numérique crée déjà l'œuvre, ou au moins la potentialité d'œuvre. On peut ajouter à l'instrument la définition d'une structure temporelle et d'instructions de jeu pour définir l'œuvre, ainsi celle-ci repose largement sur l'instrument et en déborde légèrement. Et même si l'instrument n'est joué qu'en improvisation, cette improvisation a déjà quelque chose de composé, qui l'apparente à une œuvre de nature très fine (voir p. 284). L'œuvre et l'instrument se superposent dans l'écriture du code, et cela les engage dans une relation de dépendance (voir 3.3.1.3, p. 273). L'élaboration d'un instrument correspond déjà à l'élaboration d'une œuvre. Alors, on peut voir l'instrument de musique numérique lui-même non seulement comme un projet, technique et technologique, mais aussi comme le projet d'une œuvre, qui est une œuvre de performance : non seulement sonore, elle comporte aussi une importante composante visuelle.

Le rôle des instruments est de créer des situations de performances : un cadre de contraintes, des gestes et un contenu sonore, et un espace scénique. Ils créent des mondes par des configurations sonores et par des gestes, physiques ou délégués, qui déploient une expressivité visuelle. Ce sont des mondes éphémères, qui souvent n'existent que le temps d'une performance (contrairement à l'orchestre symphonique par exemple, petite société des musiciens, qui traverse les siècles). Les instruments de musique établissent des formes de vie et se définissent par ces formes de vie. Ils font exister, le temps d'une performance, un ordre des choses, qui instaure un espace à la fois scénique et sonore. C'est une configuration dans laquelle évoluent ensemble le performeur et l'instrument, et ce afin que la musique existe.

On observe pourtant des situations où le concert s'éloigne de la logique de performance. La musique et son exécution ne sont plus premières, mais quelque chose d'autre vient écarter la musique de la performance musicale. Il peut arriver que la démonstration technique ou la thérapie prennent le pas sur la performance artistique. Parfois, on veut montrer à un public d'experts ce qu'est capable de réaliser un nouvel

instrument, on veut démontrer ses modes de fonctionnement et ses capacités sonores. Alors la performance s'apparente plus à une démonstration technique qu'à une véritable performance artistique. En effet, les instruments numériques sont souvent présentés lors de conférences, comme la pièce *Connectome* jouée en Corée pour la conférence ICMC (*International Computer Music Conference*⁷⁹) en 2018, ou lors de séminaires de recherche (l'instrument *Embodme*⁸⁰ en démonstration à l'Ircam, la même année). Ils font aussi l'objet de publications scientifiques : la pièce *Machine Yearning* est présentée dans la conférence NIME de 2015⁸¹ et *Connectome* en 2018⁸². On a aussi de nombreuses présentations d'instruments dans le *Computer Music Journal*, comme le radio-baton de Max Mathews⁸³ (1991), le Meta-instrument de Laubier⁸⁴ (article de 1998). Que l'objectif de démonstration soit pleinement assumé ou soit déguisé sous forme de concert, on peut se demander : une pièce fait-elle vivre un moment musical, ou a-t-elle pour but de prouver l'efficacité d'un nouveau système ? La démonstration technique l'emporte-t-elle sur la musique ? La pièce *Tibet* de Tanaka et Knapp est ouvertement une pièce-démonstration (voir 2.4.4.1, p. 143), elle sert à tester et prouver l'efficacité d'un système numérique et électronique de contrôle des algorithmes⁸⁵. Elle a été élaborée justement pour servir d'exemple de la technologie développée. Dans ce type de pièces, il se produit certes un déploiement des possibilités sonores, mais dans le même temps une présentation technique de la nouveauté technologique développée.

Et on a vu aussi, avec *From the Waters*, une performance pensée avant tout comme un atelier thérapeutique. Non seulement inspirée d'un rituel de deuil, mais aussi cherchant à créer une situation où l'on peut collectivement éprouver et exprimer la souffrance de la perte, cette pièce et surtout son exécution se rapprochent du rituel. D'autre part, on peut remarquer que de nombreux outils numériques sont utilisés auprès de personnes malades ou handicapées dans une visée thérapeutique : Puce Muse, la société qui développe le

79. Citons aussi MCM (*Conference of Mathematics and Computation in Music*), les conférences NIME (*New Interfaces for Music Expression*), SMC (*Sound and Music Computing*) ou DAFx (*International Conference on Digital Audio Effects*).

80. Un instrument numérique sous forme de table qui capte les mouvements des mains effectués sur et au-dessus de la table. <https://www.embodme.com/>

81. SNYDER et coll., « Machine yearning ».

82. SNYDER et coll., « Neuron-modeled Audio Synthesis ».

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

84. de LAUBIER, « The Meta-Instrument ».

85. Atau TANAKA et Benjamin KNAPP, « Multimodal Interaction in Music Using the Electromyogram and Relative Position Sensing », dans *A NIME Reader. Fifteen Years of New Interfaces for Musical Expression*, Springer (New York, NY: Alexander Refsum Jensenius and Michael J Lyons, 2016), p. 45-58.

Méta-Instrument, propose des ateliers à des publics touchés par le handicap⁸⁶. Le Méta-Instrument n'est pas directement concerné, mais ce sont d'autres instruments, reprenant certaines de ses parties, qui sont développés en adéquation avec le public concerné. Citons aussi le Bao-Pao⁸⁷, instrument qui permet, par des gestes très simples, de jouer et contrôler des sons. Il a été construit pour rendre immédiat le jeu de la musique. Le but n'est alors pas la performance musicale, mais de permettre à certaines personnes ciblées de pouvoir expérimenter avec le son, ou même trouver un moyen d'expression sonore, grâce à de nouveaux outils musicaux, sans nécessiter aucune connaissance ou pratique musicale préalable.

D'autre fois, la performance se rapproche de la danse. C'est le cas évidemment quand le corps fait partie prenante de l'instrument, mais aussi partout où des interfaces gestuelles sont utilisées, et donc où le geste doit être imaginé, composé. Les gestes musicaux sont chorégraphiés, la mise en scène investit l'espace de manière véritablement esthétique : les mouvements du corps appellent à une vraie danse. La performance musicale a recours à la danse pour se mettre en scène. Ainsi les gestes des performeuses dans *Tethered* ont une allure de danse, ils sont d'ailleurs décrits de manière chorégraphique (voir p. 181). Les gestes de Chagall avec les Mi.Mu gloves se mêlent à la fois à son chant et à sa danse (voir 2.4.1.2, p. 113). Mais contrairement à la danse, qui généralement accompagne la musique, ces mouvements chorégraphiques servent à la production de la musique. Les gestes ne sont pas seconds, ils sont générateurs de la musique. Quant à la performance *DATA_Noise*, la performeuse est une vraie danseuse (voir 2.4.5.2, p. 156). Ses mouvements sont d'abord de la danse avant d'être transformés en musique. Elle assume le double rôle de danseuse et de musicienne.

Achoppements de l'esthétique⁸⁸, la démonstration technique, le rituel ou la thérapie, ainsi que le jeu (au sens de divertissement), comme production sonore immédiate et amusante, sont parfois très proches des performances avec instruments de musique numériques. Tous ces exemples ne cherchent pas à mettre en défaut la musique, mais montrent bien sa perméabilité, sa capacité à s'hybrider avec des pratiques et discours non artistiques, et à quel point elle s'immisce dans tous les domaines de la vie. Quant à la chorégraphie,

86. <http://www.pucemuse.com/accessibilite/> (consulté le 15/07/2019).

87. <http://bao-pao.com/index.php> (consulté le 15/07/2019).

88. Frédéric POUILLAUDE, *Le désœuvrement chorégraphique : étude sur la notion d'œuvre en danse* (Paris: Vrin, 2009).

Depuis notre proposition d'une nouvelle définition de l'instrument de musique, permettant de considérer certaines classes d'instruments numériques comme de véritables instruments de musique, nous avons été d'abord amenés à considérer les nouveaux enjeux et défis que soulèvent ces nouveaux instruments, puis à analyser leurs productions artistiques : les œuvres et les performances. Nous avons mis en évidence que les instruments numériques s'inscrivent dans un nouveau rapport au temps et à l'espace. L'œuvre et l'instrument sont partiellement consubstantiels dans cet élément qu'est le code informatique, ils sont alors liés par une relation de dépendance mutuelle. Il s'établit un rapport de dépendance réciproque entre l'instrument de musique numérique et l'œuvre de performance. Les instruments numériques contribuent à créer des œuvres ontologiquement fines, dont la trace réside, au moins en partie, dans le code logiciel. Les nouveaux instruments numériques que sont les instrument tripartites, les instruments multimédias et ceux incluant le corps du performeur permettent de produire des performances instrumentales.

Les performances numériques respectent, en général, les conventions sociales liées à la présentation des concerts. Mais elles mettent en doute un certain nombre de croyances liées à la musique, notamment vis-à-vis de l'improvisation, qui est toujours un peu composée, et du rôle des performeurs, qui endossent de nouvelles responsabilités et doivent gagner la confiance de leur auditoire. Les instruments numériques ne contribuent cependant pas à faire émerger une nouvelle catégorie ontologique d'œuvres musicales. D'esthétiques sonores disparates, les œuvres des instruments numériques présentent une unité par leur mode de fonctionnement. Ils établissent des « formes de vie » qui permettent la réalisation d'œuvres de performances. L'instrument de musique numérique est alors pensé comme projet non seulement technologique, sonore, et spatial, mais comme projet d'œuvre – qui est une œuvre de performance, une performance musicale avec une composante visuelle importante. Plus qu'une expérience sonore, c'est une expérience multimodale qu'ils proposent aux musiciens et aux auditeurs. Nous avons finalement pointé quelques cas où les performances numériques dévient d'une logique de performance artistique, en se rapprochant tantôt de la démonstration technique, tantôt de séances didactiques ou thérapeutiques.

Conclusion

Observant que dans les scènes de musiques numériques contemporaines, on parle parfois d'instruments de musique pour désigner des outils et systèmes utilisés dans la production sonore, nous nous sommes demandé si cette appellation pouvait être justifiée, sachant qu'elle contredit certaines conceptions classiques et définitions théoriques de l'instrument de musique. Nous avons émis l'hypothèse que l'instrument de musique numérique peut en effet exister, et pour la vérifier, nous avons étudié un certain nombre d'instruments et cherché les conditions selon lesquelles on peut effectivement parler d'instrument de musique. Nous avons pu ainsi proposer une révision de la définition d'instrument de musique et définir trois classes d'instruments de musique numériques. La considération des changements dans les pratiques musicales et des nouveaux enjeux soulevés par ces instruments numériques nous a conduits à mettre en lumière les changements opérés dans les performances musicales et dans les œuvres qu'elles constituent, et dans l'expérience qu'elles proposent aux musiciens et aux spectateurs.

Nous avons commencé par présenter les définitions de l'instrument de musique existant dans la littérature, ainsi que les définitions de la performance musicale et les relations qu'elle entretient tant avec les œuvres musicales qu'avec les instruments eux-mêmes. Les définitions de l'instrument de musique comprennent différents points de vue : une idée de l'instrument de sens commun, des conceptions traditionnelles, et des définitions inclusives qui cherchent à englober les situations numériques contemporaines. Les performances musicales s'articulent en lien avec les œuvres et avec les instruments. Une performance peut être l'interprétation d'une œuvre, objet qui s'inscrit dans la durée et se donne à entendre lors des performances ou par des enregistrements. Les instruments de musique donnent lieu à des performances musicales, et les œuvres qui constituent leur répertoire contribuent à forger leur identité.

Notre corpus se compose de dispositifs pour la musique qui utilisent une fabrication numérique et informatique du son, réalisée par des programmes informatiques sur des ordinateurs. Nous avons ainsi étudié des instruments qui fonctionnent avec des interfaces gestuelles, comme les Hands, les gloves, le Karlax, le Méta-Instrument, les *tether-controllers* et des surfaces de contrôle. Cela comprend aussi des interfaces qui mesurent des signaux physiologiques, comme la BioMuse et la performance *DATA_Noise*, ainsi que des performances de musique mixte et des systèmes embarqués. Puis nous avons

étudié des situations musicales où l'ordinateur est utilisé de manière directe, au clavier et à la souris, par l'intermédiaire d'interfaces graphiques ou textuelles. Ce sont les logiciels d'édition et de création musicale, ainsi que des performances d'orchestres d'ordinateurs (en particulier les ensembles PLOrk et SLOrk) où chaque performeur est assis devant sa machine, et des performances de *live coding*. Le point commun reliant tous les instruments de notre corpus est l'utilisation du code informatique, via l'ordinateur, pour produire et contrôler la musique.

Les instruments numériques en général entraînent de nouvelles pratiques musicales, que nous avons décrites sous la forme d'un nouveau paradigme. Les instruments se composent toujours d'une pluralité d'objets, reliés non pas de manière physique, mais par voie informationnelle. Certains de ces objets sont informatiques – non matériels mais logiciels. Les rôles des concepteurs d'instruments, des compositeurs et des performeurs, bien distincts dans le paradigme classique, s'entremêlent avec les instruments numériques. Ceux-ci proposent des modes d'interaction nouveaux, que ce soit entre les différents acteurs de la musique, entre les performeurs et leurs instruments, ou entre les différentes entités qui constituent les instruments. Le côté visuel, qu'il soit geste physique, chorégraphique ou un geste délégué à un média visuel, participe à l'identité de l'instrument numérique. Il est pensé à l'avance et revêt une importance particulière.

Ce paradigme numérique, que nous avons développé tout au long de l'exploration de notre corpus, nous a permis de reconsidérer l'instrument de musique dans une perspective nouvelle. Les intuitions de sens commun sur ce qu'est un instrument de musique ne sont pas suffisamment explicites pour être capables de caractériser immédiatement les systèmes musicaux innovants. Nous avons donc tenté de « faire parler » le sens commun, pour pouvoir adapter les critères définitionnels de l'instrument de musique présentés en première partie aux situations musicales actuelles, tout en restant fidèles à un socle de définition caractérisant tous les instruments de musique. Nous avons développé notamment les notions de production sonore, de contrôle, de geste instrumental, ce qui nous a permis d'identifier, parmi notre corpus d'instruments, trois classes d'instruments qui peuvent en effet être considérés comme de véritables instruments de musique. Ce sont d'abord les instruments tripartites, les plus nombreux, qui fonctionnent avec un logiciel sur un ordinateur, une interface gestuelle, et des haut-parleurs. L'interface permet de capter des données des gestes du performeur, le logiciel effectue la synthèse sonore en y intégrant ces données avec le mapping qu'il définit, et les haut-parleurs permettent au son

d'exister. La deuxième classe d'instruments, très proche de la première, s'en distingue car le corps humain fait partie de l'instrument de musique le temps de la performance. Ce sont les instruments à signaux physiologiques. L'interface n'est pas un objet manipulé par le performeur, mais un jeu de capteurs posés directement sur le corps du performeur. Viennent ensuite les instruments multimédias, qui sont des systèmes complexes incluant plusieurs ordinateurs et un substrat visuel, qui se substitue au geste physique des performeurs. Ces systèmes sont contrôlés collectivement via des interfaces graphiques, de manière indirecte, et ils mettent en place une délégation du geste.

Nous avons ensuite proposé une définition de l'instrument de musique numérique : c'est un système impliquant une production numérique du son, un contrôle de celle-ci par un performeur via un geste (réel ou délégué) et une restitution du son par haut-parleurs. Le contrôle peut être direct ou indirect (en contrôlant d'autres paramètres que des paramètres sonores), il peut être collectif, et il doit être continu (c'est-à-dire nécessaire à la continuation de la musique : soit par l'entretien du son, soit par le déclenchement continu – et nécessaire – d'éléments sonores). Numériques, électroniques ou acoustiques, l'universel qui caractérise tous les instruments de musique est l'incorporation du son dans un geste qui contrôle la production sonore, qu'il soit physique ou délégué.

L'ordinateur en lui-même ne peut pas être, dans notre perspective du moins, un instrument de musique. Un outil de la musique, oui. Mais dans certaines configurations, il peut constituer une partie d'un instrument de musique. Aussi, tous les systèmes numériques ne sont pas, selon nous, de véritables instruments de musique. Ce qui permet une lecture automatique du son, où le geste n'est nécessaire que pour appuyer sur *play*, n'est pas un véritable instrument de musique, car s'y efface toute action de contrôle du musicien. Nous avons donc écarté les logiciels d'édition musicale, les acousmoniums, les platines de DJ (dans une utilisation de simple mixage). Parmi notre corpus, nous avons aussi écarté les ordinateurs dans les performances de musiques mixtes et dans les performances de Kernel. Nous avons précisé, dans les instruments mixtes, que l'ordinateur ne contribuait pas à définir un nouvel instrument, mais suppléait un instrument déjà existant. Quant aux performances de *live coding*, elles construisent des instruments virtuels, modélisés par le code, qui sont virtuellement joués par l'ordinateur quand il exécute le code. Les performances avec des surfaces de contrôle sont plus ambiguës et difficiles à classer. Selon les types de contrôleurs et selon l'utilisation qu'on en fait, elles peuvent appartenir ou non à la catégorie des instruments de musique.

