



Algorithmique et technologies numériques dans la notation musicale

Pierre Couprie

► To cite this version:

Pierre Couprie. Algorithmique et technologies numériques dans la notation musicale. Musiques Orales, leur Notation et Encodage Numérique (MEI), Projet MEI Æ NORMA - CreaTIC, Oct 2015, Paris, France. pp.99-115. hal-01290934

HAL Id: hal-01290934

<https://hal.science/hal-01290934>

Submitted on 2 Jan 2017

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Algorithmique et technologies numériques dans la notation musicale

Pierre Couprie

pierre.couprie@paris-sorbonne.fr

Université Paris-Sorbonne, Institut de Recherche en Musicologie (UMR 8223)

1 Introduction

Dans son introduction sur la notation musicale au XX^e siècle, Jean-Yves Bosseur souligne qu'elle

« [...] fait appel à trois axes de transmission, de nature symbolique, graphique et verbale. La notation traditionnelle est principalement associée à une codification symbolique, même si certains apports graphiques sont indéniables et que l'infiltration du mot au sein même de la partition est une dimension qui ne saurait être négligée. Mais à partir de la seconde moitié du XX^e siècle, les deux autres axes susciteront des développements à part entière à travers l'apparition des partitions graphiques et verbales¹. »

En réduisant la partition de la seconde moitié du XX^e siècle à trois axes – symbolique, graphique et verbal –, l'auteur oublie un quatrième axe qui ne cessera de se développer à partir des années 1980, l'algorithmique. Si les compositeurs de musique instrumentale vont en effet faire porter leurs efforts sur les axes graphique² et verbal qui avaient été peu développés dans la notation traditionnelle – *Pression* de Lachenmann (1969) ou *Aphasia* de Marc Applebaum (2010) en sont des exemples caractéristiques –, avec l'irruption du numérique dans le studio personnel du compositeur, l'axe algorithmique va progressivement devenir celui par lequel les notions mêmes de partition et d'instrument vont subir les plus fortes évolutions. De même, le développement de la musique mixte à partir des années 1950 va amener les compositeurs à intégrer des éléments graphiques destinés aux musiciens dans leurs partitions. Ces éléments, laissés à l'appréciation du compositeur, prendront des formes très variées allant de la représentation la plus détaillée du son à de simples indications de démarrage ou d'arrêt du magnétophone. À partir des années 1970, le développement de la *computer music* permet l'apparition d'un nouveau métier³, l'ingénieur informaticien qui prendra ensuite le nom de réalisateur en informatique musicale (RIM). Le RIM est en charge de la réalisation de la partie électronique des œuvres. Son rôle peut aller de la simple assistance informatique au compositeur à celui de véritable co-créateur de l'œuvre. Les compositeurs vont prendre l'habitude de noter sur leurs partitions des indications permettant aux RIM de réaliser la partie électronique en concert. Chez de nombreux compositeurs, ces indications vont se réduire aux informations nécessaires aux réglages des appareils ou à la conversion des algorithmes utilisés

¹ Bosseur, Jean-Yves, « Les notations au XX^e siècle, entre fixité et ouverture », in S. Buisson, C. Goubault, J.-Y. Bosseur (éd.), *Histoire de la notation de l'époque baroque à nos jours*, Paris, Minerve, 2005, p. 189.

² L'intégration progressive des principaux graphismes utilisés dans la musique au XX^e siècle dans le standard de police musicale SMuFL (<http://www.smuf.org>) permettra probablement de normaliser une partie des partitions composées après 1945 et aux logiciels d'accompagner l'évolution de la notation musicale (voir : Spreadbury, Daniel, Piéchaud, Robert, « Standard Music Font Layout (SMuFL) », in *The First International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR)*, Paris, Université Paris-Sorbonne/IREMus, 2015, <http://tenor-conference.org/proceedings/2015/24-Spreadbury-SMuFL.pdf>).

³ Zattra, Laura, « Les origines du nom de RIM (Réalisateur en informatique musicale) », in *Journées d'informatique musicale*, Saint-Denis, Université de Paris 8, 2013, p. 113.

pour l'interprétation de l'œuvre⁴. Dans certains cas, les informations seront aussi trop peu explicites ou trop réduites et ne permettront pas l'interprétation, plongeant ainsi l'œuvre dans l'oubli. À la fin des années 1990, un nouveau courant va se développer en utilisant des partitions musicales animées ou générées en temps réel, pendant l'acte d'interprétation. C'est aussi la naissance d'un genre musical à part entière, le *live coding*, qui exploitera la création de partitions sous la forme de code informatique réalisée devant et pour le public. Cette présentation va se concentrer sur quelques outils qui ont permis le développement de ces nouvelles formes de créations musicales⁵.

2 Augmenter la notation traditionnelle

Dans la création musicale actuelle, le développement des axes graphique, verbal et algorithmique des partitions relève de plusieurs tendances : les partitions graphiques, la notation pour la pédagogie et l'interprétation, la notation de la partie électronique des œuvres et la notation algorithmique.

2.1 Les partitions graphiques

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, les éléments graphiques des partitions ont permis de représenter de nouvelles sources musicales comme celles utilisées dans les musiques électroacoustiques, de préciser des paramètres jusqu'alors peu développés comme la notation du timbre ou des modes d'attaque ou d'explorer de nouvelles formes de composition comme l'indétermination ou les formes mobiles. Enfin certains compositeurs n'hésiteront pas à rendre leurs partitions artistiques sur le plan graphique⁶.

