

REPRÉSENTATIONS MUSICALES NUMÉRIQUES : TEMPORALITÉS, OBJETS, CONTEXTES

Horacio Vaggione

INTRODUCTION

Le musicien travaille avec des discontinuités pour construire des continuités. Comme Robinson dans son île, il cherche des façons d'échapper à un temps amorphe, inarticulé ¹, en creusant des marques, des inscriptions sur un support – des éléments discrets, des *symboles* : des « manettes » qu'il utilise pour atteindre un certain niveau opératoire et morphologique. Les diverses « manières de faire des sons » (instrumentaux, électroacoustiques), posent donc, chacune à leur façon, la question – sans cesse renouvelée au cours de l'histoire de la musique – concernant les classes et les types de représentation qui pourraient y être associés à des opérations portant sur certains de leurs aspects, attributs, ou fonctions.

Depuis l'introduction des technologies numériques dans le champ de la composition musicale, la question des représentations opératoires s'est considérablement développée. La discrétisation généralisée constitutive du domaine numérique a apporté une nouveauté de taille : elle a permis de représenter tout type de données. Les opérations compositionnelles sont devenues elles-mêmes reproductibles ², grâce à la définition (le codage) d'objets multi-représentation.

1. La *durée* pure de Bergson n'est pas l'amie du musicien, contrairement à ce qui Bergson croyait lui-même : une « mélodie » est un ensemble de données articulées (intervalles, durées, intensités, proportions). Bergson serait ainsi tombé sous « la séduction de l'inarticulé ».

2. « Quand on dit qu'un objet numérique est transparent, on entend par là que cet objet non seulement se montre lui-même, en tant qu'unité fermée, mais

En soulignant les particularités des représentations issues de la pratique de la composition musicale avec des moyens informatiques (musiques électroacoustiques, musiques instrumentales assistées par ordinateur, musiques « mixtes »), au-delà de la notation conventionnelle³, je vais me référer au caractère *multi-échelle* des temporalités qu'elles manipulent : au fait que ces temporalités se constituent en tant qu'ensembles stratifiés, comportant de multiples niveaux de grandeur. Ces niveaux, ces *échelles temporelles* ne sauraient cependant se concevoir comme des instances d'une hiérarchie prédéfinie, dont on pourrait relever avec pertinence une cartographie universelle : bien au contraire, leur définition fait proprement partie de ce qui est *à composer*.

Par ailleurs, il me semble adéquat de s'interroger sur la spécificité des représentations musicales par rapport à des concepts de représentation issus d'autres disciplines, notamment des sciences cognitives. Ce texte évoque donc cette problématique, sans se présenter pour autant comme une sorte d'essai d'application des sciences cognitives aux faits musicaux : les références à ces disciplines resteront tangentielles, appelées aux fins d'élaboration du contexte, qui restera à tout moment celui de la composition musicale. Une place considérable sera donnée aux types génériques de représentation, aux médiations qui se sont forgées à l'intersection de la musique et de l'informatique (scripts, patches, fonctions graphiques). Je décrirai ainsi, de façon sommaire, des environnements logiciels que j'utilise couramment dans mon propre travail compositionnel – bien que je ne fasse aucune référence à mes œuvres musicales, préférant pour l'occasion de me focaliser sur le sujet traité dans toute sa généralité.

Quant à ce qui est véhiculé par ces environnements logiciels, je tâcherai d'éclaircir tant soit peut le rôle attribué au symbole, ainsi qu'au *signal* physique : de la même manière que le symbole, considéré en tant

qu'il est capable, essentiellement, de montrer ses méthodes et son code. Ceci reste valable même dans le cas d'un travail sur des sons naturels échantillonnés : ceux-ci ne seront pas des « objets trouvés » dans la mesure où leur définition numérique permettra de multiples réécritures, à travers de multiples modes de représentation, et par là de les intégrer à une stratégie générale de composition comportant des réseaux d'opérations symboliquement déterminées ». (H. VAGGIONE : « Objets, représentations, opérations », Revue *Ars Sonora* n° 2, Paris, 1995. Disponible en ligne : <http://www.ars-sonora.org/html/numeros/numero02/02e.html>

3. Notation conventionnelle que nous continuons, bien entendu, à utiliser, dans les limites de sa pertinence temporelle.

qu'*objet opératoire*⁴, le signal acoustique sera examiné sous divers éclairages, concernant notamment les types de granularité véhiculés par les techniques actuelles d'analyse et traitement du signal. J'avancerai alors l'idée que l'approche *granulaire*, qui constitue l'un des avatars les plus intéressants de ces techniques, est fertile dans le champ musical non seulement parce qu'elle postule un nouveau paradigme de description du fait sonore, mais *surtout* parce que cette description peut être traitée dans le cadre d'un transfert catégoriel du niveau du signal vers le niveau symbolique/opératoire⁵, ce dernier étant identifié comme celui qui est propre à la composition musicale⁶.