Cependant, les scènes actuelles montrent souvent une utilisation mixte : à la fois comme instrument de musique et comme instrument de DJ.

Les nouveaux instruments de musique numériques s'entourent de dynamiques nouvelles : ils posent de nouveaux défis aux constructeurs, aux compositeurs et aux performeurs, pour qui le médium de travail est principalement le code logiciel. Ils construisent leur identité de toutes pièces et contribuent à créer des situations de scène nouvelles. Ces nouvelles caractéristiques nous permettent de mieux appréhender la manière dont les nouveaux instruments redessinent les performances musicales. Celles-ci sont particulièrement visuelles, elles témoignent d'une tendance exogène : non seulement le sonore, mais aussi le visuel est composé. L'instrument de musique numérique s'inscrit dans un rapport particulier au temps et à l'espace, il compose la scène autant qu'il compose les sons, et il altère l'ordre temporel traditionnel des processus de création musicale. Ce qui nous a amené à montrer que l'instrument numérique se place dans un nouveau rapport à sa performance : ils sont liés dans une relation de dépendance mutuelle. L'instrument de musique numérique est spécialement ordonné à la performance et non aux œuvres écrites. Les performances qu'il crée sont, dans la majorité des cas, une interprétation d'une œuvre ontologiquement mince. Celle-ci définit en général une structure, quelques contraintes ou modes de jeu, et laisse une place importante à l'improvisation. Certaines performances sont des improvisations. Mais même dans ces cas-là, le code informatique de l'instrument est déjà composé ; ce qui remet en cause les conceptions classiques de l'improvisation et de la composition. L'œuvre de performance est en grande partie déjà définie par l'instrument numérique, elle en déborde par les indications structurelles et de modes de jeu qui lui sont assorties.

Les instruments numériques mettent au défi nos représentations traditionnelles sur la musique, notamment par cette remise en cause de la différence entre improvisation et interprétation. Ils contribuent aussi à questionner nos croyances quant au fonctionnement même des performances musicales. Lors d'un concert, une note de programme explicative est souvent nécessaire pour savoir que les musiciens exercent réellement un contrôle sur la musique qu'on entend. Sont questionnés aussi les rôles des compositeurs et performeurs, ceux-ci étant souvent confondus. Un signe latent du fait que nos croyances à propos de la musique ont du mal à s'adapter aux instruments numériques s'imprime dans le vocabulaire, trahissant une difficulté à employer le mot « musicien » là où nous disons « performeur ». L'emploi du mot « performeur » se justifie tant que nous n'avons

pas tranché entre ce qui peut être ou non considéré comme instrument de musique. Mais une fois le choix posé, on aurait pu parler généralement de musiciens. Force est de constater que la transition ne s'est pas parfaitement effectuée. En effet, ces nouveaux instruments peinent encore à constituer de nouvelles croyances : ils sont considérés comme instruments de musique par leurs concepteurs, les compositeurs qui les utilisent et les développent, par les performeurs qui se les approprient. Mais il leur reste à convaincre leur public, et c'est souvent là que réside le plus gros enjeu. Ils n'ont pas de place acquise dans le sens commun et une analyse est souvent nécessaire pour pouvoir les considérer comme de véritables instruments de musique. Notre travail ne cherche pas à asséner une vérité, mais à proposer des critères pouvant orienter la réflexion sur la nature des instruments numériques. Ce qui à la fois nécessite et entraîne une étude des performances musicales.

L'analyse des systèmes numériques a tout d'abord permis l'exploration d'un corpus encore peu étudié. Ensuite, notre enquête ontologique nous a mené, d'une part, à la définition d'une nouvelle catégorie d'instruments de musique, et d'autre part, à la caractérisation des œuvres de performance qu'ils permettent de produire, dans leur rapport au temps et à l'espace et dans leur lien à leurs instruments. Ce sont des œuvres de performance dont on fait l'expérience non seulement par le sonore, mais aussi par le média visuel, et par les relations qui articulent ces deux médias.

Cette approche théorique de l'instrument de musique permet finalement de mieux comprendre les performances musicales numériques, le fonctionnement des œuvres, de les décrire, et d'en apprécier la valeur. En effet, on ne peut considérer justement le travail des musiciens si l'on n'a aucune idée de ce que ce travail a pu représenter d'efforts et de prouesses, musicales autant que technologiques. L'apport théorique que constitue cette thèse peut servir de support pour la compréhension, la caractérisation, l'analyse et l'appréciation des performances numériques. Il peut également contribuer à éclairer les questionnements des musiciens et facteurs d'instruments d'aujourd'hui ainsi que la communauté NIME (*New Interfaces for Musical Expression*). Dans l'élaboration de nouveaux instruments de musique exploitant des opportunités technologiques toujours nouvelles, on cherche à créer de « bons » instruments de musique. Cette ambition s'accompagne toujours d'un questionnement sur ce qu'est – ou doit être – l'instrument de musique : quelles possibilités et quelles contraintes doivent présenter les systèmes pour

qu'ils soient de « vrais » instruments de musique ? La création et le développement de nouveaux instruments a donc besoin d'un éclaircissement sur ce qu'est l'instrument de musique numérique et sur ce qu'il peut engendrer comme performances musicales.

Cependant, gardons en mémoire que les mots et les définitions construisent des images de la réalité, des images fixes de notre réalité pourtant mouvante et changeante que jamais ils ne pourront capturer dans toute leur profondeur. La théorie est cependant là pour fournir un cadre de réflexion qui s'est avéré nécessaire. C'est pourquoi les définitions sont essentielles, mais c'est de musique dont nous avons avant tout besoin pour montrer l'instrument de musique.

Si définir, c'est ranger des objets dans des cases, alors il faut plutôt faire tomber les barreaux de ces cages : nous avons montré quelles caractéristiques de l'instrument de musique se trouvaient aujourd'hui remises en cause, voir abolies, nous avons ainsi ouvert la cage non seulement pour dépoussiérer un vieux concept, mais aussi pour lui donner la liberté, et surtout donner la liberté à la musique de jouer de ce qu'elle veut – et comme elle veut. Et en tout dernier lieu, c'est bien elle, la musique, qui saura que faire de ses instruments. Le but n'est pas tant de redéfinir de manière normative l'instrument de musique, de définir le « nouvel instrument de musique » de l'ère du numérique et de le cloisonner entre quatre critères éliminatoires, que de montrer que le concept d'instrument de musique est une réalité mouvante. Notre typologie en trois classes d'instruments numériques n'est pas exhaustive, et saura sans doute accueillir de nouveaux instruments dans un futur proche. Nous avons voulu mettre en évidence ce qui est nouveau avec le numérique, qui ne constitue certes pas un pas de géant par rapport aux instruments électroniques, mais qui imprime des changements significatifs dans les pratiques et les performances musicales où se dévoile et se révèle l'instrument de musique numérique. Et nous montrons que par ces évolutions, les nouveaux instruments s'orientent particulièrement vers la performance, plus que vers la création d'œuvres écrites, immuables et à vocation d'éternité. D'autre part, le caractère novateur et hautement technique qui caractérise ces instruments détourne parfois leurs productions de la performance artistique au profit de démonstrations techniques ; on a vu aussi des ateliers didactiques ou thérapeutiques. Cela dépeint la polyvalence des outils numériques et des ordinateurs, qui sont des objets multitâches ; et s'ils peuvent participer à la formation d'instruments de musique, ils entraînent ces instruments dans leur polyvalence. Mais cela montre surtout, s'il était besoin de le rappeler, que la musique n'est pas seulement faite

d'œuvres et de performances, mais qu'elle s'insère naturellement dans tous les moments de la vie quotidienne.

On peut s'interroger quant à la durabilité des instruments numériques. Vu l'absence de transmission et le caractère souvent expérimental, parfois universitaire, de ces innovations, on se doit de poser la question : constituent-elles l'émergence d'un mouvement nouveau qui va se généraliser, ou bien est-ce que cette musique est destinée à rester marginale ? La question n'est pas celle de la durabilité du genre, car il ne s'agit pas d'un genre musical, mais d'un ensemble de pratiques musicales basées sur des moyens technologiques et informatiques. Une diffusion a déjà commencé, pour ce qui est des gants Mi.Mu par exemple, qui sont commercialisés et ont déjà fait leur entrée sur des scènes à grand public. Les surfaces de contrôles et logiciels d'édition musicale connaissent une diffusion encore plus significative ; ils sont particulièrement utilisés dans les musiques pop et électro. Mais la majorité des instruments que nous avons présentés sont des prototypes uniques et n'ont connu aucune diffusion. Michel Waisvisz, Laetitia Sonami et Atau Tanaka comptent parmi les rares personnes qui ont travaillé avec un instrument numérique de manière durable, et les pièces conçues pour orchestres d'ordinateurs se transmettent très peu. La pérennité de ces musiques est aussi menacée par l'obsolescence informatique. Les logiciels, les systèmes d'exploitation et les machines changent si vite, qu'il faut constamment adapter les programmes pour qu'ils restent fonctionnels. Sans ce travail de maintenance, ils deviennent incompatibles avec les systèmes d'exploitation qui ne cessent de se renouveler, et ils finissent par être inutilisables.

Le futur est donc incertain. Les instruments numériques suscitent plus d'innovations qu'ils ne créent d'équipes de maintenance pour sauvegarder les programmes existants. On devine que pour de nombreux dispositifs, le matériel et les logiciels ne seront pas maintenus. Alors le répertoire s'efface avec ses moyens d'exécution : une pièce fait ses preuves avec certains instruments, bientôt dépassés par d'autres, elle est ensuite oubliée. Ce qui n'empêchera pas la production de nouvelles œuvres et performances. Chaque nouvelle production de performance implique un nouvel instrument : on peut donc imaginer un répertoire foisonnant pour le numérique en général, riche d'œuvres et d'instruments éphémères et vite oubliés. La constitution du répertoire n'est pas tant un objectif poursuivi, la durabilité n'est pas un but. Si elle l'est, c'est souvent parce que le

développement économique a pris le dessus, alors durabilité équivaut à rentabilité financière. Ce n'est donc plus l'œuvre de la musique. Nous avons pu montrer en effet que ces nouveaux instruments épousent le temps de la performance, et pour beaucoup d'entre eux (en particulier les instruments multimédias), ils ne sont reconstitués que si la pièce pour laquelle ils ont été créés est rejouée. On peut donc imaginer une organologie des instruments numériques en forme d'arbre à mille feuilles mais sans longues branches : des inventions qui abondent mais qui ne s'inscrivent que rarement dans une longue continuité.

Néanmoins, cette musique des algorithmes, qu'elle perdure ou qu'elle s'essouffle, n'effacera pas les pratiques musicales qui durent depuis des siècles. Les instruments numériques et les ordinateurs ne prendront pas la place de nos violoncelles, pianos et clarinettes. Les instruments de musique acoustiques sont intimement liés à un répertoire multiséculaire et dépositaires d'une tradition qui ne se laissera pas si facilement remplacer.

Dans la pièce *My God it's Full of Stars*¹, qui met en scène un orchestre d'ordinateurs avec un guitariste, un violoniste et un chanteur, soudain les ordinateurs se taisent. Les performeurs répètent alors, à la voix, des morceaux de phrases du chanteur. Tous en même temps, ils chantent des phrases, chacun à une hauteur et à une vitesse différentes, créant ainsi le même effet que ce que pourraient réaliser leurs ordinateurs avec des programmes de traitement sonore. Imitant leurs machines, ils critiquent eux-mêmes le mécanisme dont ils sont l'auteur et accomplissent un retour vers une musique ancrée dans leur corps vivant.

Ces musiques numériques ont peut-être quelque chose à révéler, quelque chose à nous dire du monde : elles nous confrontent à notre environnement. L'art est à l'image de nos vies, c'est là qu'il naît – et qu'il meurt. Les musiques numériques sont peut-être un reflet de l'effacement du geste dans nos vies, ou de sa virtualisation : il suffit de passer commande en ligne et tout le nécessaire sera livré, d'articuler une commande vocale pour allumer la lumière ou avoir la météo ; l'automatique prend en charge nos petits gestes et efforts quotidiens. On dématérialise : nos mémoires en nuages, nos instruments en programmes informatiques.

1. Jouée par PLOrk le 3 mai 2017 à Princeton. A visionner ici : <https://vimeo.com/232100586> 42.

On cherche parfois à créer des instruments « intelligents », des instruments qui soient intéressants à jouer, avec lesquels on ne s'ennuie pas, des instruments qui ouvrent à de nouvelles possibilités musicales tout en s'échappant des contraintes acoustiques². La corde du violon est limitante dans les timbres et les hauteurs qu'elle permet, encore plus contraignante est la touche de piano, toujours attachée à la même note. Dans la quête des instruments intelligents – et l'évitement des instruments « bêtes », déterminants et limitants – transparait la recherche d'un compagnon de jeu, d'un « autre », non musicien mais qui s'en rapproche presque : on veut un système qui participe, avec le performeur, à la création de la musique. L'instrument « intelligent » est un système capable d'un certain comportement propre, capable de proposer lui-même des « idées » musicales. Mais alors, qui est l'artiste ? Le performeur, en *faisant jouer* l'instrument plus qu'en en jouant lui-même, ne renonce-t-il pas à sa propre initiative musicale ? L'instrument « intelligent » coopère à la création musicale, il n'est plus un outil, un intermédiaire pour la musique, c'est un collaborateur, un co-auteur de la musique. On dématérialise aussi les musiciens.

Une certaine ambivalence demeure au sein des musiques par ordinateurs : l'objectif visé est-il de concevoir des performances musicales sur des modèles connus, ou d'inventer de nouvelles formes artistiques ? Le fait de chercher l'instrument de musique parmi les systèmes numériques témoigne d'un attachement à une tradition ancienne. Mais en art peuvent germer de nouvelles formes de vie qui s'affranchissent des repères connus et de toute référence à un modèle instrumental. Il faudra sans doute dépasser le concept d'instrument de musique pour pouvoir les identifier. Et si l'on trouve des formes musicales où l'idée d'instrument de musique se révèle définitivement obsolète, alors peut-être pourra-t-on identifier une nouvelle forme artistique, non plus tout à fait « musique » mais autre forme d'art des sons – des sons numériques.

Bernard Sève disait que « la philosophie de l'art est seconde par rapport aux inventions des artistes, qui donnent matière à penser³ ». La musique en effet est première, la philosophie est seconde, mais la musique de nouveau ferme la boucle : après les délibérations du philosophe, la musique reste maître sur scène et sur toutes ses scènes, pour y montrer ses instruments – quels qu'ils soient.

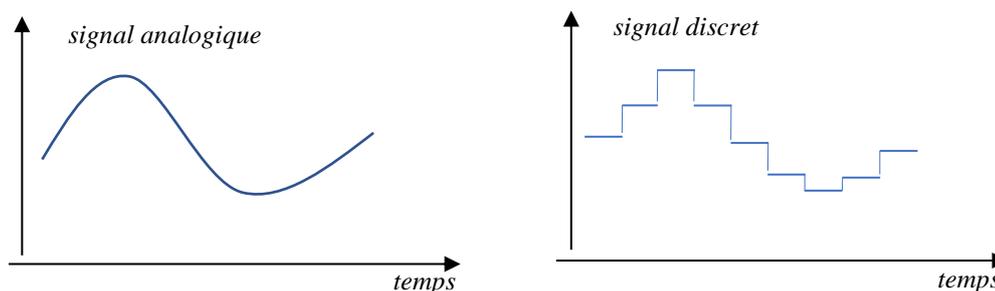
2. D'après un entretien avec Laetitia Sonami par Skype le 10 avril 2019.