Si la plupart de ces partitions sont réalisées par dessin et/ou montage graphique sur la table, certains compositeurs comme Mike Solomon ont développé des techniques informatiques. Ainsi, *tools.py*⁷ est une bibliothèque de scripts réalisés en python et permettant d'utiliser le langage de notation LilyPond pour générer des partitions animées. La figure 1 représente un extrait de la partition animée⁸ de *Patchy the autobot* (2012) pour trois instrumentistes à cordes. Dans cette œuvre, les portées restent fixes et la notation musicale est mobile, les indications se déplacent sur les portées passant ainsi d'un instrument à l'autre. De plus, le compositeur utilise une notation en partie indéterminée.

⁴ Bossis, Bruno, « The Analysis of Electroacoustic Music: from sources to invariants », *Organised Sound*, vol. 11, n° 2, 2006, p. 105–108.

⁵ Pour une présentation exhaustive des technologies numériques pour la notation musicale, voir : Fober, Dominique, Bresson, Jean, Couprie, Pierre, Geslin, Yann, « Les nouveaux espaces de la notation musicale », in *Journées d'informatique musicale*, Montréal, Université de Montréal, 2015, http://jim2015.oicrm.org/actes/JIM15_Fober_D_et_al.pdf.

⁶ Sauer, Theresa, *Notations 21*, New York, Mark Batty Publisher, 2009, p. 8.

⁷ Solomon, Mike, « tools.py : une bibliothèque de gravure musicale mobile », in *Séminaire MaMuX*, 2014, <http://medias.ircam.fr/x6b5b3e>.

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=wO2JfN3MbRk>.

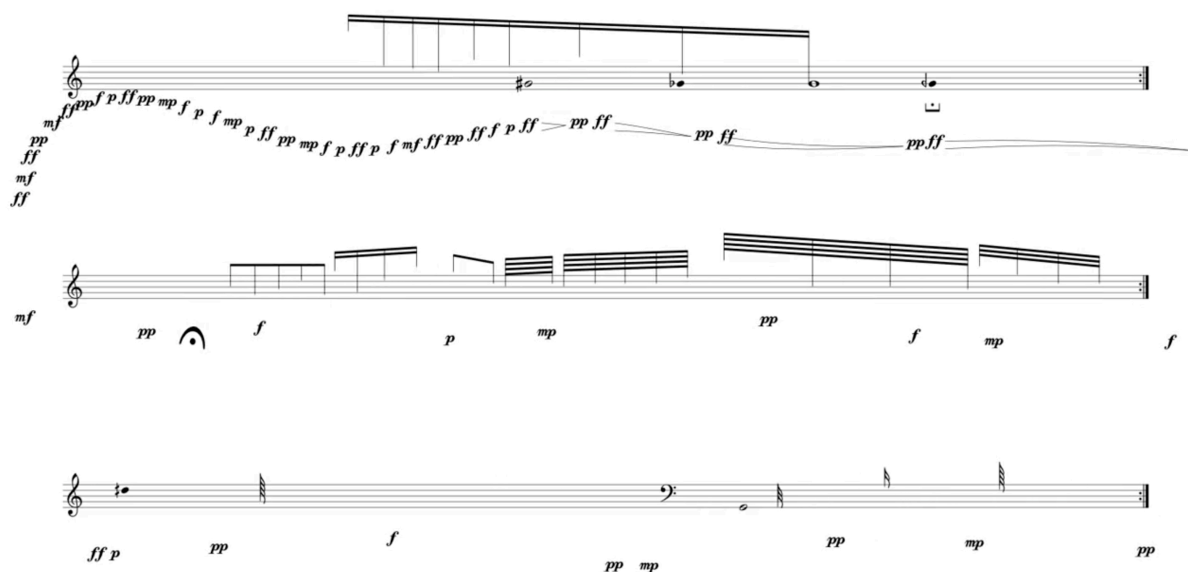


Figure 1 : extrait de *Patchy the autobot* de Mike Solomon (2012) pour trois instruments à cordes.

Une grande partie des logiciels présentés dans ce chapitre permettent aussi de réaliser des partitions graphiques animées ou interactives. Si dans *Patchy the autobot*, le compositeur a choisi de rendre l'animation de la partition fixe, certaines technologies présentées dans la deuxième partie offrent aussi la possibilité d'intervenir pendant l'interprétation en modifiant la partition en temps réel.

2.2 La notation pour l'interprétation et la pédagogie

Confrontés aux difficultés d'exécution des œuvres des ^{xx}e et ^{xxi}e siècles, les interprètes annotent bien souvent les partitions afin de faciliter leur compréhension et leur mémorisation. Le pianiste Pavlos Antoniadis a ainsi développé une méthode de représentation des gestes facilitant l'interprétation de partition complexes⁹ comme *Mists* de Iannis Xenakis (1980).

Avec *Pression* (1969), le compositeur Helmut Lachenmann réalise une partition décrivant les gestes à réaliser sur le violoncelle. La partition est ici indissociable de l'instrument, c'est un premier pas vers l'*inherent score* proposé par Alvin Lucier¹⁰ ou son développement plus avancé la *tangible score* proposée par Enrique Tomás et Martin Kaltenbrunner¹¹. Ces deux types de partitions sont proches des partitions graphiques et permettent de l'envisager non plus comme un objet autonome, mais comme étant indissociable de l'instrument (*inherent score*) ou intégrée à une interface tangible (*tangible score*). La frontière entre l'instrument et la notation se voit ici définitivement brouillée et la réalisation de telles partitions nécessite de les envisager sous le double angle de la lutherie et de la notation du geste. À travers l'*inherent* ou la *tangible score*, les aspects interprétatifs et pédagogiques acquièrent un nouveau statut puisque l'apprentissage

⁹ Maestri, Eric, Antoniadis, Pavlos, « Notation as Instrument: From Representation to Enaction », in *The First International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR)*, Paris, Université Paris-Sorbonne/IREMus, 2015, <http://tenor-conference.org/proceedings/2015/31-Maestri-NotationAsInstrument.pdf>.