3. Bernard SEVE, *L'instrument de musique : une étude philosophique*, p. 18.

Glossaire

Algorithme : c'est un processus logique permettant la résolution d'un problème. Il décrit une série d'opérations qui, effectuées correctement, conduisent à une solution. Par exemple, une recette de cuisine ou la marche à suivre pour réaliser un origami sont des algorithmes. En informatique, les instructions sont des étapes de calcul et des opérations logiques, d'accès à la mémoire, et de contrôle. Elles sont effectuées par le processeur* d'un ordinateur. Elles sont décrites dans des programmes*, grâce à un langage de programmation*, pour être exécutées par l'ordinateur*. Dans le cas d'un algorithme de synthèse sonore, la tâche consiste à synthétiser un signal*, en fonction de certains paramètres donnés.

Analogique : se dit d'un appareil ou d'un système fonctionnant avec des grandeurs qui sont des fonctions continues du temps. Un signal* analogique est un signal qui varie de manière continue au cours du temps (par opposition au signal numérique*, qui prend des valeurs discrètes). Par exemple, un courant électrique, une onde sonore (des variations de la pression atmosphérique) sont des fonctions continues du temps.



Audionumérique (synthèse) : voir synthèse sonore*.

Bande passante : Tout appareil qui traite ou transmet des signaux* admet un signal d'entrée et renvoie un signal en sortie (c'est par exemple un filtre*, un câble...). Sa bande passante est l'intervalle fréquentiel d'un signal qu'il est capable de traiter ou de laisser passer. Si le signal d'entrée comporte des fréquences au-delà de cet intervalle, elles seront éliminées (ou grandement atténuées) lors du passage par le système considéré.

Capteur : un capteur est un appareil de mesure qui, à partir de l'observation d'une grandeur physique (une vitesse, une distance, une pression, une accélération, une onde électromagnétique...), élabore un courant électrique. Les variations du courant correspondent aux variations de la grandeur captée, ce qui permet de la mesurer.

Code : le code informatique ou code logiciel désigne le texte, écrit dans un langage de programmation*, qui constitue les programmes*.

Contrôleur MIDI : c'est une interface* qui produit des signaux MIDI*. Elles comprend des capteurs* (capteurs de mouvement comme des accéléromètres, capteurs de pression sous une touche de clavier ou sous un bouton...), les données issues des capteurs sont numérisées (le signal analogique* est transformé en un signal numérique*) au format MIDI. Ces signaux peuvent être lus par un synthétiseur*, enregistrés par un séquenceur*, affichés dans un logiciel* d'édition de partitions.

Convertisseur numérique-analogique : c'est un dispositif électronique qui permet de transformer un signal numérique* (une alternance de deux valeurs distinctes) en un signal analogique* (des variations continues au cours du temps). C'est une forme de décodage d'un signal numérique. Un signal sonore numérique doit passer par un tel convertisseur avant d'être lu par un haut-parleur. A l'inverse, un convertisseur analogique-numérique est nécessaire pour qu'un ordinateur puisse effectuer des calculs sur le signal. Il échantillonne et quantifie le signal continu pour en faire un signal numérique.

Diffusion monophonique, stéréophonique, 5.1, ambisonique : ce sont différentes manières de diffuser le son, selon le nombre de pistes audio sur lequel il est encodé et la manière de les répartir dans l'espace par les haut-parleurs. En diffusion monophonique, les haut-parleurs diffusent tous le même signal sonore. En stéréophonique, le son est encodé sur deux pistes différentes, qui représentent généralement la droite et la gauche de la scène sonore. Il est diffusé par au moins deux haut-parleurs. En 5.1, il y a six pistes, diffusées par cinq enceintes (souvent, une dans chaque coin de la pièce et une au centre de la scène) et un subwoofer (un haut-parleur pour basses fréquences). Une diffusion ambisonique utilise beaucoup de pistes pour créer une impression d'immersion sonore, cela nécessite des haut-parleurs partout dans la salle.

DMI (*Digital Music Interface*) : c'est une interface gestuelle* conçue et utilisée pour contrôler un programme* informatique de production sonore. C'est donc un objet muni de capteurs* qui produisent des signaux, ceux-ci sont transmis à un ordinateur où ils sont utilisés comme données d'entrée par un programme de synthèse sonore. Les signaux produits sont numérisés pour pouvoir être traités par l'ordinateur. Ils peuvent être convertis au format MIDI* (mais pas nécessairement), auquel cas le DMI est aussi un contrôleur MIDI*.

Embarqué (système ou instrument) : c'est un système électronique et informatique autonome, fonctionnant en temps réel. Il est constitué d'éléments matériels et logiciels*. Au contraire d'un ordinateur, prévu pour toutes sortes de tâches, un système embarqué est prévu pour réaliser des opérations précises. Une photocopieuse, un appareil photo numérique, un lecteur mp3, sont des systèmes embarqués.

Filtre : c'est un circuit électronique ou un programme* informatique qui effectue des opérations sur un signal*. Par exemple, un filtre passe-bas élimine toutes les fréquences d'un signal au-dessus d'un certain seuil. Pour un signal sonore, il en résulte un son auquel on a supprimé tous les aigus. En faisant varier la fréquence limite (appelée fréquence de coupure), on transforme le signal : il sonne plus « sourd » quand on baisse cette fréquence.

Home-studio (ou DAW) : voir station audionumérique*.

Interface : Élément de contact et d'échange entre une machine et un utilisateur, elle permet d'établir un lien de communication. La machine peut délivrer des informations par des affichages lumineux, sur un écran, par des sons... Elle en reçoit, selon le type d'interfaces, par des données mesurées par différents capteurs* (interfaces gestuelles), ou par l'intermédiaire d'un affichage graphique (interfaces graphiques).

Interface gestuelle : Interface* permettant de mesurer des paramètres liés aux gestes. Ce sont des objets matériels équipés de capteurs* (de position, d'accélération, de pression...) permettant d'envoyer les données mesurées à un ordinateur. Tout objet muni de capteurs peut être utilisé comme une interface. Les claviers, des contrôleurs à vent, des objets équipés d'accéléromètres ou de capteurs de position que l'on manipule, sont des interfaces gestuelles.

Interface graphique : c'est l'affichage d'éléments virtuels sur un écran associé à un dispositif qui permet de les manipuler (souris et pointeur, écran tactile, clavier). Une interface* graphique permet à la machine de donner des informations à l'utilisateur et d'en recevoir. Celui-ci peut fournir des données à l'ordinateur et lui donner des instructions qu'il exécute et dont le résultat peut s'afficher. Avant l'invention des interfaces graphiques, les premiers ordinateurs commercialisés s'utilisaient via l'écriture de lignes de commande. L'invention du « bureau » et de ses icônes a ensuite permis un usage plus intuitif de la machine.

Langage de programmation : c'est un langage proche du fonctionnement de l'ordinateur mais intelligible pour la personne qui sait programmer. C'est une notation conventionnelle qui permet d'écrire des opérations qui seront effectuées par un ordinateur. Pour cela, il doit être compilé, c'est-à-dire traduit en langage-machine (un langage compréhensible par l'ordinateur : il est binaire, composé de 0 et de 1).

Live coding (ou programmation à la volée) : Type de performance qui consiste à développer des algorithmes* en direct en écrivant des lignes de codes pour produire de la musique. Ici, nous nous intéressons en particulier aux performances musicales, mais dans un sens général, on peut utiliser le *live coding* pour contrôler d'autres médias, notamment de la vidéo.

Logiciel : c'est un ensemble de programmes* informatiques et de données permettant à un ordinateur d'effectuer des tâches. Ces instructions et données existent sous forme de texte stocké dans des fichiers et écrit en « code source », le langage de programmation* utilisé pour le développement du logiciel. Tout ordinateur est composé de matériel (*hardware*) et de logiciels (*software*), l'un ne fonctionnant pas sans l'autre. Par exemple, le système d'exploitation (Windows, Mac OS, GNU/Linux...) est un logiciel.

Machine learning (ou apprentissage automatique) : c'est une méthode relevant de l'intelligence artificielle qui consiste à fournir à un ordinateur un ensemble de données à partir desquelles il « apprend », c'est-à-dire qu'il extrait des modèles caractérisant ces données. Dans un second temps, l'ordinateur applique ces modèles pour résoudre des tâches.

Mapping : dans le contexte des interfaces* musicales, c'est un code informatique qui définit une manière d'associer les paramètres gestuels issus de l'interface aux paramètres sonores du programme* de synthèse. Par exemple, le mapping peut définir que le geste de lever la main (mesuré par un capteur* de position) permet de modifier la hauteur du son. C'est un mapping « one-to-one », où un paramètre gestuel est directement relié à un paramètre sonore. Il y a aussi des mappings « one-to-many » et « many-to-one » : un paramètre gestuel contrôle plusieurs paramètres sonores, ou bien il faut plusieurs gestes pour contrôler un seul paramètre sonore. On peut aussi programmer des mappings non explicites, où les liens entre les gestes et les paramètres sonores ne sont pas systématiques. Pour cela, on utilise des algorithmes de *machine learning**.

Max/MSP : c'est un logiciel* qui permet de faire de la synthèse sonore, développé à l'Ircam dans les années 1980. Il fonctionne par la réalisation de patches*.

Microprocesseur : c'est un processeur* dont les composants sont si petits qu'ils sont contenus dans un seul boîtier. On trouve des microprocesseurs dans tous les ordinateurs ainsi que dans les systèmes embarqués*.

MIDI : acronyme pour *Musical Instrument Digital Interface*. C'est un protocole de communication numérique* d'informations musicales, qui s'est développé au début des années 80. Véritablement introduit en 1983, il domine depuis dans l'industrie musicale. Il permet de normaliser la communication entre contrôleurs MIDI, synthétiseurs, séquenceurs, électroniques ou numériques (et aujourd'hui généralement sous forme logicielle*). Il consiste à encoder les notes selon quatre paramètres chiffrés : le moment de départ de la note (*onset*), sa durée, sa hauteur (60 = *do* médian, 62 = *ré*...), et la vélocité (qui chiffre l'intensité sonore). D'autres commandes permettent de définir différents canaux, changer de programme ou d'effectuer une modulation. C'est aussi un format de fichier, pouvant être lu par un logiciel éditeur de partition ou un synthétiseur.

Musique acousmatique : désigne en général les formes de musique où le son est coupé du corps sonore qui l'a produit. Elle émerge de deux tendances : la musique concrète, faite de montages d'enregistrements de sons concrets, et la musique électroacoustique, faite de sons électroniques. La musique acousmatique est, dans tous les cas, fixée sur support et restituée en concert par des haut-parleurs.

Numérique : De manière générale, numérique se dit d'une information qui se présente sous forme chiffrée, ou d'un processus qui manipule de telles informations. Les données numériques sont représentées par une série de nombres plutôt que par des courbes ou des grandeurs variant de manière continue au cours du temps (donc analogiques*). En informatique, numérique implique aussi que l'information est codée sous forme binaire. Notre système usuel de comptage est un système décimal : on utilise dix signes, de 0 à 9. Dans le système binaire, on n'a que deux signes : 0 et 1 (aussi appelés « bits »). Chaque nombre peut être écrit sous forme binaire ou décimale de manière équivalente. Ainsi, un signal* numérique est composé de bits alterne entre deux valeurs. Cela rend la transmission plus rapide et plus fiable, la manipulation et le stockage plus simples. Dans un ordinateur, les données en mémoire et les logiciels* sont sous forme numérique, toutes les opérations se font sous forme binaire.

Numérisation : c'est l'opération qui consiste à passer d'un signal analogique* à un signal numérique*. Elle comprend deux étapes : l'échantillonnage et la quantification. On prélève d'abord un certain nombre d'échantillons sur le signal continu, à intervalles de temps régulier (défini par la fréquence d'échantillonnage*). Les valeurs de ces échantillons sont ensuite rapportées aux valeurs les plus proches correspondant à une grille de valeurs, et ces nombres sont codés sous forme binaire.

Oscillateur électronique : c'est un circuit électronique qui permet de produire un signal* périodique. Il délivre un courant électrique variable à une certaine fréquence, qui peut être de forme sinusoïdale, en dent de scie ou carrée. Si cette fréquence est située dans le domaine audible, un haut-parleur qui reçoit ce courant électrique fera entendre le son correspondant.

Patch : c'est une section de code, fonctionnant au sein d'un logiciel*, permettant d'effectuer une opération spécifique. Un patch peut par exemple synthétiser un signal*, effectuer un traitement sonore, ou effectuer une opération à partir de plusieurs signaux. Chaque patch est une unité autonome qui admet des éléments en entrée (variables, signaux), effectue des opérations et délivre un résultat en sortie (d'autres signaux ou variables). Les patches sont représentés graphiquement sous forme de boîtes. On connecte les boîtes, les signaux et les variables dans une interface graphique*. Un patch peut lui-même être conçu de manière graphique, par assemblage dans un certain ordre de différentes opérations mathématiques. Le logiciel Max/MSP* fonctionne par assemblage de patches. On peut modifier les patches et les connexions sans interrompre le fonctionnement du programme*, permettant une utilisation *live*, sans interrompre la

musique. On peut aussi créer des patches pour les exporter et les utiliser dans d'autres logiciels de création musicale (comme Cubase, Ableton etc.).

Processeur : c'est le composant présent dans tous les ordinateurs et autres dispositifs électroniques qui exécute les programmes* informatiques. Il manipule des informations numériques* (codées sous forme binaire). Aux débuts de l'ordinateur, les processeurs étaient extrêmement encombrants et spécifiques à chaque machine. Le premier microprocesseur* est produit en 1971. Sa taille très réduite et sa production en série permettent le développement des ordinateurs personnels.

Programme informatique : c'est un ensemble d'instructions faites pour être exécutées par un ordinateur. Elles sont écrites dans un langage de programmation*. Ce sont des opérations logiques, des opérations de calcul, de contrôle, et d'accès à la mémoire.

Séquenceur : c'est un appareil électronique ou un logiciel* qui sert à enregistrer des séquences musicales et les faire exécuter par des synthétiseurs*. Il ne produit aucun son, mais permet de piloter d'autres instruments. Quand il est analogique*, il envoie des informations sous forme de tensions électriques pour faire jouer des synthétiseurs électroniques. Le nombre de notes est limité. Les logiciels de création et d'édition musicale comprennent un séquenceur numérique*, qui permettent de commander le jeu des instruments virtuels. Les possibilités numériques (en nombre de notes et de pistes) sont beaucoup plus larges qu'en analogique*. On parle de séquenceur-loopeur quand le dispositif permet de lire une séquence en boucle.

Signal : un signal est une grandeur physique qui transporte de l'information, il peut prendre différentes valeurs au cours du temps. Il peut être analogique* (il varie de manière continue : une tension électrique, une vitesse, une pression...) ou numérique* (c'est une suite discrète de nombres codés sous forme binaire, le signal alterne entre deux valeurs). Quand on parle de signal sonore, ce n'est pas le son : cela désigne en général le signal généré par un système (analogique ou numérique), c'est l'onde qui est destinée à être envoyée à un haut-parleur, ou à être enregistrée sur un support pour être lue par un haut-parleur ultérieurement.

Station audionumérique, home-studio ou DAW (Digital Audio Workstation) : ce sont des logiciels* de composition et d'édition musicale. Ils comprennent à la fois un séquenceur*, un synthétiseur* et une bibliothèque sonore d'échantillons d'instruments enregistrés. Ils permettent de composer et d'éditer de la musique par ordinateur, de traiter et assembler des éléments sonores enregistrés, et de composer des morceaux grâce à des instruments virtuels (qui sont des ensembles d'échantillons enregistrés ou produits par synthèse sonore). On peut piloter les instruments virtuels à la souris, par l'écriture de partition, ou grâce à des claviers ou autres contrôleurs MIDI*. Ces logiciels comprennent toutes sortes d'options pour modifier le son, assembler et mixer les pistes.

Synthèse FM (par modulation de fréquence) : technique de synthèse sonore* qui permet de créer des signaux complexes à partir de deux signaux simples à une fréquence. En combinant seulement deux oscillateurs*, on peut obtenir une grande variété de signaux. Cette technique fut mise au point par John Chowning en 1967.

Synthèse sonore : opération visant à générer des signaux sonores (analogiques* ou numériques*). En régime analogique*, ce sont des oscillateurs* qui permettent de créer des courants électriques variables et de les modifier. Les ondes électriques sont converties en ondes sonores grâce au haut-parleur. En régime numérique, ce sont des algorithmes* informatiques qui permettent de générer les signaux (on parle de synthèse audionumérique). De nombreuses techniques existent pour élaborer un signal* numérique. La synthèse additive consiste à additionner plusieurs signaux à différentes fréquences. La synthèse soustractive consiste à appliquer des filtres* à un signal très riche (une sorte de bruit blanc qui contient toutes les fréquences ou presque). La synthèse granulaire combine des échantillons très courts (entre un centième et un dixième de seconde). On contrôle la densité des grains, leur forme, leur hauteur... La synthèse par modèles physiques consiste à modéliser le comportement physique des sources sonores (les vibrations des cordes, du chevalet et de la table d'une guitare par exemple). On parle ici de synthèse sonore musicale, mais la synthèse sonore est aussi utilisée en télécommunications, en réalité virtuelle, et partout où l'on a besoin de créer des sons de manière artificielle.

Synthétiseur : appareil pour créer des signaux sonores. Un synthétiseur peut être analogique* ou numérique*. En analogique, des oscillateurs* électroniques permettent de créer des signaux électriques variables, et des filtres* permettent de les modifier. Les variations de courant électriques font vibrer la membrane d'un haut-parleur. En numérique, ces mêmes modules sont créés par des algorithmes*. Le signal* produit est numérique. Il doit être converti en un signal analogique : un courant électrique, envoyé à un haut-parleur.

Taux (ou fréquence) d'échantillonnage : Pour passer d'un signal* continu (obtenu par mesure d'une grandeur physique) à un signal numérique* (pour être traité par l'ordinateur), il est nécessaire de numériser le signal, soit d'effectuer une discrétisation et un échantillonnage. L'échantillonnage consiste à ne garder du signal que certaines valeurs. On définit un intervalle de temps Δt , et tous les Δt , on note la valeur du signal. La fréquence d'échantillonnage est définie par $\frac{1}{\Delta t}$.

Bibliographie

- ALBERA, Philippe (éd.). *Musiques électroniques*. Genève: Éditions Contrechamps, 1990.
- ALPERSON, Philip. « On Musical Improvisation ». *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 43, n° 1 (1984), p. 17-29.
- . « The Instrumentality of Music ». *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 66, n° 1 (2008), p. 37-51.
- ARBO, Alessandro. « From the document to the work: Ontological reflections on the preservation and restoration of musical artefacts ». *Journal of New Music Research* 47, n° 4 (2018), p. 300-308.
- . « Music and technical reproducibility: a paradigm shift ». Dans Gianmario Borio (éd.), *Musical Listening in the Age of Technological Reproduction*, p. 53-67. Burlington: Ashgate, 2015.
- . « Qu'est-ce qu'une œuvre musicale orale ? » Dans Mondher Ayari et Antonio Lai (éd.), *Les corpus de l'oralité*, p. 25-45. Sampzon: Delatour, 2014.
- . « Quelques réflexions sur le statut de la performance musicale ». *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music* 50, n° 1-2 (2019), p. 123-142.
- ARBO, Alessandro, et Marcello RUTA. *Ontologie musicale: perspectives et débats*. Paris: Hermann, 2014.
- ARISTOTE. *Physique. T. 1: I - IV*. Traduit par Henri Carteron. 9. éd. Collection des Universités de France. Paris: Les Belles Lettres, 2000.
- . *Seconds Analytiques*. Traduit par Jules Tricot. Paris: Vrin, 1983.
- ARS Electronica. « “Touch Monkeys” Michel Waisvisz ». [http://90.146.8.18/en/archiv_files/19871/E1987_144.pdf, consulté le 13 avril 2018]
- ARSLAN, Burak, Andrew BROUSE, Julien CASTET, Jehan-Julien FILATRIAU, Remy LEHEMBRE, Quentin NOIRHOMME, et Cédric SIMON. « From Biological Signals to Music », 2nd International Conference on Enactive Interfaces. Dans *Proceedings of ENACTIVE 05*. Gênes, 2005. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00524797>, consulté le 29 juillet 2019]
- AUGUSTIN. *De musica: traité de la musique*. Traduit par Jean-François Thénard et Marc Citoleux. Paris: Éditions du Sandre, 2006.
- BAALMAN, M. A. J. « Interplay between composition, instrument design and performance ». Dans Till Boverman et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century*, p. 225-241. Singapour: Springer, 2017.
- BACOT, Baptiste. *Geste et instrument dans la musique électronique : organologie des pratiques de création contemporaines*. Thèse de doctorat. Paris, EHESS, 2017.
- BAHN, Curtis, Tomie HAHN, et Dan TRUEMAN. « Physicality and feedback: a focus on the body in the performance of electronic music ». Dans *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Havana Cuba, 2001, p. 44-51.

- [http://www.cogsci.rpi.edu/public_html/bahnc2/practicum/readings/physicality_feedback.pdf, consulté le 27 novembre 2016]
- BAKAN, Michael B., Wanda BRYANT, Guangming LI, David MARTINELLI, et Kathryn VAUGHN. « Demystifying and classifying electronic music instruments ». *Selected reports in ethnomusicology* 8 (1990), p. 37-63.
- BAKER, Lynne Rudder. *The metaphysics of everyday life: an essay in practical realism*. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press, 2007.
- BARBOSA, Jerônimo, Filipe CALEGARIO, Veronica TEICHRIEB, Geber RAMALHO, et Patrick MCGLYNN. « Considering Audience's View Towards an Evaluation Methodology for Digital Musical Instruments ». Dans *Proceedings of the 2012 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*. University of Michigan, 2012.
- BARBOSA, Jerônimo, Joseph MALLOCH, Marcelo M. WANDERLEY, et Stéphane HUOT. « What does "Evaluation" mean for the NIME community? » Dans *Proceedings of the 2015 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 156-61. Louisiana State University, 2015. [http://vhosts.eecs.umich.edu/nime2012/Proceedings/papers/174_Final_Manuscript.pdf, consulté le 24 juillet 2019]
- BATTIER, Marc. « Electroacoustic music studies and the danger of loss ». *Organised Sound* 9, n° 1 (2004), p. 47-53.
- BATTIER, Marc, et Marcelo M. WANDERLEY. *Trends in gestural control of music*. Paris: Ircam - Centre Pompidou, 2000.
- BAUDOIN, Olivier. *Pionniers de la musique numérique*. Sampzon: Delatour France, 2012.
- BAYLE, François. « Acousmatique Musique ». Dans *Encyclopædia Universalis [en ligne]*. [<http://www.universalis-edu.com/acces-distant.bnu.fr/encyclopedie/musique-acousmatique/>, consulté le 10 septembre 2019]
- . *Musique acousmatique: propositions... positions*. Paris: Buchet/Chastel, 1993.
- BELL, Adam Patrick. « Trial-by-Fire: A Case Study of the Musician–Engineer Hybrid Role in the Home Studio ». *Journal of Music, Technology and Education* 7, n° 3 (2014), p. 295-312.
- BELLONA, Jon. « Physical Intentions: Exploring Michel Waisvisz's The Hands (Movement 1) ». *Organised Sound* 22, n° 3 (2017), p. 406-17.
- BENSE, Arne Till. *Musik und Virtualität: Digitale Virtualität im Kontext computerbasierter Musikproduktion*. Osnabrück: Universität Osnabrück. Erzieh.-u. Kulturwiss., 2014.
- BERIO, Luciano, Rossana DALMONTE, et Bálint András VARGA. *Two interviews*. New York: M. Boyars, 1985.
- BERLINER, Paul. *Thinking in Jazz: The Infinite Art of Improvisation*. Chicago, University of Chicago Press, 1994.
- BERLIOZ, Hector. *De l'instrumentation*. Édité par Joël-Marie Fauquet. Bègles: Le Castor Astral, 1994.

- BISCHOFF, John. « Software as sculpture: Creating music from the ground up ». *Leonardo Music Journal* 1, n° 1 (1991), p. 37–40.
- BISCHOFF, John, et Chris BROWN. « Indigenous to the Net: Early Network Music Bands in the San Francisco Bay Area ». [en ligne] [<http://crossfade.walkerart.org/brownbischoff/>, consulté le 21 juin 2019].
- BOETHIUS. *Traité de la musique*. Traduit par Christian Meyer. Turnhout: Brepols, 2004.
- BOISSIERE, Anne. « André Schaeffner et les origines corporelles de l'instrument de musique ». *Methodos*, n° 11 (2014). [<http://methodos.revues.org/2481>, consulté le 27 novembre 2016]
- BONARDI, Alain, et Jérôme BARTHELEMY. « Le patch comme document numérique : Support de création et de constitution de connaissances pour les arts de la performance ». Dans *Actes du dixième colloque international sur le document électronique (CIDE 10)*, Nancy, 2007, p. 163-174. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01161067>, consulté le 31 mai 2019]
- BONGERS, Bert. « Electronic musical instruments: Experiences of a new luthier ». *Leonardo Music Journal* 17 (2007), p. 9-16.
- . « Physical Interfaces in the Electronic Arts ». Dans Marc Battier et Marcelo M. Wanderley (éd.), *Trends in Gestural Control of Music*, 41-70. Paris: Ircam - Centre Pompidou, 2000.
- BORN, Georgina. « On Musical Mediation: Ontology, Technology and Creativity ». *Twentieth-Century Music* 2, n° 1 (2005), p. 7-36.
- BOSSIS, Bruno. « Écriture instrumentale, écriture de l'instrument ». Dans *Actes du colloque international : Composer au XXIe siècle : processus et philosophies, Montréal*, édité par Sophie Stévanca, p. 119-135. Montreal: Vrin, 2007.
- BOSSIS, Bruno, Christian MARCLAY, et Frédéric DUFEU. « Le support sonore comme instrument de musique chez Christian Marclay ». Dans *Actes en ligne du colloque CIM09 La musique et ses instruments*, 2009. [<http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/16367/>, consulté le 10 juin 2019]
- BOUZOUTA, Ali, Claude UHL, Annie LUCIANI, et Claude CADOZ. « Intérêt du retour d'effort dans la manipulation d'objets virtuels ». Dans *Actes du colloque GT Animation et Simulation du GDR Algorithme, Modélisation et Infographie*. Strasbourg, 1996. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00910464>, consulté le 12 septembre 2019]
- BOVERMANN, Till, Alberto de CAMPO, Hauke EGERMANN, Sarah-Indriyati HARDJOWIROGO, et Stefan WEINZIERL (éd.), *Musical instruments in the 21st century*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2016.
- BOVERMANN, Till, et Dave GRIFFITHS. « Computation as material in live coding ». *Computer music journal* 38, n° 1 (2014), p. 40–53.
- BOWN, Oliver, Alice ELDRIDGE, et Jon McCormack. « Understanding Interaction in Contemporary Digital Music: From Instruments to Behavioural Objects ». *Organised Sound* 14, n° 2 (2009), p. 188-96.

- BRICOUT, Romain. *Les enjeux de la lutherie électronique : De l'influence des outils musicaux sur la création et la réception des musiques électroacoustiques*. Thèse de doctorat, Lille 3, 2009.
- . « Les interfaces musicales : la question des « instruments aphones » ». *Methodos*, n° 11 (2014).
- BROUSE, Andrew. « Petit guide de la musique des ondes cérébrales : Quarante années de recherche et d'expérimentation par Andrew Brouse ». *eContact!* 14, n° 2 (2012). [https://www.econtact.ca/14_2/brouse_brainwavemusic_fr.html, consulté le 22 octobre 2018]
- BROWN, Andrew R. « Composer Views: Context in the use of computers for musical composition », *Actes des Journées d'Informatique Musicale*, Toulon, 1998. [<http://eprints.qut.edu.au/6201/>, consulté le 21 novembre 2016]
- BROWN, Dom, Chris NASH, et Tom MITCHELL. « A user experience review of music interaction evaluations ». Dans *Proceedings of the 2017 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*. Aalborg University Copenhagen, Denma, 2017. [<http://eprints.uwe.ac.uk/31570/1/nime-final.pdf>, consulté le 23 juin 2019]
- BUCHNER, Alexander. *Les instruments de musique mécanique*. Traduit par Philippe Rouillé. Paris: Gründ, 1992.
- BURNARD, Pamela. *Musical creativities in practice*. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- BURROWS, David. « Instrumentalities ». *The Journal of Musicology* 5, n° 1 (1987), p. 117-25.
- BUXTON, William, Don BUCHLA, Chris CHAFE, Tod MACHOVER, Max MATHEWS, Bob MOOG, Jean-Claude RISSET, Laetitia SONAMI, et Michel WAISVISZ. « Electronic Controllers in Music Performance and Composition ». Dans Marcelo M. Wanderley et Marc Battier (éd.), *Trends in Gestural Control of Music*, p. 415-438. Paris: Ircam - Centre Pompidou, 2000.
- Cadoz, Claude. « Continuum énergétique du geste au son : Simulation multisensorielle interactive d'objets physiques ». Dans Hugues Vinet et François Delalande (éd.), *Interfaces homme-machine et création musicale*, p. 165-181. Paris: Hermès, 1999.
- . « Modèle physique, temps réel et contrôle gestuel avec retour d'effort dans la synthèse sonore pour la création musicale ». Dans *Proceedings, Dixième forum Imagina des nouvelles images*. Monte-Carlo, Monaco, 1991. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00910472>, consulté le 12 septembre 2019]
- . « Musique, geste, technologie ». Dans Hugues Genevois et Raphaël de Vivo (éd.), *Les nouveaux gestes de la musique*, p. 47-92. Marseille: Parenthèses, 1999.
- CAMPBELL-KELLY, Martin. « Christopher Strachey, 1916-1975: A Biographical Note ». *IEEE Annals of the History of Computing* 7, n° 1 (1985), p. 19-42.
- CANCE, Caroline. « From Musical Instruments as Ontological Entities to Instrumental Quality: A Linguistic Exploration of Musical Instrumentality in the Digital Era ». Dans Till Boverman et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century*, p. 25-43. Singapour: Springer, 2017.

- CANCE, Caroline, et Hugues GENEVOIS. « Questionner la notion d'instrument en informatique musicale : analyse des discours sur les pratiques du Méta-Instrument et de la Méta-Mallette ». Dans *Actes des 14èmes Journées d'Informatique Musicale*, p. 133. ACROE, Grenoble, 2009. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00377207>, consulté le 12 avril 2018]
- CANCE, Caroline, Hugues GENEVOIS, et Danièle DUBOIS. « What is instrumentality in new digital musical devices? A contribution from cognitive linguistics and psychology ». Dans *Actes en ligne du colloque CIM09 La musique et ses instruments*, Paris, 2009. [<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0911/0911.1288.pdf>, consulté le 6 septembre 2018]
- CANONNE, Clément. « Du concept d'improvisation à la pratique de l'improvisation libre ». *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music* 47, n° 1 (2016), p. 17-43.
- CARAMIAUX, Baptiste, Jules FRANÇOISE, Norbert SCHNELL, et Frédéric BEVILACQUA. « Mapping through listening ». *Computer Music Journal* 38, n° 3 (2014), p. 34–48.
- CARFOOT, Gavin. « Acoustic, electric and virtual noise: The cultural identity of the guitar ». *Leonardo music journal* 16 (2006) p. 35-39.
- CHADABE, Joel. *Electric Sound: The Past and Promise of Electronic Music*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.
- CHARLES, Daniel. « PERFORMANCE, art ». Encyclopædia Universalis [en ligne]. [<http://www.universalis-edu.com/access-distant.bnu.fr/encyclopedie/performance-art/>, consulté le 5 février 2018]
- CHION, Michel. *La Musique électroacoustique*. Que sais je ? 1990. Paris: Presses Universitaires de France, 1982.
- CLARK, Andy, et David CHALMERS. « The extended mind ». *Analysis* 58, n° 1 (1998), p. 7-19.
- CLARKE, Eric. « Understanding the psychology of performance ». Dans John Rink (éd.), *Musical performance: A guide to understanding*, p. 59-72. New York: Cambridge University Press, 2002.
- CLAYTON, Martin, et Laura LEANTE. « Embodiment in music performance ». Dans Martin Clayton, Byron Dueck, et Laura Leante (éd.), *Experience and Meaning in Music Performance*, p. 188–208. New York, NY: Oxford University Press, 2013.
- COHEN, Bernard. *Howard Aiken: portrait of a computer pioneer*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
- COLLINS, Nick. « Generative Music and Laptop Performance ». *Contemporary Music Review* 22, n° 4 (2003), p. 67-79.
- COLLINS, Nick, Alex MCLEAN, Julian ROHRHUBER, et Adrian WARD. « Live coding in laptop performance ». *Organised sound* 8, n° 3 (2003), p. 321-30.
- COOK, Nicholas. *Beyond the score: music as performance*. New York: Oxford University Press, 2013.
- COOK, Perry R. « Principles for designing computer music controllers ». Dans *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical*