¹⁰ Lucier, Alvin, « Origins of a Form: Acoustical Exploration, Science and Incessancy », *Leonardo Music Journal*, n° 8, 1998, p. 6.

¹¹ Tomás, Enrique, Kaltenbrunner, Martin, « Tangible Scores: Shaping the Inherent Instrument Score », in *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, Londres, Goldsmiths University, 2014, http://www.nime.org/proceedings/2014/nime2014_352.pdf.

et la maîtrise des nouvelles interfaces musicales sont intégrés au sein même de la partition qui, elle-même, est bien souvent intégrée à l'instrument.

Avec l'interprétation de l'œuvre *Linaia-Agon* de Iannis Xenakis (1972), le tromboniste Benny Sluchin propose de dépasser les difficultés liées à l'exécution en proposant avec le musicologue et informaticien Mikhail Malt un logiciel d'aide à l'interprétation¹². *Linaia-Agon* est une œuvre ouverte basée sur la théorie des jeux pour cor, trombone, tuba et un arbitre. Durant la performance, l'arbitre doit prendre un certain nombre de décisions et compter les points afin de déterminer qui du trombone représentant Linos ou du cor et du tuba représentant Apollon finit par gagner¹³. L'interprétation est très complexe et la présence d'un arbitre amène bien souvent les musiciens à transformer l'œuvre en théâtre musical déformant la pensée du compositeur. Le logiciel créé pour les interprètes se substitue à l'arbitre, prenant ainsi en charge le choix des scénarios des combats musicaux et le comptage des points. Dans cette proposition, la partition ouverte englobe le logiciel d'aide à l'interprétation.

2.3 La notation de la partie électronique

Depuis les premières œuvres mixtes, la notation de la partie électroacoustique a fait l'objet de nombreuses expérimentations. Certains compositeurs ont préféré utiliser une représentation graphique du son – comme dans *Lumina* d'Ivo Malec (1968) pour orchestre à cordes et bande –, d'autres préférant ne noter que les informations essentielles à l'interprétation ou les réglages utilisés par le RIM – comme dans *NoaNoa* de Kaija Saariaho (1992) pour flûte et électronique. Avec *Aphasia* (figure 2), le compositeur Marc Applebaum a choisi de représenter les sons de la partie électronique d'une manière redondante : la forme d'onde et sa transcription rythmique avec une notation traditionnelle. L'objectif étant de rendre cette partition plus facilement accessible aux musiciens, ces derniers choisissant la notation qui leur convient le mieux ou utilisant les deux d'une manière complémentaire.

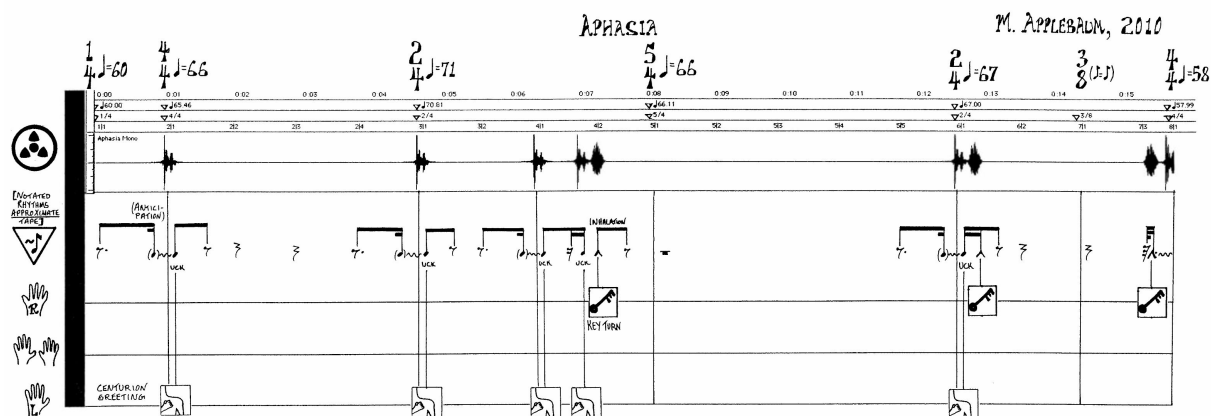


Figure 2 : extrait d'*Aphasia* de Marc Applebaum (2010) pour chanteur (mime) et bande.

Mais, au-delà de la simple notation des sons, la musique mixte pose des problèmes liés à la notation de paramètres jusqu'à présent absents des partitions. Ainsi, l'espace de la diffusion électroacoustique, formé par la position des haut-parleurs dans la salle de concert devant ou autour du public, est une dimension souvent prise en compte par les compositeurs. Bertrand

¹² Sluchin, Benny, *Le dépassement de soi. Linaia-Agon*, New York, Mode Records, 2015, DVD, MODEDVD284.

¹³ Sluchin, Benny, « Linaia-Agon Towards an Interpretation Based on the Theory », in M. Solomos, A. Georgaki, G. Zervos (eds.), *Definitive Proceedings of the International Symposium Iannis Xenakis*, Athènes, 2005, <http://cicm.mshparisnord.org/ColloqueXenakis/papers/Sluchin.pdf>.

Merlier¹⁴ propose de noter le déplacement des sons entre les haut-parleurs sur une simple portée, les lignes représentant les haut-parleurs et les mouvements des sons étant symbolisés avec une notation traditionnelle. L'implémentation de SSMN¹⁵ dans le logiciel de gravure musicale MuseScore (figure 3) permet de créer la spatialisation de l'œuvre en concert dans la partition. SSMN offre des symboles pour noter la spatialisation directement sur la partition. Lors de l'interprétation, les musiciens suivent le déroulement de la partition dans MuseScore et les instructions d'espace sont transmises à un moteur de rendu réalisé avec Max¹⁶.

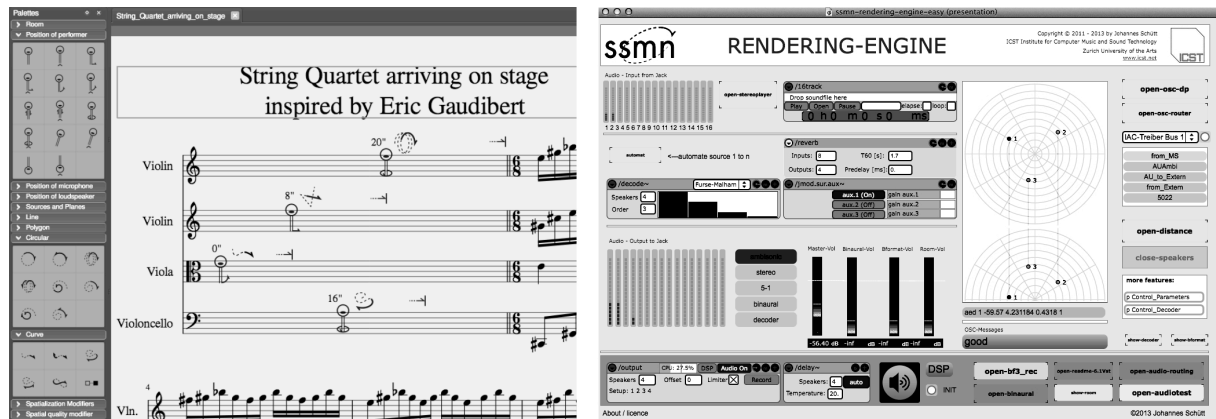


Figure 3 : interface du système SSMN (*Spatialization Symbolic Music Notation*), l'intégration dans le logiciel MuseScore (gauche) et le moteur de rendu de l'espace dans l'environnement Max (droite).

Avec le système SSMN, la notation s'enrichit d'une dimension supplémentaire puisqu'elle nécessite l'utilisation d'un logiciel couplé à la notation même.

2.4 La notation algorithmique

L'ajout d'élément algorithmique dans la notation permet de franchir une étape supplémentaire en rendant la partition ou des fragments de la partition mobiles en fonction de contextes extérieurs. Le logiciel Patchwork développé à l'Ircam en 1993 par Mikael Laurson, Jaques Duthen et Camilo Rueda est probablement un des premiers environnements de programmation graphique d'aide à l'écriture musicale. Il sera progressivement remplacé par Open Music¹⁷. Ce dernier offre un environnement complet au compositeur pour générer du matériau à intégrer dans la partition ou même des fragments complets de la partition. Ces matériaux ou fragments de partition sont créés à partir d'algorithmes construits graphiquement (figure 4) et prenant en entrée différents types de données (notes, valeurs numériques, texte, fichier audio, etc.). Le même code peut servir à générer des versions différentes de matériau en faisant varier les données en entrée ou les variables de l'algorithme.

¹⁴ Merlier, Bertrand, « Notation de l'espace en musique électroacoustique : du geste au signe », 2013, inédit.

¹⁵ Ellberger, Emile, Toro-Perez, Germán, Schuett, Johannes, Cavaliero, Linda, Zoia, Giorgio, « A Paradigm for Scoring Spatialization Notation », in *The First International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR)*, Paris, Université Paris-Sorbonne/IReMus, 2015, <http://tenor-conference.org/proceedings/2015/15-Ellberger-SpatializationNotation.pdf>.

¹⁶ Max est un environnement de programmation graphique développé initialement par Miller Puckette et destiné à la création audiovisuelle. C'est un environnement très utilisé pour la réalisation d'œuvre interactives.

¹⁷ Agon, Carlos, Assayag, Gérard, Laurson, Mikael, Rueda, Camilo, « Computer assisted composition at ircam: From patchwork to openmusic », *Computer Music Journal*, vol. 23, n° 3, 1999, p. 59-72.

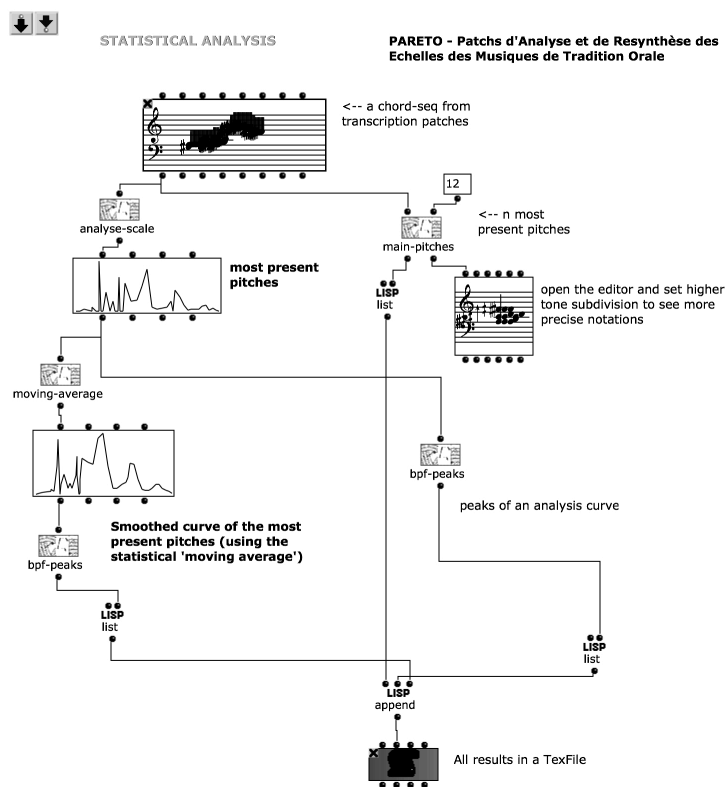


Figure 4 : un exemple extrait de la bibliothèque Pareto développée par Jean Bresson et Fabien Lévy pour le logiciel Open Music.