- Expression*, 3-6. Seattle, WA, 2001. [http://www.nime.org/proceedings/2001/nime2001_003.pdf, consulté le 20 janvier 2017]
- COPELAND, Jack, et Jason LONG. « Alan Turing: How His Universal Machine Became A Musical Instrument ». Dans *IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News*, 2017. [<https://spectrum.ieee.org/tech-history/silicon-revolution/alan-turing-how-his-universal-machine-became-a-musical-instrument>, consulté le 1^{er} octobre 2019]
- CORBIN, Solange. « Musica spéculative et Cantus pratique : Le rôle de saint Augustin dans la transmission des sciences musicales ». *Cahiers de Civilisation Médiévale* 5, n° 17 (1962), p. 1-12.
- COUPRIE, Pierre. « La musique électroacoustique en concert : histoire et perspectives ». Dans *L'observatoire des pratiques musicales. Méthodes et enjeux*, p. 43-52. Paris, France, 2001. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00801846>, consulté le 2 juillet 2018]
- . « Oskar Sala », *Leonardo Online*, 2002. [<http://www.olats.org/pionniers/pp/sala/sala.php>, consulté le 2 octobre 2018]
- . « Le Méta-Instrument : genèse et évolution d'un nouvel instrument ». *Musique-Images-Instruments. Revue française d'organologie et d'iconographie musicale* 17 (2018), p. 230-45.
- CROFT, John. « Theses on Liveness ». *Organised Sound* 12, n° 1 (2007), p. 59-66.
- DAHAN, Kevin, et Martin LALIBERTE. « Réflexions autour de la question d'interprétation de la musique électroacoustique ». *Proceedings of Journées d'Informatique Musicale (JIM2008)*, 2008, p. 10-15. []
- DANNENBERG, Roger B., Nicolas E. GOLD, Dawen LIANG, et Guangyu XIA. « Methods and Prospects for Human-Computer Performance of Popular Music ». *Computer Music Journal* 38, n° 2 (2014), p. 36-50.
- DARSEL, Sandrine. *De la musique aux émotions: une exploration philosophique*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, 2010.
- . « Qu'est-ce qu'une œuvre musicale ? » *Klesis - Revue philosophique* 13 (2009), p. 147-185.
- DAVIES, David. *Philosophy of the performing arts. Foundations of the philosophy of the arts 4*. Chichester, West Sussex ; Malden, MA: Wiley-Blackwell, 2011.
- DAVIES, Hugh, et Thierry BAUD. « Instruments électroniques : Classification et mécanismes ». *Contrechamps* 11, 1990.
- DAVIES, Stephen. *Analytic Philosophy of Music*. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- . *Musical Works and Performances: A Philosophical Exploration*. Reprinted. Oxford: Clarendon Press, 2001.
- DAWE, Kevin. « People, Objects, Meaning: Recent Work on the Study and Collection of Musical Instruments ». *The Galpin Society Journal* 54 (2001), p. 219-232.
- DE SOUZA, Jonathan. « Voice and Instrument at the Origins of Music ». *Current Musicology*, n° 97 (2014), p. 21-36.

- DEBRAY, Régis. *Manifestes médiologiques*. Paris: Éditions Gallimard, 1994.
- . « Qu'est-ce que la médiologie ? » *Le Monde diplomatique*, 1 août 1999. [<https://www.monde-diplomatique.fr/1999/08/DEBRAY/3178>, consulté le 28 juin 2019]
- DELALANDE, François. « Le paradigme électroacoustique ». Dans Jean-Jacques Nattiez (éd.), *Musiques : Une encyclopédie pour le XXIe siècle* 1, p. 533-557. Paris: Actes Sud, 2003.
- , (éd.). *Le son des musiques: entre technologie et esthétique*. Paris: Institut national de l'audiovisuel : Buchet/Chastel, 2001.
- DESJACQUES, Alain. « La matière et le son : considérations ethnomusicologiques sur les classifications instrumentales ». *Methodos. Savoirs et textes*, n° 11 (2011). [<http://methodos.revues.org/2508>, consulté le 5 mai 2017]
- DEWITTE, Jacques. « L'invention instrumentale: Hommage à Igor Stravinsky ». *Methodos*, n° 11 (2011). [<http://journals.openedition.org/methodos/2518>, consulté le 12 février 2018]
- DIDEROT, Denis. « INSTRUMENTS (Musique et Lutherie) ». Dans *Encyclopédie de Diderot [en ligne]*. Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, 1772-1751. [<http://www.encyclopédie.eu/index.php/logique/929124137-grammaire/1065186196-INSTRUMENT>, consulté le 3 mai 2019]
- DODD, Julian. *Works of music: an essay in ontology*. Oxford ; New York: Oxford University Press, 2007.
- DOORNBUSCH, Paul. « Computer sound synthesis in 1951: the music of CSIRAC ». *Computer Music Journal* 28, n° 1 (2004), p. 10–25.
- DOUEIHI, Milad. *Qu'est ce que le numérique*. Paris: Presses universitaires de France, 2013.
- DOURNON, Geneviève. « Instrumentariums et classifications ». *Revue de Musicologie* 79, n° 2 (1993), p. 297-307.
- DRUMMOND, Jon. « Understanding Interactive Systems ». *Organised Sound* 14, n° 2 (2009), p. 124-133.
- DUFEU, Frédéric. « L'instrument numérique comme objet d'analyse des musiques mixtes ». Dans *Proceedings of Journées d'Informatique Musicale (JIM2010)*. Rennes, 2010. [<http://jim.afim-asso.org/jim10/10/actes/83dufeu.pdf>, consulté le 21 juin 2019]
- DYKSTRA-ERICKSON, Elizabeth, et Jonathan ARNOWITZ. « Michel Waisvisz: the man and the hands. » *Interactions* 12, n° 5 (2005), p. 63-67.
- EDIDIN, Aron. « Three Kinds of Recording and the Metaphysics of Music ». *The British Journal of Aesthetics* 39, n° 1 (1999), p. 24-39.
- EL-SHIMY, Dalia, et Jeremy R. COOPERSTOCK. « User-Driven Techniques for the Design and Evaluation of New Musical Interfaces ». *Computer Music Journal* 40, n° 2 (2016), p. 35-46.

- ENDERS, Bernd. « Instrumentenkunde–Form, Funktion und Definition des Musikinstruments im Spannungsfeld zwischen Musik und Technik ». *Musikpädagogik und Musikwissenschaft* (1987), p. 306-345.
- ENGRAMELLE, Joseph. *La tonotechnie ou L'art de noter les cylindres, et tout ce qui est susceptible de notation dans les instruments de concerts mécaniques*. Paris: Minkoff, 1775.
- ESSL, Georg, et Sile O'MODHRAIN. « An Enactive Approach to the Design of New Tangible Musical Instruments; The Design of New Tangible Musical Instruments ». *Organised Sound* 11, n° 3 (2006), p. 285-296.
- FELLER, Ross. « Andrew J. Nelson: The Sound of Innovation - Stanford and the Computer Music Revolution ». *Computer Music Journal* 40, n° 1 (2016), p. 73-75.
- FERGUSON, John Robert. « Michel Waisvisz: No backup/Hyper instruments ». Dans Simon Emmerson et Leigh Landy (éd.), *Expanding the horizon of electroacoustic music analysis*, p. 247-265. Cambridge: Cambridge University Press, 2016.
- FERGUSON, Linda. « Tape composition: An art form in search of its metaphysics ». *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 42, n° 1 (1983), p. 17–27.
- FIEBRINK, Rebecca. « Machine learning as meta-instrument: Human-machine partnerships shaping expressive instrumental creation ». Dans Till Bovermann et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century*, 137-151. Singapour: Springer, 2017.
- FIEBRINK, Rebecca, Daniel TRUEMAN, N. Cameron BRITT, Michelle NAGAI, Konrad KACZMAREK, Michael EARLY, M. R. DANIEL, Anne HEGE, et Perry R. COOK. « Toward understanding human-computer interaction in composing the instrument ». Dans *Proceedings of the International Computer Music Conference*. Ann Arbor, MI: Michigan Publishing, University of Michigan Library, 2010.
- FISCHER-LICHTE, Erika. « Culture as performance: theatre history as cultural history ». Dans *Ästhetik des Performativen*. Frankfurt aM: Suhrkamp, 2004.
- . *The Transformative Power of Performance: A New Aesthetics*. New York: Routledge, 2008.
- FOWLER, Charles B. « The museum of music: A history of mechanical instruments ». *Music Educators Journal* 54, n° 2 (1967), p. 45-49.
- FUBINI, Enrico. *Les philosophes et la musique*. Paris: H. Champion, 1983.
- FUX, Johann Joseph. *Gradus ad Parnassum*. Édité par Monique Rollin. Traduit par Pierre Denis. Paris: Editions CNRS, 1997.
- FYANS, A. Cavan, Michael GUREVICH, et Paul STAPLETON. « Examining the Spectator Experience ». Dans *Proceedings of the 2010 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, p. 1-4. Sydney, 2010.
- GALLET, Bastien. « Musique et électronique, retour sur un retour ». *Volume!* 3, n° 1 (2004).
- . « Techniques électroniques et art musical : son, geste, écriture ». *Volume!* 1, n° 1 (2002).
- GALPIN, Francis William. *A textbook of European musical instruments: their origin, history and character*. London: Williams & Norgate, 1937.

- GARNETT, Guy E. « The Aesthetics of Interactive Computer Music ». *Computer Music Journal* 25, n° 1 (2001), p. 21-33.
- GELINECK, Steven, et Stefania SERAFIN. « Longitudinal Evaluation of the Integration of Digital Musical Instruments into Existing Compositional Work Processes ». *Journal of New Music Research* 41, n° 3 (2012), p. 259-276.
- GHAMSARI, Mahtab, Amandine PRAS, et Marcelo M. WANDERLEY. « Combining Musical Tasks and Improvisation in Evaluating Novel Digital Musical Instruments ». Dans *Proceedings of the 10th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research*, p. 506-515. Marseille, 2013.
- GIBSON, James J. « The Theory of Affordances ». Dans Robert Shaw et John Bransford (éd.), *Perceiving, Acting, and Knowing: Toward an Ecological Psychology*, p. 67-82. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1977.
- GODLOVITCH, Stanley. *Musical performance: a philosophical study*. London ; New York: Routledge, 1998.
- GOEHR, Lydia D. *The Imaginary Museum of Musical Works: An Essay in the Philosophy of Music*. Rev. ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 2007.
- GOODMAN, Nelson. *Langages de l'art : une approche de la théorie des symboles*. Traduit par Jacques Morizot. Paris: Hachette Littératures, 2001.
- GOSELIN, Sophie, et Julien OTTAVI. « L'électronique dans la musique, retour sur une histoire ». *Volume!* 1, n° 2 (2002).
- GRESHAM-LANCASTER, Scot. « The Aesthetics and History of the Hub: The Effects of Changing Technology on Network Computer Music ». *Leonardo Music Journal* 8 (1998), p. 39-44.
- HALLIWELL, Stephen. « Plato ». Dans Theodore Gracyk et Andrew Kania (éd.), *The Routledge Companion to Philosophy and Music*. New York: Routledge, 2010.
- HARDJOWIROGO, Sarah-Indriyati. « Instrumentality: On the Construction of Instrumental Identity ». Dans Till Bovermann et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century*, p. 9-24. Singapour: Springer, 2017.
- HARENBERG, Michael. *Virtuelle Instrumente im akustischen Cyberspace: Zur musikalischen Ästhetik des digitalen Zeitalters*. Wetzlar: transcript Verlag, 2014.
- HARRISON, Jacob, Robert H. JACK, Fabio MORREALE, et Andrew MCPHERSON. « When is a Guitar not a Guitar? Cultural Form, Input Modality and Expertise ». Dans *Proceedings of the 2018 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2018.
- HEGE, Anne. « Middle Passage: Reclaiming what is lost as Performance and Practice ». Dans *Proceedings of the 1st Symposium on Laptop Ensembles & Orchestras*, Vol. 1, p. 47-50. Louisiana State University, 2012.
- HEILE, Björn. *The Music of Mauricio Kagel*. Farnham, Surrey: Ashgate, 2006.
- HEINRICH, Marie-Noëlle. *Création musicale et technologies nouvelles: mutation des instruments et des relations*. Paris: L'Harmattan, 2003.
- HOLLAND, Simon, Katie WILKIE, Paul MULHOLLAND, et Allan SEAGO. *Music and human-computer interaction*. London: Springer, 2013.

- HORNBOSTEL, Erich M. von, et Curt SACHS. « Classification of musical instruments ». Traduit par Anthony Baines et Klaus P. Wachsmann. *The Galpin Society Journal* 14 (1961), p. 3-29.
- . « Systematik der Musikinstrumente. Ein Versuch ». *Zeitschrift für Ethnologie* 46, n° 4/5 (1914), p. 553-590.
- HUSSERL, Edmund. *Sur la phénoménologie de la conscience intime du temps : 1893-1917*. Traduit par Jean-François Pestureau. Grenoble: Editions Jérôme Millon, 2003.
- IMPETT, Jonathan. « Projection and interactivity of musical structures in Mirror-Rite ». *Organised Sound* 1, n° 3 (1996), p. 203-11.
- JACK, Robert H., Jacob HARRISON, Fabio MORREALE, et Andrew MCPHERSON. « Democratising DMIs: the relationship of expertise and control intimacy ». Dans *Proceedings of the 2018 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2018. [<http://robertjack.org/publications/2018-NIME-democratising.pdf>, consulté le 16 août 2018]
- JORDÀ, Sergi. *Digital Lutherie: Crafting musical computers for new musics' performance and improvisation*. Thèse de doctorat, Universitat Pompeu Fabra, 2005.
- JUIGNET, Patrick. « Les paradigmes scientifiques selon Thomas Kuhn ». *Philosophie, science et société [en ligne]*, 2015. [<https://philosciences.com/philosophie-et-science/methode-scientifique-paradigme-scientifique/113-paradigme-scientifique-thomas-kuhn>, consulté le 5 février 2019]
- KANIA, Andrew. « New Waves in Musical Ontology ». Dans Kathleen Stock et Katherine Thomson-Jones (éd.), *New Waves in Aesthetics*, p. 20-40. Basingstoke: Palgrave Macmillan UK, 2008.
- . « The Philosophy of Music ». Dans *The Stanford Encyclopedia of Philosophy [en ligne]*, édité par Edward N. Zalta, Fall 2017. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2017. [<https://plato.stanford.edu/archives/fall2017/entries/music/>, consulté le 5 juillet 2019]
- KANIA, Andrew, et Theodore GRACYK. « Performances and Recordings ». Dans *The Routledge Companion to Philosophy and Music*, p. 80-90. New York: Routledge, 2010.
- KARTOMI, Margaret J. *On concepts and classifications of musical instruments*. Chicago: University of Chicago Press, 1990.
- KATAYAMA, Errol G. *Aristotle on artifacts: A metaphysical puzzle*. Albany, NY: State University of New York Press, 1999.
- KATZ, Mark. *Capturing sound: how technology has changed music*. Berkeley and Los Angeles, CA: Univ of California Press, 2010.
- KIM, Jin Hyun, et Uwe SEIFERT. « Interactivity of digital musical instruments: Implications of classifying musical instruments on basic music research ». Dans Till Boverman et coll. (éd.), *Musical Instruments in the 21st Century*, p. 79-94. Singapour: Springer, 2017.
- KIVY, Peter. *Authenticities: philosophical reflections on musical performance*. Ithaca: Cornell University Press, 1997.