La bibliothèque Bach développée par Andrea Agostini et Daniele Ghisi¹⁸ intègre dans Max un ensemble d'outils graphiques pour la notation musicale, Max étant un environnement de programmation très utilisé par les musiciens en électroacoustique. L'interaction entre les deux permet de penser la composition non plus comme l'écriture d'une partition fixée d'un côté et la réalisation de la partie électroacoustique de l'autre, mais comme une réelle interaction entre les deux. De plus, Bach peut être utilisé pour écrire des partitions sans partie électronique, mais en bénéficiant de l'environnement Max pour élaborer une écriture algorithmique complexe.

Avec Antescofo¹⁹, l'Ircam propose depuis peu un nouveau dispositif permettant de synchroniser la partie électronique et la partie instrumentale des œuvres mixtes. Ce système réalise un suivi de la partition en analysant les données audio provenant du musicien afin de déclencher au bon moment les échantillons ou les effets augmentant le son des instruments. Pour ce faire, le compositeur doit coder sa partition – réaliser une nouvelle partition – dans un langage compréhensible par l'ordinateur. Le logiciel AscoGraph²⁰ (figure 5) facilite l'édition de cette partition. Il présente trois visualisations : un *piano roll* (en haut à gauche) représentant les hauteurs et durées de la partition du musicien, un éditeur textuel de la partition algorithmique (à droite) et une représentation du rendu des instructions pour la partie électronique (en bas à gauche). Le compositeur doit non seulement noter ce qu'Antescofo doit détecter dans le jeu de

¹⁸ Agostini, Andrea, Ghisi, Daniele, « Real-time computer-aided composition with bach », *Contemporary Music Review*, vol. 32, n° 1, 2013, p. 41-48.

¹⁹ Cont, Arshia, « Antescofo: Anticipatory Synchronization and Control of Interactive Parameters in Computer Music », in *International Computer Music Conference (ICMC)*, Belfast, The Sonic Arts Research Centre, 2008, p. 33-40.

²⁰ Coffy, Thomas, Giavitto, Jean-Louis, Cont, Arshia, « AscoGraph: A User Interface for Sequencing and Score Following for Interactive Music », in *40th International Computer Music Conference (ICMC)*, Athènes, National and Kapodistrian University of Athens, 2014, <https://hal.inria.fr/hal-01024865/document>.

l'instrumentiste, mais aussi la manière dont ce dernier doit interpréter ces données afin de suivre le musicien, y compris en cas d'erreur de sa part.

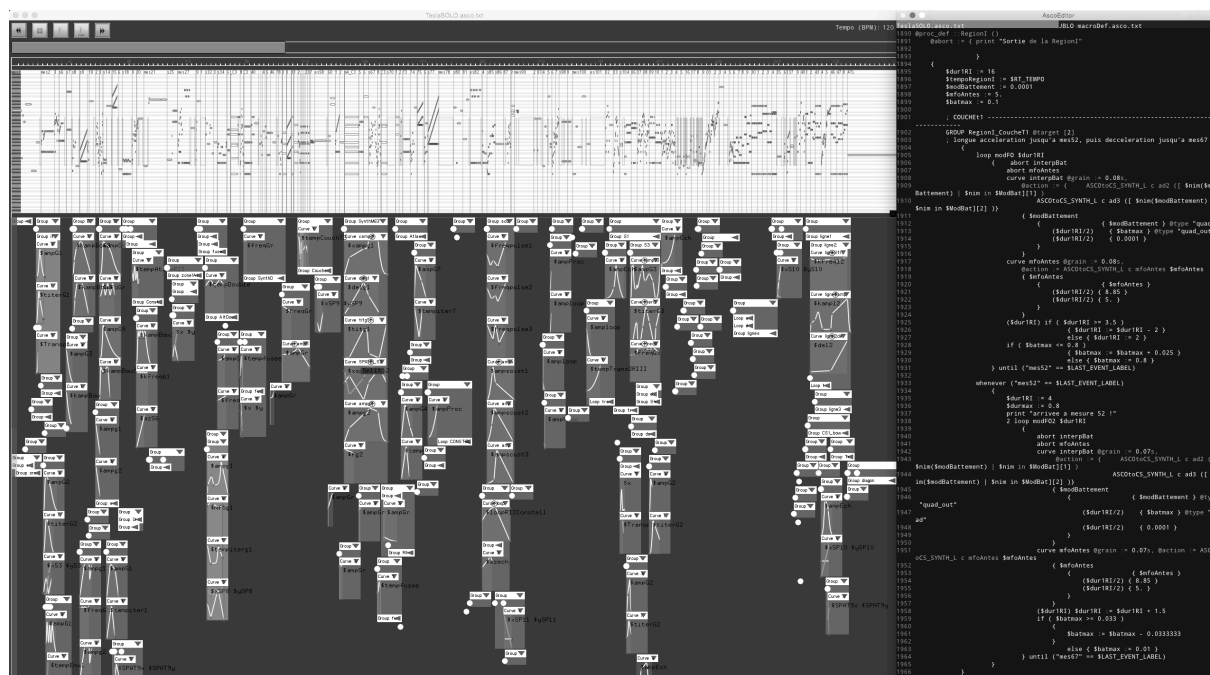


Figure 5 : interface de l'éditeur graphique AscoGraph pour la partition Antescofo de *Tesla ou l'effet d'étrangeté* de Julia Blondeau (2014) pour alto et électronique.

Avec Bach et Antescofo, la notion d'*inherent score* prend tout son sens pour la notation de l'électronique des œuvres mixtes qui était jusqu'à présent souvent réduite à sa plus simple expression, au point de rendre la recréation d'une œuvre souvent difficile. Dans ces deux logiciels, la partition et le dispositif électronique fusionnent à travers les algorithmes développés par le compositeur. Il ne reste plus qu'à rendre la partition interactive pour passer à l'étape suivante.

3 La notation interactive

L'intégration de l'algorithmique dans la notation musicale offre de nombreuses possibilités aux compositeurs. Une des plus importantes innovations consiste à modifier ou créer une partition durant l'interprétation. Les logiciels de notation traditionnels étant peu adaptés, cet usage nécessite des logiciels spécifiques.

3.1 La création interactive de partitions

INScore est un environnement pour la création interactive de partitions augmentées²¹. Le logiciel n'offre aucune interface d'édition graphique, mais un simple *viewer*. Il faut donc éditer la partition en GUIDO²² dans un fichier texte ou en MusicXML dans un autre logiciel. INScore permet d'afficher cette partition et de recevoir des instructions en OSC²³ pour la modifier en

²¹ Fober, Dominique, Letz, Stéphane, Orlarey, Yann, Bevilacqua, Frédéric, « Programming Interactive Music Scores with INScore », in *Proceedings of the Sound and Music Computing conference (SMC)*, Stockholm, KTH Royal Institute of Technology, 2013, <http://smcnetwork.org/node/1819>.

²² GUIDO est un langage de notation musicale textuel développé par Holger H. Hoos et Keith Hamel.

²³ L'*Open sound control* (OSC) est un protocole de communication utilisé en informatique musicale pour l'échange de données entre les instruments numériques et/ou les logiciels. Il tend progressivement à remplacer le MIDI.

temps réel. Le compositeur Richard Hoadley utilise INScore pour générer l'intégralité des partitions en temps réel (figure 6) en fonction de données captées pendant la performance, le musicien découvrant la partition au fur et à mesure et celle-ci résultant en partie de son jeu et de ses mouvements.



Figure 6 : un exemple d'utilisation d'INScore avec *How to Play the Piano in 88 Notes* de Richard Hoadley (2015) sur un texte de Katharine Norman.

Malgré sa complexité d'utilisation, INScore est probablement la seule technologie qui permette de réaliser l'intégralité d'une partition traditionnelle ou contemporaine, qu'elle soit plutôt symbolique, graphique ou textuelle, qu'elle soit créée en temps réel ou non avec une très grande liberté sur le plan algorithmique.

3.2 Des séquenceurs graphiques au *live coding*

Si INScore offre une réelle innovation dans le domaine de la notation musicale traditionnelle, Iannix²⁴ (figure 7) permet d'envisager la création de partitions graphiques pour gérer des appareils électroniques ou n'importe quel logiciel acceptant de recevoir des données à travers différents protocoles comme le MIDI ou l'OSC. De plus, Iannix utilise le langage Javascript comme format de partition, il est donc possible de modifier les variables de lecture ou d'injecter du code pendant la performance. Avec ce logiciel, la partition fusionne avec l'instrument numérique devenant ainsi une *inhérent score* ou une *tangible score* si l'interface le permet.

²⁴ Jacquemin, Guillaume, Coduys, Thierry, Ranc, Matthieu, « Iannix 0.8 », in *Journées d'informatique musicale*, Mons, Numediart, 2012, http://jim.afim-asso.org/jim12/pdf/jim2012_18_p_jacquemin.pdf.

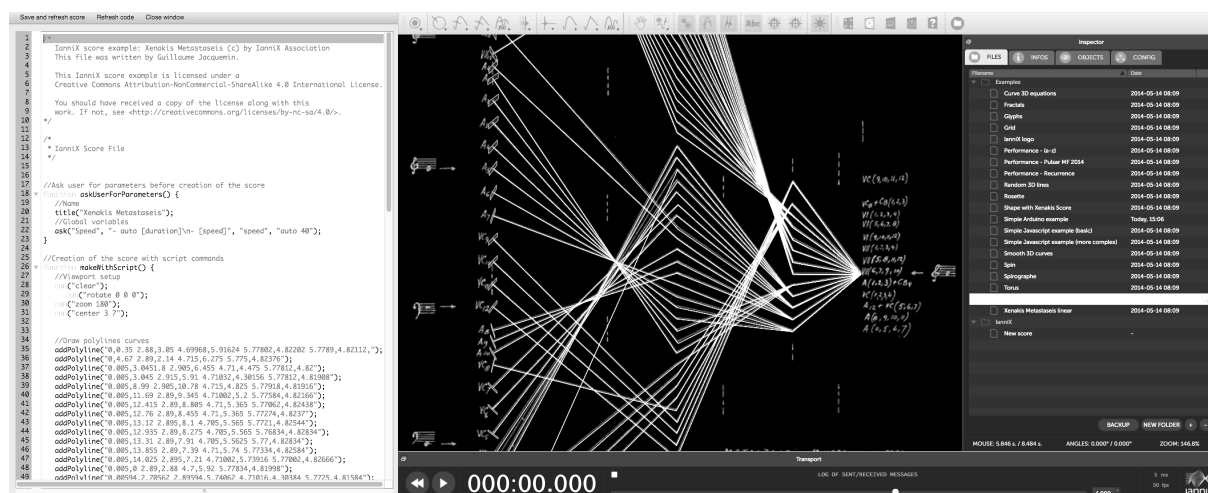


Figure 7 : l'interface de Iannix développée par Guillaume Jacquemin et Thierry Coduys, l'éditeur graphique (droite) et le code de la partition en JavaScript (gauche).