- KREFELD, Volker, et Michel WAISVISZ. « The hand in the web: An interview with Michel Waisvisz ». *Computer music journal* 14, n° 2 (1990), p. 28–33.
- KUHN, Thomas. *La structure des révolutions scientifiques*. Paris: Flammarion, 1983.
- KUNST, Jaap. *The cultural background of Indonesian music*. Amsterdam: Indisch Instituut, 1949.
- LACOMBE, Hervé. « L'instrument de musique : identité et potentiel ». *Methodos. Savoirs et textes*, n° 11 (2011).
- LÄHDEOJA, Otso, Benoît NAVARRET, Santiago QUINTANS, et Anne SEDES. « The Electric Guitar as an Augmented Instrument and a Tool for Music Composition ». Dans *Actes en ligne du colloque CIM09 La musique et ses instruments*. Paris, France, 2009. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01656685>, consulté le 5 avril 2018]
- LALIBERTE, Martin. « Archétypes et paradoxes des nouveaux instruments de musique ». Dans *Actes du colloque Les nouveaux gestes de la musique*, p. 121-138. Marseille, 1999.
- LANDY, Leigh. *What's the Matter with Today's Experimental Music?: Organized Sound Too Rarely Heard*. New York: Routledge, 2013.
- LAUBIER, Serge de. « Le Méta-Instrument a-t-il un son ? » Dans Hugues Genevois et Raphaël de Vivo (éd.), *Les nouveaux gestes de la musique*. Marseille: Parenthèses, 1999.
- . « The Meta-Instrument ». *Computer Music Journal* 22, n° 1 (1998), p. 25-29.
- LAURENDEAU, Jean. *Maurice Martenot, luthier de l'électronique*. Montréal: Louise Courteau, 1990.
- LE GUERN, Philippe. « Irréversible ? Musique et technologies en régime numérique ». *Réseaux*, n° 172 (2012).
- . « Musiques et Technologies Numériques. Présentation du dossier ». *Réseaux*, n° 172 (2012).
- , (éd.). *Où va la musique ? Numérimorphose et nouvelles expériences d'écoute*. Paris: Presse des Mines, 2016.
- LECLERCQ-NEVEU, Bernadette. « Marsyas, le martyr de l'Aulos ». *Mètis. Anthropologie des mondes grecs anciens* 4, n° 2 (1989), p. 251-268.
- LEHMANN, Harry. *La révolution digitale dans la musique: une philosophie de la musique*. Traduit par Martin Kaltenecker. Paris: Editions Allia, 2017.
- LEMAN, Marc. *Embodied music cognition and mediation technology*. Cambridge, MA: MIT Press, 2008.
- LENG, Hoo Yong, Noris Mohd NOROWI, et Azrul Hazri JANTAN. « A Comparison of Gestural and Touch-Based Interface for Designing a Virtual Percussion Instrument ». Dans Natrah Abdullah, Wan Adilah Wan Adnan, et Marcus Foth (éd.), *User Science and Engineering*, p. 266-276. Singapore: Springer Singapore, 2018.
- LESAFFRE, Micheline, Pieter-Jan MAES, et Marc LEMAN (éd.), *The Routledge Companion to Embodied Music Interaction*. Routledge Companions. New York London: Routledge Taylor & Francis Group, 2017.

- LEVINSON, Jerrold. *Essais de Philosophie de la Musique, Définition, ontologie, interprétation*. Traduit par Clément Canonne et Pierre Saint-Germier. Paris: Vrin, 2015.
- . « L'instrument de musique : réflexions sur le geste, l'écoute et la création ». *Methodos*, n° 11 (2014). [<http://methodos.revues.org/2560>, consulté le 3 janvier 2017]
- . *Musical Concerns: Essays in Philosophy of Music*. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- . « What a Musical Work Is ». *The Journal of Philosophy* 77, n° 1 (1980), p. 5-28.
- LEVY, Pierre. « Le medium algorithmique ». *Sociétés* 129, n° 3 (2015), p. 79-95.
- LEYSHON, Andrew. « The Software Slump? Digital Music, the Democratisation of Technology, and the Decline of the Recording Studio Sector within the Musical Economy ». *Environment and Planning A: Economy and Space* 41, n° 6 (2009), p. 1309-1331.
- LUSTED, Hugh S., et R. Benjamin KNAPP. « Biomuse: Musical performance generated by human bioelectric signals ». *The Journal of the Acoustical Society of America* 84, n° S1 (1988), p. S179-S179.
- MACCALLUM, John, et Teoma NACCARATO. « The Impossibility of Control: Real-time Negotiations with the Heart ». Dans *Proceedings of the Conference on Electronic Visualisation and the Arts*, p. 184-191. BCS Learning & Development Ltd., 2015.
- MACHOVER, Tod. *Hyperinstruments: A Progress Report, 1987-1991*. Cambridge: MIT Media Laboratory, 1992.
- MAESTRI, Eric. « Si può interpretare la musica elettroacustica? » *Aisthesis. Pratiche, linguaggi e saperi dell'estetico* 6, n° 3 (2013), p. 173-93.
- MAGNUSSON, Thor. « Designing Constraints: Composing and Performing with Digital Musical Systems ». *Computer Music Journal* 34, n° 4 (2010), p. 62-73.
- . « Herding Cats: Observing Live Coding in the Wild ». *Computer Music Journal* 38, n° 1 (2014), p. 8-16.
- . « Of Epistemic Tools: Musical Instruments as Cognitive Extensions ». *Organised Sound* 14, n° 2 (2009), p. 168-76.
- MAGNUSSON, Thor, et Enrike HURTADO. « The phenomenology of musical instruments: a survey ». *eContact* 10, n° 4 (2009).
- MAHILLON, Victor-Charles. *Catalogue descriptif et analytique du musée instrumental (historique et technique) du Conservatoire Royal de Musique de Bruxelles*. Ghent: A. Hoste, 1893.
- MALLOCH, Joseph, David BIRNBAUM, Elliot SINYOR, et Marcelo M. WANDERLEY. « Towards a new conceptual framework for digital musical instruments ». Dans *Proceedings of the 9th International Conference on Digital Audio Effects*, p. 49-52. Montreal, 2006. [<https://pdfs.semanticscholar.org/2771/2b75db50612863a3bab04d16b7e2569304e4.pdf#page=59>, consulté le 2 septembre 2019]
- MANNING, Peter. « The Influence of Recording Technologies on the Early Development of Electroacoustic Music ». *Leonardo Music Journal* 13 (2003), p. 5-10.

- MANOURY, Philippe. « Considérations (toujours actuelles) sur l'état de la musique en temps réel ». *Etincelle, le journal de la création à l'Ircam*, 2007. [<http://etincelle.ircam.fr/prospectives.html>, consulté le 18 octobre 2019]
- MATHEWS, Max V. « The digital computer as a musical instrument ». *Science* 142, n° 3592 (1963), p. 553–557.
- . « The Radio Baton and Conductor Program, or: Pitch, the Most Important and Least Expressive Part of Music ». *Computer Music Journal* 15, n° 4 (1991), p. 37-46.
- MATHIESEN, Thomas J. « Antiquity and the Middle Ages ». Dans Theodore Gracyk et Andrew Kania (éd.), *The Routledge Companion to Philosophy and Music*. New York: Routledge, 2010.
- . *Apollo's lyre: Greek music and music theory in antiquity and the Middle Ages*. Publications of the Center for the History of Music Theory and Literature, v. 2. Lincoln, Neb: University of Nebraska Press, 1999.
- MAYS, Tom, et Francis FABER. « A Notation System for the Karlix Controller. » Dans *Proceedings of the 2014 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, p. 553–556, 2014.
- MCCARTNEY, James. « Rethinking the computer music language: SuperCollider ». *Computer Music Journal* 26, n° 4 (2002), p. 61-68.
- . « SuperCollider: a new real time synthesis language ». Dans *Proceedings of the 1996 International Computer Music Conference*, p. 257-258. San Francisco: International Computer Music Association, 1996.
- MILLARD, André. *The electric guitar: a history of an American icon*. Vol. 16. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2004.
- MIRANDA, Eduardo R., et Marcelo M. WANDERLEY. *New digital musical instruments: control and interaction beyond the keyboard*. The computer music and digital audio series, v. 21. Middleton, Wis: A-R Editions, 2006.
- MITCHELL, Thomas J., Sebastian MADGWICK, et Imogen HEAP. « Musical interaction with hand posture and orientation: A toolbox of gestural control mechanisms ». Dans *Proceedings of the 2012 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2012. [<http://eprints.uwe.ac.uk/18267>, consulté le 16 décembre 2016]
- MONTAGUE, Stephen. « Rediscovering Leon Theremin ». *Tempo*, n° 177 (1991), p. 18-23.
- MOREL, Pierre-Marie. « Substance et artefact. Sur Aristote, Métaphysique H ». *Revue de philosophie ancienne* XXXV, n° 2 (2017), p. 169-196.
- OGBORN, David. « Live coding in a scalable, participatory laptop orchestra ». *Computer Music Journal* 38, n° 1 (2014), p. 17–30.
- OLSEN, Dale A. « Note on “Corpophone” ». *Society for Ethnomusicology Newsletter* 20, n° 4 (1980), p. 5.
- O'MODHRAIN, Síle. « A framework for the evaluation of digital musical instruments ». *Computer Music Journal* 35, n° 1 (2011), p. 28-42.
- PARADISO, Joseph A. « Electronic Music Interfaces: New Ways to Play ». *IEEE Spectrum* 34, n° 12 (1997), p. 18-30.

- PARIS, Elliott, Jean MILLOT, Pierre GUILLOT, Alain BONARDI, et Anne SEDES. « Kiwi : vers un environnement de création musicale temps réel collaboratif : premiers livrables du projet MUSICOLL ». *Actes des Journées d'Informatique Musicale 2017, Paris*, 2017. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01550190>, consulté le 21 octobre 2019]
- PATTESON, Thomas. *Instruments for new music: sound, technology, and modernism*. Oakland, Calif: University of California Press, 2016.
- PLATON. *La République*. Traduit par Robert Baccou. Paris: GF Flammarion, 1998.
- POSCHARDT, Ulf. *DJ-Culture*. Traduit par Shaun Whiteside. London: Quartet Books, 1998.
- POTTIER, Laurent. « Les musiques mixtes temps réel : pour une interprétation du son électronique en concert ». Dans *Soixante ans de musiques mixtes*, Paris, 2012. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01312708>, consulté le 9 février 2018]
- . « Quel intérêt pour des musiciens d'apprendre la programmation informatique ? » *Revue Francophone d'Informatique et Musique [En ligne]*, n° 6 (2018). [<http://revues.mshparisnord.org/rfim/index.php?id=488>, consulté le 14 juin 2019]
- POUILLAUDE, Frédéric. *Le désœuvrement chorégraphique : étude sur la notion d'œuvre en danse*. Paris: Vrin, 2009.
- POUIVET, Roger. *L'ontologie de l'œuvre d'art: une introduction*. Rayon art. Nîmes: Editions J. Chambon : Diffusion Harmonia Mundi, 1999.
- . « L'ontologie du rock ». *Rue Descartes* 60, n° 2 (2008), p. 20-37.
- . *Philosophie du rock: une ontologie des artefacts et des enregistrements*. Paris: Presses universitaires de France, 2010.
- PRAETORIUS, Michael. *Syntagma Musicum III*. Traduit par Jeffery T. Kite-Powell. Oxford ; New York: Oxford University Press, 2004.
- PRINGSHEIM, Heinz. « Die Mechanisierung der Musik ». *Allgemeine Musik Zeitung*, 1925.
- PUCKETTE, Miller S. « Combining event and signal processing in the MAX graphical programming environment ». *Computer music journal* 15, n° 3 (1991), p. 68-77.
- PUCKETTE, Miller S. « Pure Data ». Dans *Proceedings of the International Computer Music Conference*, 1997. [https://www.researchgate.net/profile/Miller_Puckette/publication/230554908_Pure_Data/links/577c1cca08aec3b743366f5c/Pure-Data.pdf, consulté le 1^{er} juillet 2018]
- REIBEL, Emmanuel (éd.). *Regards sur le Dictionnaire de musique de Rousseau : des Lumières au Romantisme*. Musicologies. Paris: Vrin, 2016.
- RIDLEY, Aaron. *The Philosophy of Music: Theme and Variations*. Edinburgh: Edinburgh Univ. Press, 2004.
- RINK, John (éd.). *Musical performance: a guide to understanding*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2002.

- RISSET, Jean-Claude. « Composer le son : expériences avec l'ordinateur, 1964-1989 ». *Contrechamps* 11 (1990), p. 107-26.
- . *Composer le son : repères d'une exploration du monde sonore numérique*. Collection GREAM : « Création contemporaine », v. I. Paris: Hermann, 2014.
- . *Ecrits: Writings volume 2*. Édité par Olivier Class et Marta Grabocz. Collection du GREAM. Paris: Hermann, 2019.
- . « Nouveaux gestes musicaux : quelques points de repères historiques ». Dans Hugues Genevois et Raphaël de Vivo (éd.), *Les nouveaux gestes de la musique*, p. 19-33. Marseille: Parenthèses, 1999.
- ROADS, Curtis, et Max MATHEWS. « Interview with Max Mathews ». *Computer Music Journal* 4, n° 4 (1980), p. 15-22.
- ROSENBOOM, David (éd.). *Biofeedback and the Arts: Results of Early Experiments*. Vancouver: A.R.C. Publications, 1976.
- . *Extended Musical Interface with the Human Nervous System: Assessment and Prospectus*. Berkeley, CA: International Society for the Arts, Sciences and Technology, 1990.
- ROSENFELD, Sophia A., et Christophe Jaquet. *Le sens commun : histoire d'une idée politique*. Rennes: Presses universitaires de Rennes, 2014.
- ROUSSEAU, Jean-Jacques. *Le Dictionnaire de musique de Jean-Jacques Rousseau: une édition critique*. Édité par Claude Dauphin. Bern: Peter Lang, 2008.
- ROWE, Robert. « New Computer Music by Barlow; Dashow; Kaske; Lansky; Roads; Waisvisz ». *Computer Music Journal* 14, n° 3 (1990), p. 83-84.
- ROYAL, Thomas M. *The performance of music using computers and its reconception as play*. Thèse de doctorat, University of Florida, 2014.
- RUTA, Marcello. « Is there an Ontological Musical Common Sense? » *Aisthesis. Pratiche, linguaggi e saperi dell'estetico* 6, n° 3 (2013), p. 67-86.
- SACHS, Curt. *History of Musical Instruments*. New York: JM Dent & Sons Limited, 1940.
- SAINT-DENIS, Patrick. « De la pérennité des musiques numériques, On the perennity of digital musics ». *Les Cahiers du numérique* 8, n° 4 (2012), p. 13-31.
- SARRASIN ROBICHAUD, Philippe. *L'Homme-clavecin, une analogie diderotienne*. Paris: Classiques Garnier, 2017.
- SCHAEFFNER, André. « D'une nouvelle classification méthodique des instruments de musique ». *Revue musicale* 10 (1932), p. 11.
- . *Origine des instruments de musique*. 2ème éd. Paris ; Mouton, 1980.
- SCHECHNER, Richard, et Sara BRADY. *Performance Studies: An Introduction*. 3ème éd. London: Routledge, 2013.
- SCHLOSS, W. Andrew. « Using contemporary technology in live performance: The dilemma of the performer ». *Journal of New Music Research* 32, n° 3 (2003), p. 239-242.

- SCHLOSS, W. Andrew, et David A. JAFFE. « Intelligent musical instruments: The future of musical performance or the demise of the performer? » *Journal of New Music Research* 22, n° 3 (1993), p. 183–193.
- SCHNELL, Norbert, et Marc BATTIER. « Introducing composed instruments, technical and musicological implications ». Dans *Proceedings of the 2002 conference on New interfaces for musical expression*, p. 1-5. National University of Singapore, 2002.
- SCRUTON, Roger. *The Aesthetics of Music*. Reprint. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- SEVE, Bernard. *L'instrument de musique : une étude philosophique*. Paris: Seuil, 2013.
- . « Utilisation et « présentation esthétique » des instruments de musique ». *Methodos*, n° 11 (2014). [<http://journals.openedition.org/methodos/2569>, consulté le 6 juin 2018]
- SIMONDON, Gilbert. *Du mode d'existence des objets techniques*. Editions Montaigne. Paris: Aubier, 1958.
- . *L'invention dans les techniques : cours et conférences*. Édité par Jean-Yves Chateau. Paris: Seuil, 2005.
- SIMONDON, Gilbert, et Jean-Yves CHATEAU. *L'invention dans les techniques: cours et conférences*. Traces écrites. Paris: Seuil, 2005.
- SMALL, Christopher. *Musicking: the meanings of performing and listening*. Hanover: University Press of New England, 1998.
- SMALLWOOD, Scott, Dan TRUEMAN, Perry R. COOK, et Ge WANG. « Composing for laptop orchestra ». *Computer Music Journal* 32, n° 1 (2008), p. 9-25.
- SMALLWOOD, Scott, Daniel TRUEMAN, et Perry R. COOK. « A History of Hemispherical Speakers at Princeton ». [<http://music2.princeton.edu/delorean/history.html>, consulté le 26 juin 2019]
- SNYDER, Jeff, Aatish BHATIA, et Mike MULSHINE. « Neuron-modeled Audio Synthesis ». Dans *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, p. 394-397. Blacksburg, Virginia: Luke Dahl, Douglas Bowman, Thomas Martin (éd.). Virginia Tech, 2018. [http://www.nime.org/proceedings/2018/nime2018_paper0088.pdf, consulté le 19 juillet 2018]
- SNYDER, Jeff, Ryan Luke JOHNS, Charlie AVIS, Gene KOGAN, et Axel KILIAN. « Machine yearning: an industrial robotic arm as a performance instrument. » Dans *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, p. 184–186, 2015. [http://www.nime.org/proceedings/2015/nime2015_275.pdf, consulté le 21 octobre 2019]
- Sonic Gallery, soniccurator [en ligne]. « Computer Music | Sonic Gallery ». [<https://sonicgallery.org/tag/computer-music/>, consulté le 31 janvier 2018]
- SORENSEN, Andrew, et Henry GARDNER. « Systems Level Liveness with Extempore ». Dans *Proceedings of the 2017 ACM SIGPLAN International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software*, p. 214-228. ACM, 2017.

- [http://extempore.moso.com.au/extras/onward_extempore.pdf, consulté le 1^{er} juillet 2019]
- STEINGO, Gavin. « The Musical Work Reconsidered, In Hindsight ». *Current Musicology*, n° 97 (2014), p. 81.
- STIEGLER, Bernard. *La technique et le temps: 1. La Faute d'Épiméthée. 2. La Désorientation 3. Le Temps du cinéma et la question du mal-être*. Paris: Fayard, 2018.
- . *La technique et le temps, 3 : Le temps du cinéma et la question du mal-être*. Paris: Galilée, 2001.
- . *Philosopher par accident*. Paris: Galilée, 2004.
- STOWEL, Dan, Mark D. PLUMBLEY, et Nick BRYAN-KINNS. « Discourse analysis evaluation method for expressive musical interfaces ». Dans *Proceedings of the 2008 Conference on New Interfaces for Musical Expression*, p. 81-86. Genova, Italy: Antonio Camurri, Stefania Serafin, et Gualtiero Volpe (éd.), 2008.
- STRAWSON, Peter F. *Individuals: an essay in descriptive metaphysics*. London: Methuen, 1964.
- STROPPA, Marco. « Live electronics or...live music? Towards a critique of interaction ». *Contemporary Music Review* 18, n° 3 (1999), p. 41-77.
- SZENDY, Peter. *Membres fantômes. Des corps musiciens*. Paris: Minuit, 2013.
- TANAKA, Atau. « Musical performance practice on sensor-based instruments ». Dans Marc Battier et Marcelo Wanderley (éd.), *Trends in Gestural Control of Music*, p. 389-405. Paris: Ircam-Centre Pompidou, 2000.
- . « Sensor-based musical instruments and interactive music ». Dans Roger T. Dean (éd.), *Oxford Handbook of Computer Music*, p. 233-257. New York: Oxford University Press, 2009.
- . « The Use of Electromyogram Signals (EMG) in Musical Performance ». *eContact!*, Canadian Electroacoustic Community, 14, n° 2 (2014). [http://www.econtact.ca/14_2/tanaka_personalsurvey.html, consulté le 18 avril 2017]
- TANAKA, Atau, et Marco DONNARUMMA. « The Body as Musical Instrument ». Dans Youn Kim et Sander L. Gilman (éd.), *The Oxford Handbook of Music and the Body* New York: Oxford University Press, 2018.
- TANAKA, Atau, et Benjamin KNAPP. « Multimodal Interaction in Music Using the Electromyogram and Relative Position Sensing ». Dans Alexander Refsum Jensenius et Michael J Lyons (éd.), *A NIME Reader: Fifteen Years of New Interfaces for Musical Expression*, p. 45-58. New York, NY: Springer, 2016.
- TANAKA, Atau, et Miguel ORTIZ. « Gestural musical performance with physiological sensors, focusing on the electromyogram ». Dans M. Lesaffre; P-J. Maes et M. Leman (éd.), *The Routledge Companion to Embodied Music Interaction*, p. 422-430. New York London: Routledge Taylor & Francis group, 2017.
- TANAKA, Atau, et others. « Mapping out instruments, affordances, and mobiles ». Dans *Proceedings of the 2010 International Conference on New Interfaces for Musical*

- Expression (NIME)*, p. 88-93, Sydney, 2010. [http://research.gold.ac.uk/6834/1/P88_Tanaka.pdf, consulté le 21 octobre 2019]
- THÉBERGE, Paul. *Any sound you can imagine: Making music/consuming technology*. Hanover & London: Wesleyan University Press, 1997.
- THEREMIN, Leon S., et Oleg PETRISHEV. « The design of a musical instrument based on cathode relays ». *Leonardo Music Journal* 6, n° 1 (1996), p. 49-50.
- THOM, Paul. *For an Audience: A Philosophy of the Performing Arts*. Philadelphia: Temple University Press, 1993.
- TIFFON, Vincent. « Les musiques mixtes : entre pérennité et obsolescence ». *Musurgia* 12, n° 3 (2005), p. 23-45.
- . *Recherches sur les musiques mixtes*. Thèse de doctorat, Aix-Marseille 1, 1994.
- TOEPLITZ, Kasper T. questions for Avopolis (Greece). Entretien réalisé par Vangelis Poulis. Avopolis [en ligne], 2014. [http://www.sleazeart.com/SA_docs/SA_textes/Kasper%20T.%20Toeplitz%20questions%20for%20Avopolis.pdf, consulté le 28 juin 2018]
- . Interview Kasper T. Toeplitz. Entretien réalisé par Roald Baudoux. *Les Cahiers de l'ACME*, n° 214, Bruxelles, 2003.
- . « L'ordinateur comme instrument de concert : aussi une question d'écriture? » *Proceedings of Journées d'Informatique Musicale (JIM2002)*, 2002. [http://jim.afim-asso.org/jim2002/articles/L24_Toeplitz.pdf, consulté le 27 novembre 2016]
- TORRE, Giuseppe, Kristina ANDERSEN, et Frank BALDÉ. « The Hands: The Making of a Digital Musical Instrument ». *Computer Music Journal* 40, n° 2 (2016), p. 22–34.
- TOURNES, Ludovic. *Du phonographe au MP3 : une histoire de la musique enregistrée, XIXe-XXIe siècle*. Paris: Autrement, 2008.
- TRANCHEFORT, François-René. *Les Instruments de musique*. Paris: Seuil, 1980.
- TRUEMAN, Daniel. « Why a laptop orchestra? » *Organised Sound* 12, n° 02 (2007), p. 171–179.
- TRUEMAN, Daniel, Perry R. COOK, Scott SMALLWOOD, et Ge WANG. « PLOrk: The Princeton Laptop Orchestra, Year 1 ». Dans *Proceedings of the International Computer Music Conference*. New Orleans, 2006. [http://www.scott-smallwood.com/pdf/plork_icmc2006.pdf, consulté le 21 octobre 2019]
- VAN INWAGEN, Peter. *Material beings*. Ithaca, N.Y: Cornell University Press, 1990.
- VARESE, Edgard. *Écrits*. Édité par Louise Hirbour. Traduit par Christiane Léaud. Paris: Bourgois, 1983.
- VEEN, Tobias C Van, et Bernardo Alexander ATTIAS. « Off the Record: Turntablism and Controllerism in the 21st Century, Part 1 ». *Dancecult: Journal of Electronic Dance Music Culture [en ligne]* 3, n° 1 (2011). [https://dj.dancecult.net/index.php/dancecult/article/view/319, consulté le 18 octobre 2019]
- VEEN, Tobias C Van, et Bernardo Alexander ATTIAS. « Off the Record: Turntablism and Controllerism in the 21st Century, Part 2 ». *Dancecult: Journal of Electronic*

- Dance Music Culture [en ligne]* 4, n° 1 (2012). [https://dj.dancecult.net/index.php/dancecult/article/view/332, consulté le 18 octobre 2019]
- VIAL, Stéphane. *L'être et l'écran : comment le numérique change la perception*. Paris: Presses universitaires de France, 2013.
- VINET, Hugues, et François DELALANDE (éd). *Interfaces homme-machine et création musicale*. Paris: Hermes, 1999.
- VIRDUNG, Sebastian. *Musica getutscht, Basel, 1511*. Bärenreiter-Verlag, 1931.
- WAISVISZ, Michel. Round Table Gestural Controllers [en ligne], septembre 1999. [http://www.crackle.org/MW's%20gestural%20round%20table.htm, consulté le 4 mars 2019]
- . « “Composing the now” - Notes for a lecture » [en ligne], octobre 2003. [http://www.crackle.org/composingthenow.htm, consulté le 18 avril 2019]
- . « The hands: A set of remote midi controllers ». Dans *Proceedings of the International Computer Music Conference: International Computer Music Association*, 1985.
- WANDERLEY, Marcelo M., et Nicola ORIO. « Evaluation of Input Devices for Musical Expression: Borrowing Tools from HCI ». *Computer Music Journal* 26, n° 3 (2002), p. 62-76.
- WANG, Ge. « Designing Smule's Ocarina: The iPhone's Magic Flute ». Dans *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, p. 303-307, 2009. [https://www.researchgate.net/profile/Ge_Wang9/publication/253074606_Designing_Smule's_Ocarina_The_iPhone's_Magic_Flute/links/00b4952b01c00ecaf900000/Designing-Smules-Ocarina-The-iPhones-Magic-Flute.pdf, consulté le 26 septembre 2019]
- . « Ocarina: Designing the iPhone's magic flute ». *Computer Music Journal* 38, n° 2 (2014), p. 8–21.
- WANG, Ge, et Perry R. COOK. « On-the-Fly Programming: Using Code as an Expressive Musical Instrument ». Dans *Proceedings of the 2004 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, édité par Alexander Refsum Jensenius et Michael J. Lyons, Vol 3, p. 193-210. New York: NIME, 2004.
- WANG, Ge, Perry R. COOK, et Spencer SALAZAR. « ChucK: A Strongly Timed Computer Music Language ». *Computer Music Journal* 39, n° 4 (2015), p. 10-29.
- WESSEL, David. « An enactive approach to computer music performance ». Dans Yann Orlarey (éd.), *Le Feedback dans la Création Musicale*, p. 93–98. Lyon: Studio Gramme, 2006.
- WESSEL, David, et Matthew WRIGHT. « Problems and Prospects for Intimate Musical Control of Computers ». *Computer Music Journal* 26, n° 3 (2002), p. 11-22.
- WITTGENSTEIN, Ludwig. *Tractatus logico-philosophicus suivi de Investigations philosophiques*. Édité par Bertrand Russell. Traduit par Pierre Klossowski. Paris: Gallimard, 1989.
- WOLFF, Francis. *Pourquoi la musique ?* Paris: Fayard, 2015.

- WRIGHT, Stephen. « Vers un art sans œuvre, sans auteur, et sans spectateur ». *Catalogue de la 15ème Biennale de Paris [en ligne]*, 2007. [<https://fr.scribd.com/doc/46253019/Stephen-Wright-Vers-un-art-sans-%C5%93uvre-sans-auteur-et-sans-spectateur>, consulté le 5 juin 2019]
- YOUNG, Gareth W., David MURPHY, et Jeffrey WEETER. « A qualitative analysis of haptic feedback in music focused exercises new interfaces for musical expression ». Dans *Proceedings of the 2017 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2017. [<https://cora.ucc.ie/bitstream/handle/10468/4094/2978.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, consulté le 23 juin 2019]
- YOUNG, James O. « The Ontology of Musical Works: A Philosophical Pseudo-Problem ». *Frontiers of Philosophy in China* 6, n° 2 (2011), p. 284-297.
- YSTAD, Solvi. « De la facture informatique au jeu instrumental ». Dans Hugues Genevois et Raphaël de Vivo (éd.), *Les nouveaux gestes de la musique*, p. 111-120. Marseille: Parenthèses, 1999.

Index des noms

- Abecassis, Eryck : 189
Aiken, Howard : 101, 317
Alperson, Philip : 29, 32, 43, 44, 66, 214, 313
Arbo, Alessandro : 3, 26, 60, 64, 65, 313
Aristote, 23, 24, 28, 313, 325
Babbitt, Milton : 97
Bach, Jean-Sébastien : 74, 129
Bacot, Baptiste : 135, 313
Barthélémy, Jérôme : 138, 139, 141, 252, 315
Bayle, François : 77, 78, 129, 222, 314
Beard, Maston : 101
Beauchamp, Georges : 96
Bell, Alexander Graham : 93, 168, 314
Bense, Arne Till : 49, 314
Berio, Luciano : 27, 46, 314
Berlioz, Hector : 41, 51, 314
Birnbaum, David : 49, 324
Bischoff, John : 103, 104, 315
Boèce, 26, 36, 37
Bonardi, Alain : 138, 139, 141, 252, 315
Bongers, Bert : 87, 147, 250, 315
Boulangier, Richard : 105
Boulez, Pierre : 104, 144, 145, 164
Bown, Oliver : 91, 193, 194, 315
Bricout, Romain : 50, 51, 136, 222, 316
Burrows, David : 13, 52, 228, 316
Cadoz, Claude : 7, 11, 12, 31, 45, 46, 54, 55, 136, 158, 209, 211, 221, 222, 223, 256, 315, 316
Cage, John : 24, 26, 28, 103, 144, 194
Cahill, Thaddeus : 94
Cance, Caroline : 14, 29, 30, 35, 55, 254, 316, 317
Chagall : 115, 116, 269, 291
Chapelier Fou : 79, 196, 201
Chowning, John : 102, 311
Cook, Nicholas : 17, 64, 66, 69, 71
Croft, John : 53, 55, 229, 318
Cros, Charles : 93
Dahan, Kevin : 77, 318
Darsel, Sandrine : 15, 66, 286, 318
Davies, David : 17, 64, 66, 69
Davies, Stephen : 17, 64, 65, 67, 68, 69, 73, 278
Dawe, Kevins : 33, 39, 318
De Forest, Lee : 94
de Laubier, Serge : 3, 128, 129, 130, 163, 215, 275, 284, 290
Descartes, René : 26
Di Giugno, Giuseppe : 104
Diderot, Denis : 7, 41, 232
Douthitt, Chris : 3, 171
Dufeu, Frédéric : 78, 197, 315, 319
Dury, Rémi : 127
Edidin, Aron : 68, 319
Edison, Thomas : 93, 94
Eldridge, Alice : 91, 193, 194, 315
Ellis, Jeremy : 132, 240
Fefferman, Lainie : 3, 120, 123
Fiebrink, Rebecca : 116, 137, 320
Filidei, Francesco : 72
Fischer-Lichte, Erika : 59, 60, 61, 320
Florens, Jean-Loup : 256
Geisse, Gunnar : 147, 148, 241, 248
Genevois, Hugues : 7, 9, 14, 29, 30, 35, 55, 107, 275, 316, 317, 323, 326, 332
Godlovitch, Stanley : 17, 61, 64, 69, 70, 321
Goehr, Lydia : 12, 64, 67, 91, 321
Goodman, Nelson : 64, 321
Gourfink, Myriam : 150, 156, 160, 233
Grande, Ariana : 115, 127, 165
Granzow, John : 170
Hardjowirogo, Sarah-Indriyati : 53, 54, 55, 230, 315, 321
Harenberg, Michael : 49, 321
Heap, Imogen : 114, 115, 325
Hege, Anne : 3, 124, 125, 261, 320, 321
Heile, Björn : 72
Heinrich, Marie-Noëlle : 51, 107, 228, 321
Henry, Pierre : 46, 189, 328
Hiller, Lejaren : 8, 101
Horton, Jim : 103
Husserl, Edmund : 262, 322
Impett, Jonathan : 147, 322
Isaacson, Leonard : 8, 101
Jordà, Sergi : 7, 255, 322
Kagel, Kagel : 72, 321
Kania, Andrew : 12, 36, 62, 64