En projetant l'interface lors de certaines performances, les compositeurs font entrer Iannix dans la catégorie des logiciels de *live coding*. Ce mouvement musical, apparu au début des années 2000, s'appuie sur des technologies ouvertes et gratuites afin de proposer des langages de programmation musicaux temps réel. Le principe d'une performance de *live coding* est de projeter l'interface de codage textuel au public, les performeurs ne se privant pas d'interagir avec celui-ci à travers le code lui-même (nom des variables ou des fonctions, nom des échantillons sonores, texte des commentaires, etc.). Le code est créé en direct et immédiatement lu, ce dernier fonctionne généralement sous la forme de boucles musicales, le musicien modifiant les boucles à la volée et le logiciel mettant à jour le résultat sonore sans coupure musicale. Le *live coding* est un parfait exemple de fusion entre l'instrument et sa partition, l'un devenant indissociable de l'autre. Avec son Threnoscope²⁵ (figure 8), Thor Magnusson offre au public une interface supplémentaire permettant de visualiser les structures de rythmes et de hauteurs de ses performances sous la forme d'une série de cercles concentriques, la circonférence des cercles représentant les durées et leur diamètre les hauteurs.

²⁵ Magnusson, Thor, « Scoring with Code: Composing with algorithmic notation », *Organised Sound*, vol. 19, n° 3, 2014, p. 271-274.

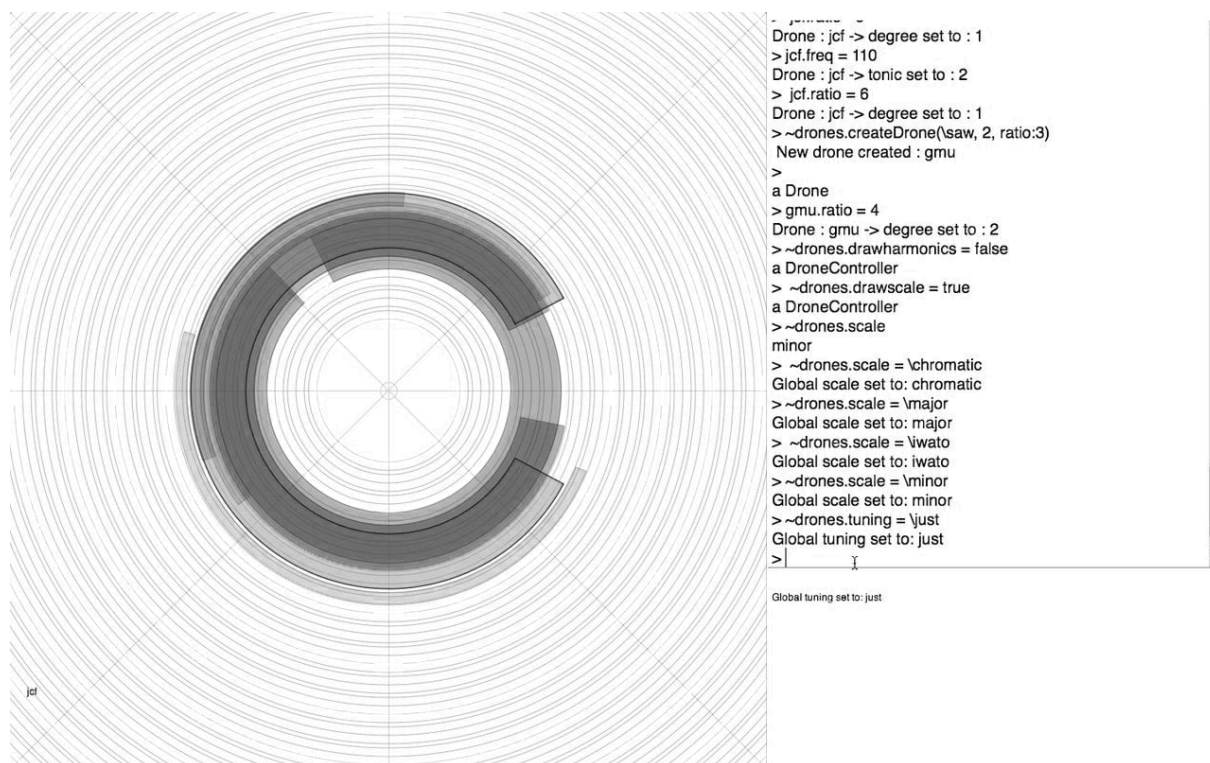


Figure 8 : l'interface du Threnoscope de Thor Magnusson, l'éditeur de code (droite) et la visualisation du rendu musical (gauche).

INScore, Iannix et le Threnoscope ne sont que trois exemples parmi les nombreux logiciels interactifs pour la performance et la réalisation de partitions musicales en temps réel. Toutefois, chacun d'entre eux est caractéristique de la catégorie qu'ils représentent.

4 Conclusion

Cette courte présentation de quelques technologies de notation dans la création musicale actuelle offre un panorama sur l'algorithmique, un nouvel axe des partitions apparu à la fin du XX^e siècle. Si l'exploration des axes graphique et verbal a permis aux compositeurs de musique instrumentale de faire évoluer la notation traditionnelle, l'arrivée des technologies analogiques puis numériques a ouvert la partition à une nouvelle dimension. Fusionnant progressivement avec la lutherie et les interfaces de performance, la partition acquiert un nouveau statut en passant d'un langage de transmission pour la seule interprétation à un langage de création. Cette profonde mutation s'accompagne aussi d'un retour sur la scène du compositeur devenant ainsi son propre interprète.

5 Références

Agon, Carlos, Assayag, Gérard, Laurson, Mikael, Rueda, Camilo, « Computer assisted composition at ircam: From patchwork to openmusic », *Computer Music Journal*, vol. 23, n° 3, 1999, p. 59-72.

Agostini, Andrea, Ghisi, Daniele, « Real-time computer-aided composition with bach », *Contemporary Music Review*, vol. 32, n° 1, 2013, p. 41-48.

Bosseur, Jean-Yves, « Les notations au XX^e siècle, entre fixité et ouverture », in S. Buisson, C. Goubault, J.-Y. Bosseur (éd.), *Histoire de la notation de l'époque baroque à nos jours*, Paris, Minerve, 2005, p. 189-270.

Bossis, Bruno, « The Analysis of Electroacoustic Music: from sources to invariants », *Organised Sound*, vol. 11, n° 2, 2006, p. 101–112.

Coffy, Thomas, Giavitto, Jean-Louis, Cont, Arshia, « AscoGraph: A User Interface for Sequencing and Score Following for Interactive Music », in *40th International Computer Music Conference (ICMC)*, Athènes, National and Kapodistrian University of Athens, 2014, <https://hal.inria.fr/hal-01024865/document>.

Cont, Arshia, « Antescofo: Anticipatory Synchronization and Control of Interactive Parameters in Computer Music », in *International Computer Music Conference (ICMC)*, Belfast, The Sonic Arts Research Centre, 2008, p. 33-40.

Ellberger, Emile, Toro-Perez, Germán, Schuett, Johannes, Cavaliero, Linda, Zoia, Giorgio, « A Paradigm for Scoring Spatialization Notation », in *The First International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR)*, Paris, Université Paris-Sorbonne/IReMus, 2015, <http://tenor-conference.org/proceedings/2015/15-Ellberger-SpatializationNotation.pdf>.

Fober, Dominique, Letz, Stéphane, Orlarey, Yann, Bevilacqua, Frédéric, « Programming Interactive Music Scores with INScore », in *Proceedings of the Sound and Music Computing conference (SMC)*, Stockholm, KTH Royal Institute of Technology, 2013, <http://smcnetwork.org/node/1819>.

Fober, Dominique, Bresson, Jean, Couprie, Pierre, Geslin, Yann, « Les nouveaux espaces de la notation musicale », in *Journées d'informatique musicale*, Montréal, Université de Montréal, 2015, http://jim2015.oicrm.org/actes/JIM15_Fober_D_et_al.pdf.

Jacquemin, Guillaume, Coduys, Thierry, Ranc, Matthieu, « Iannix 0.8 », in *Journées d'informatique musicale*, Mons, Numediart, 2012, http://jim.afim-asso.org/jim12/pdf/jim2012_18_p_jacquemin.pdf.

Lucier, Alvin, « Origins of a Form: Acoustical Exploration, Science and Incessancy », *Leonardo Music Journal*, n° 8, 1998, p. 5-11.

Maestri, Eric, Antoniadis, Pavlos, « Notation as Instrument: From Representation to Enaction », in *The First International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR)*, Paris, Université Paris-Sorbonne/IReMus, 2015, <http://tenor-conference.org/proceedings/2015/31-Maestri-NotationAsInstrument.pdf>.

Magnusson, Thor, « Scoring with Code: Composing with algorithmic notation », *Organised Sound*, vol. 19, n° 3, 2014, p. 268-275.

Merlier, Bertrand, « Notation de l'espace en musique électroacoustique : du geste au signe », 2013, inédit.

Sauer, Theresa, *Notations 21*, New York, Mark Batty Publisher, 2009.

Sluchin, Benny, « Linaia-Agon Towards an Interpretation Based on the Theory », in M. Solomos, A. Georgaki, G. Zervos (eds.), *Definitive Proceedings of the International Symposium Iannis Xenakis*, Athènes, 2005, <http://cicm.mshparisnord.org/ColloqueXenakis/papers/Sluchin.pdf>.

Sluchin, Benny, *Le dépassement de soi. Linaia-Agon*, New York, Mode Records, 2015, DVD, MODEDVD284.

Solomon, Mike, « tools.py : une bibliothèque de gravure musicale mobile », in *Séminaire MaMuX*, 2014, <http://medias.ircam.fr/x6b5b3e>.

Spreadbury, Daniel, Piéchaud, Robert, « Standard Music Font Layout (SMuFL) », in *The First International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR)*, Paris, Université Paris-Sorbonne/IReMus, 2015, <http://tenor-conference.org/proceedings/2015/24-Spreadbury-SMuFL.pdf>.

Tomás, Enrique, Kaltenbrunner, Martin, « Tangible Scores: Shaping the Inherent Instrument Score », in *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, Londres, Goldsmiths University, 2014, http://www.nime.org/proceedings/2014/nime2014_352.pdf.

Zattra, Laura, « Les origines du nom de RIM (Réalisateur en informatique musicale) », in *Journées d'informatique musicale*, Saint-Denis, Université de Paris 8, 2013, p. 113-120.