Kivy, Peter : 64, 66, 322
 Knapp, Benjamin : 146, 152, 290, 324, 329
 Kodály, Zoltán : 74
 Kuhn, Thomas S. : 89, 90, 201, 322, 323
 Laliberté, Martin : 77, 224, 318, 323
 Le Guern, Philippe : 90, 91, 168, 323
 Levinson, Jerrold : 64, 74, 317, 324
 Lucier, Alvin : 151, 152, 161
 Lusted, Hugh : 152, 324
 Machover, Tod : 146, 159, 248, 316, 324
 Maestri, Eric : 3, 77, 324
 Magnusson, Thor : 187, 195, 219, 220, 221, 264, 265, 324
 Mahillon, Victor-Charles : 38, 39, 324
 Malloch, Joseph : 49, 229, 314, 324
 Mamou-Mani, Adrien : 147
 Manoury, Philippe : 145, 197, 324
 Mathews, Max : 7, 8, 101, 102, 105, 106, 187, 290
 Mauzey, Peter : 97
 Mays, Tom : 3, 127, 128, 137, 278, 325
 McCormack, Jon : 91, 193, 194, 315
 Molin, Martin : 209
 Niblock, Phill : 79
 Nicolls, Sarah : 155, 186
 O'Modhrain, Sile : 253, 254, 320
 Olsen, Dale A. : 40, 325
 Parmegiani, Bernard : 76
 Partch, Harry : 34
 Pascal, Blaise : 100
 Patteson, Thomas : 3, 30, 99, 194, 195, 325
 Pearcey, Trevor : 101
 Perkis, Tim : 103, 104
 Platon, 36, 71, 326
 Pouillaude, Frédéric : 291, 326
 Pouivet, Roger : 12, 13, 24, 64, 68, 92, 286
 Pringsheim, Heinz : 30, 99, 326
 Puckette, Miller : 189, 326
 Rickenbacker, Adolph : 96
 Rink, John : 31, 64, 317, 326
 Risset, Jean-Claude : 9, 46, 47, 48, 102, 243, 316, 326
 Rosenboom, David : 152, 161, 327
 Rosenfeld, Sophia A. : 13, 28, 29, 327
 Rousseau, Jean-Jacques : 37, 40, 41, 326, 327
 Sachs, Curt : 38, 39, 40, 81, 322, 327
 Schaeffer, Pierre : 77, 93
 Schaeffner, André : 25, 32, 39, 315, 327
 Schechner, Richard : 59, 62, 327
 Schloss, W. Andrew : 105, 327
 Schnebel, Dieter : 72
 Schönberg, Arnold : 99
 Scruton, Roger : 27, 327
 Sèdes, Anne : 323, 325
 Sève, Bernard : 7, 16, 25, 27, 28, 34, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 73, 74, 209, 211, 220, 221, 226, 235, 244, 262, 303
 Shi, Zhengshan "Kitty" : 170
 Sinyor, Elliot : 49, 324
 Small, Christopher : 71, 328
 Snyder, Jeff : 3, 143, 173, 174, 175, 177, 178, 179, 180, 290, 328
 Sonami, Laetitia : 3, 15, 113, 114, 116, 117, 163, 193, 215, 219, 250, 269, 274, 301, 303, 316
 Stein, Erwin : 99
 Stiegler, Bernard : 41, 43, 44, 214, 262, 328
 Strachey, Christopher : 8, 101, 316
 Stravinsky, Igor : 74, 76, 319
 Stroppa, Marco : 77, 146, 329
 Stuckenschmidt, Hans Heinz : 99
 Szendy, Peter : 32, 33, 37, 38, 329
 Tanaka, Atau : 3, 15, 52, 105, 106, 113, 146, 150, 152, 153, 154, 155, 160, 161, 186, 192, 196, 219, 225, 227, 229, 232, 258, 259, 264, 265, 269, 274, 279, 290, 301, 329
 Termen, Lev Sergueïevitch : 8, 95, 96
 Thom, Paul : 61, 67, 69, 329
 Tiffon, Vincent : 77, 143, 144, 329
 Toeplitz, Kasper T. : 147, 150, 156, 157, 161, 189, 190, 192, 211, 233, 236, 241, 248, 278, 330
 Tranchefort, François-René : 38, 39, 40, 330
 Ussachevsky, Vladimir : 97
 Varèse, Edgard : 27, 75, 76, 99, 330
 Vial, Stéphane : 86, 330
 Vidiksis, Adam : 3, 193
 Virdung, Sebastian : 38, 330
 von Hornbostel, Erich M. : 38, 39, 40, 81, 322
 Waisvisz, Michel : 9, 10, 15, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 137, 163,

192, 219, 264, 269, 271, 274, 279,
284, 301
Wallace, Drex : 178
Wanderley, Marcelo M. : 49, 52, 87, 136,
137, 250, 253, 254, 255, 314, 315,
316, 321, 324, 325, 329, 331
Wang, Ge : 120, 121, 122, 149, 150, 169,
187, 328, 330, 331
Wasserman, Gil : 147
Weinberg, Alyssa : 3, 181
Wendling, Wilfried : 189
Wessel, David : 50, 255, 331
Wittgenstein, Ludwig : 22, 331
Wolff, Francis : 27, 331
Wright, Stephen : 62, 67, 255, 331
Xenakis, Iannis : 102, 103

Index des figures

Figure 1 : Le Hang.	22
Figure 2 : Le Hang, joué par un musicien.	23
Figure 3 : Image du erhu, instrument traditionnel chinois.	34
Figure 4 : Le phonographe de Edison.	94
Figure 5 : Lev Termen jouant de son instrument.	96
Figure 6 : Le RCA Mark II.	97
Figure 7 : Le Minimoog.	98
Figure 8 : La <i>League of Automatic Music Composers</i>	103
Figure 9 : Le synthétiseur Yamaha DX7.	105
Figure 10 : Max Mathews jouant le <i>Radio-baton</i>	106
Figure 11 : Les Hands, version de 2005.	110
Figure 12 : Michel Waisvisz jouant les Hands.	111
Figure 13 : Laetitia Sonami jouant le glove.	114
Figure 14 : Image des Mi.Mu gloves.	115
Figure 15 : La chanteuse Chagall avec les Mi.Mu gloves.	116
Figure 16 : Le Spring spyre joué par Laetitia Sonami.	117
Figure 17: Images de PLOrk à ses débuts, en 2005.	118
Figure 18 : Les <i>tether-controllers</i> en performance.	120
Figure 19 : Les musiciens du Stanford Laptop Orchestra en concert.	121
Figure 20 : Partition de <i>Twilight</i>	122
Figure 21 : Image de la performance de <i>From the Waters</i>	125
Figure 22 : Image du Karlax.	127
Figure 23 : Le Méta-instrument joué par Serge de Laubier.	129
Figure 24 : Une console MIDI, la Faderbox MX12 et une surface de contrôle à pads, l'Ableton Push.	132
Figure 25 : Le contrôleur Maschine.	133
Figure 26 : Un contrôleur DJ numérique, le Serato de Pioneer DJ.	134
Figure 27 : Un exemple de code très simple écrit dans SuperCollider.	139
Figure 28 : Un exemple très simple de patch Max/MSP.	139
Figure 29 : Un patch Max/MSP pour synthétiser une note.	140
Figure 30 : Un exemple de patch particulièrement complexe	141

Figure 31 : Gunnar Geisse, sa guitare et son ordinateur.....	148
Figure 32 : Le Dualo.	149
Figure 33 : Ocarina, application pour iPhone.....	150
Figure 34 : Alvin Lucier, lors de la performance de <i>Music for solo performer</i>	151
Figure 35 : Atau Tanaka en concert avec la BioMuse.....	153
Figure 36 : Les bracelets Myogram.....	154
Figure 37 : Image de la performance <i>DATA_Noise</i>	157
Figure 38 : Image de l'interface graphique du logiciel Cubase.	168
Figure 39 : Image de la performance de <i>Human Modular</i>	172
Figure 40 : Un extrait de la « partition » de <i>Human Modular</i>	173
Figure 41 : Capture d'écran de l'interface graphique que voient les performeurs.	174
Figure 42 : Image de la performance de <i>GhostLine</i>	176
Figure 43 : Extrait des instructions données pour les sections B et C de <i>GhostLine</i>	177
Figure 44 : Image de la performance de <i>Connectome</i>	179
Figure 45 : Image de la performance de <i>Machine Yearning</i>	180
Figure 46 : Image de <i>Tethered</i> en répétition.	182
Figure 47 : Extrait de la partition de <i>KERNEL#2</i>	190

Table des matières

Remerciements.....	3
Avertissement.....	5
Introduction.....	7
1. Instruments et performances musicales.....	21
1.1. Qu'est-ce qu'un instrument de musique ?	21
1.1.1. <i>Qu'est-ce que définir, ou comment définir ?.....</i>	<i>21</i>
1.1.2. <i>Caractéristiques de l'instrument de musique dans le sens commun.....</i>	<i>28</i>
1.1.3. <i>L'instrument de musique dans la littérature</i>	<i>36</i>
1.1.3.1. <i>Prémices organologiques.....</i>	<i>36</i>
1.1.3.2. <i>Définitions classiques.....</i>	<i>40</i>
1.1.3.3. <i>Définitions inclusives.....</i>	<i>48</i>
1.1.3.4. <i>Définir l'instrumentalité.....</i>	<i>54</i>
1.2. Qu'est-ce qu'une performance musicale ?	56
1.2.1. <i>Qu'est-ce qu'une performance musicale ?.....</i>	<i>57</i>
1.2.1.1. <i>Définir la performance</i>	<i>57</i>
1.2.1.2. <i>La performance artistique.....</i>	<i>59</i>
1.2.1.3. <i>La performance musicale</i>	<i>60</i>
1.2.2. <i>Performances, œuvres et instruments de musique</i>	<i>62</i>
1.2.2.1. <i>Performances et œuvres musicales.....</i>	<i>63</i>
1.2.2.2. <i>La musique comme performance</i>	<i>67</i>
1.2.2.3. <i>La performance, l'œuvre et l'instrument de musique</i>	<i>72</i>
1.2.2.4. <i>Présentations musicales.....</i>	<i>75</i>
2. Les instruments numériques aujourd'hui	85
2.1. Introduction	85
2.2. Un paradigme en changement.....	89
2.3. Histoire et nouveautés techniques	93
2.3.1. <i>Instruments électroniques</i>	<i>93</i>
2.3.2. <i>Le numérique.....</i>	<i>100</i>
2.4. Interaction gestuelle avec l'ordinateur	107

2.4.1.	<i>Performances avec des DMI</i>	108
2.4.1.1.	Les Hands	109
2.4.1.2.	Les Gants	113
2.4.1.3.	Le Spring spyre.....	116
2.4.1.4.	Les tether-controllers et les orchestres d'ordinateurs	117
2.4.2.	<i>Les contrôleurs MIDI</i>	126
2.4.2.1.	Le Karlax	127
2.4.2.2.	Le Méta-Instrument	128
2.4.2.3.	Des surfaces de contrôle	131
2.4.3.	<i>Bilan (1) : interfaces gestuelles, DMI et contrôleurs MIDI</i>	134
2.4.3.1.	L'interface.....	135
2.4.3.2.	Le logiciel	137
2.4.3.3.	Le haut-parleur.....	141
2.4.4.	<i>Des performances de musiques mixtes et des instruments « mixtes »</i> .	143
2.4.4.1.	Les musiques mixtes.....	143
2.4.4.2.	Les instruments « mixtes »	146
2.4.4.3.	Les systèmes embarqués.....	148
2.4.5.	<i>Performances musicales et signaux physiologiques</i>	150
2.4.5.1.	La BioMuse	152
2.4.5.2.	DATA_Noise	156
2.4.6.	<i>Bilan (2) : interactions gestuelles</i>	157
2.4.6.1.	Rôle du corps	158
2.4.6.2.	Rôles des différents acteurs	162
2.5.	Interaction directe avec l'ordinateur	165
2.5.1.	<i>Interaction par interfaces graphiques</i>	166
2.5.1.1.	Logiciels de création musicale.....	166
2.5.1.2.	Orchestres d'ordinateurs	169
2.5.2.	<i>Bilan (3) : interaction par interfaces graphiques</i>	183
2.5.2.1.	Systèmes complexes	184
2.5.2.2.	Recherche performative visuelle	184
2.5.3.	<i>Interaction par le texte</i>	186
2.5.3.1.	Le live coding	186
2.5.3.2.	Kernel	189
2.5.4.	<i>Bilan (4) : interaction par le texte avec l'ordinateur</i>	191
2.5.4.1.	Collaboration entre les personnes	191
2.5.4.2.	Collaboration entre objets et personnes	192

2.5.4.3.	Collaboration entre objets	195
2.5.4.4.	Trace et œuvre	196
2.6.	Conclusion : un nouveau paradigme	198
3.	Repenser l'instrument de musique et les performances numériques	207
3.1.	Reconsidérer l'approche de l'instrument de musique	208
3.1.1.	<i>Engagement ontologique.....</i>	208
3.1.2.	<i>Critères de définition : révision</i>	212
3.1.2.1.	Critères de sens commun.....	213
3.1.2.2.	Critères des définitions classiques.....	220
3.1.2.3.	Critères des définitions inclusives.....	228
3.1.3.	<i>Nouvelles catégories ou manières d'être</i>	231
3.1.3.1.	Instruments tripartites.....	231
3.1.3.2.	Instruments incluant le corps.....	232
3.1.3.3.	Instruments multimédias	233
3.1.4.	<i>Ce qui n'est pas instrument de musique.....</i>	234
3.1.4.1.	L'ordinateur seul	235
3.1.4.2.	Ordinateur et surfaces de contrôle.....	239
3.1.4.3.	Instruments et musiques mixtes	241
3.1.4.4.	Musique acousmatique et spatialisation.....	242
3.1.5.	<i>L'universel ou modèle paradigmatique de l'instrument de musique ...</i>	244
3.1.5.1.	L'instrument de musique numérique : définition	245
3.1.6.	<i>Bilan</i>	246
3.2.	Dynamiques de vie et identité des instruments numériques.....	247
3.2.1.	<i>Dynamiques de vie des instruments de musique numériques.....</i>	248
3.2.1.1.	Démarches de création	248
3.2.1.2.	Travail et pratique des musiciens	250
3.2.1.3.	Diffusion et conservation	251
3.2.1.4.	Evaluation des interfaces.....	253
3.2.1.5.	Retour sensoriel.....	255
3.2.2.	<i>Construction de l'identité des instruments de musique numériques</i>	258
3.2.2.1.	Des instruments « ouverts »	258
3.2.2.2.	Rétention tertiaire ou le contenu culturel des instruments de musique	

3.3. Reconsidérer les performances musicales numériques	266
3.3.1. <i>L'instrument de musique numérique et ses performances musicales ..</i>	267
3.3.1.1. L'instrument dans l'espace	267
3.3.1.2. Le temps de l'instrument, temps de la performance	271
3.3.1.3. Nouveau lien entre l'instrument et la performance	273
3.3.2. <i>Œuvres et performances numériques, représentations et esthétiques.</i>	277
3.3.2.1. Quels genres d'œuvres ?	277
3.3.2.2. Quels genres de performances ?	280
3.3.2.3. De nouvelles représentations, nouvelles croyances ?	283
3.3.2.4. Quelle esthétique ?	288
Conclusion	295
Glossaire	305
Bibliographie	313
Index des noms	335
Index des figures	339

Résumé

Les ordinateurs et instruments numériques sont-ils des instruments de musique ? Selon des définitions traditionnelles, la réponse est négative. Pourtant, de nombreux outils numériques sont aujourd'hui utilisés pour jouer de la musique. L'objectif de cette thèse est d'approfondir, au moyen d'une enquête ontologique et d'une réflexion esthétique, le statut de ce genre d'instruments et des performances qu'ils mettent en œuvre. Nous étudions des systèmes musicaux caractérisés par l'élaboration numérique et algorithmique du son : des instruments à interfaces gestuelles, des contrôleurs MIDI, des logiciels de création musicale, des performances d'orchestres d'ordinateurs et de live coding. Nous cherchons à montrer que, sous certaines conditions, il est possible de les considérer comme de véritables instruments de musique. Nous explorons les dynamiques qu'ils font émerger ainsi que leurs productions : des œuvres musicales particulièrement orientées vers la performance, proposant une expérience sonore mais aussi fortement visuelle. Par leur rapport au temps et à l'espace de la scène, les instruments numériques sont intimement liés à leurs performances.

Mots-clés : instrument de musique, ordinateur, numérique, performance musicale, œuvre musicale, ontologie musicale.

Résumé en anglais

Can we claim that computers and digital instruments are real musical instruments? According to classical definitions, we cannot. However, nowadays many digital systems are being used to play music, calling for a reconsideration of the classical definitions of a musical instrument. This thesis investigates the ontological status of digital instruments and the aesthetics offered by them in music performances. We examine digital systems involving digital and algorithmic sound generation, including instruments with gestural interfaces, MIDI controllers, music software, laptop orchestra performances, and live coding. We seek to determine the conditions under which digital instruments can be considered real musical instruments. We explore the new dynamics emerging through the use of these new instruments. Digital instruments lead to the production of musical works particularly oriented towards performances, in which the visual component is an integral part of the experience. Digital instruments relate to temporality and space on the stage in a novel way, and there is a tight connection between digital instruments and the performances produced with them.

Key words: musical instrument, computer, digital, music performance, musical work, musical ontology.