CE QUI N'EST PAS DANS LES NOTES

Bien que les échelles temporelles auxquelles je me réfère soient composables, et non pas simplement données, il y a lieu, il me semble, de faire une distinction opératoire entre deux grands domaines temporels, ceux du « micro-temps » et du « macro-temps », car cette distinction est fondamentale pour comprendre les enjeux ouverts par une approche multi-échelle du musical. Je me suis exprimé abondamment sur ce sujet dans d'autres écrits. Ainsi je vais donner seulement un bref résumé, en le reliant à celui de la représentation.

4. Il faudrait peut-être dire d'emblée que je n'emploie pas le terme « objet » pour signaler le statut ontologique de l'œuvre musicale elle-même : à cet égard, on peut considérer que l'œuvre musicale n'est pas un objet (ni un méta-objet, ni un quasi-objet) – elle est *ce qu'elle est* : un état de choses, pris dans son immanence. Évidemment, il faut creuser cette question pour l'éclaircir tant soit peu. Mais, pour rester au niveau de ce qui sera dit au long de ce texte : notre *objet* constitue une catégorie opératoire, compositionnelle, un outil multi-représentation englobant symboles, opérations et morphologies. Pour une critique de l'« objet musical », cf. le texte de A. Soulez, ce volume.

5. Cf. « De l'opératoire », dans M. SOLOMOS, A. SOULEZ, H. VAGGIONE : *Formel-informel, musique et philosophie*. Paris, L'Harmattan, 2003.

6. La composition musicale ne saurait être naturalisée, c'est-à-dire, réduite à sa dimension purement physique/acoustique : « Pour paraphraser G. G. Granger : nous (musiciens) entendons les sons non pas comme des signaux, mais comme *le résultat d'un travail, c'est-à-dire d'une transformation exercée par l'homme en vue de créer des significations* » (G. CARVALHO, A. SEDES, H. VAGGIONE : « Coïncidences autour de Granger : l'opératoire et l'objectal en musique », *Actes des Journées Granger*, MSH Paris Nord, 2008, à paraître chez Hermann). On pourrait à ce propos se rappeler du mot d'Adorno : « Le son, dans sa dimension purement acoustique, est (...) habité dès que la composition l'absorbe » (*Quasi una fantasia*, trad. française de J. L. Leleu, Paris, Gallimard, 1982).

Là où la notation musicale conventionnelle n'a plus cours, parce que l'ordre de grandeur de ses symboles ne peut s'appliquer au champ des microphénomènes sonores (microphénomènes potentiellement présents, pourtant, dans la musique dont cette notation dénote), commence alors, *en dessous* des notes, le domaine du micro-temps. Ce domaine⁷ comprend une quantité finie mais illimitée de micro-échelles temporelles. Des myriades de phénomènes sonores deviennent accessibles – composables – si on les approche à l'intérieur de ce domaine, en changeant d'échelle de description. Je ferai état de ces phénomènes, en les considérant selon des angles divers. Cependant, mon but n'est pas de privilégier le micro-temps, mais de montrer comment des articulations – des interactions – se produisent dans un processus de composition orienté multi-échelle.

Les aspects relevant directement du micro-temps se trouvent, dans le système notationnel conventionnel, réfugiés de façon tacite dans « ce qui n'est pas dans les notes » : vitesse des attaques et des transitions, micro-variations de durées, hauteurs, intensités, etc. On peut dire que les morphologies macroscopiques elles-mêmes, surtout quand elles apparaissent à la perception comme des objets complexes et feuilletés, dépendent fortement des micro-variations ainsi que des points précis d'ancrage, ou « d'accrochage » entre des matières sonores, des points réglés au niveau du micro-temps. Beaucoup de qualités perçues au niveau macroscopique relèvent de cette situation : couleurs spectrales brillantes ou ternes, rugosités des textures, localisation et mouvement des sons dans l'espace, etc. Des questions concernant la *performance* en musique instrumentale relèvent d'opérations réalisées par l'interprète au niveau du micro-temps, (comme l'évolution timbrale, la flexibilité du phrasé – c'est-à-dire les modalités fines de transition entre les notes), etc. Mais dire que ces choses sont devenues composables, c'est-à-dire accessibles à un traitement symbolique, ne signifie pas qu'on cherche à ôter aux interprètes leur rôle de micro-articulateurs : ils seront toujours les spécialistes dans ce domaine, tant qu'il s'agira de faire vivre des partitions purement instrumentales. En revanche, pour le développement d'une musique électroacoustique, la pertinence compositionnelle à ce

7. On peut fixer la frontière du micro-temps – avec beaucoup de précautions, car elle est mouvante, selon les attributs des morphologies en jeu – en dessous d'un seuil de durée variant entre 100 et 50 millisecondes. Quant à la limite inférieure, elle se trouve à l'échelle sub-symbolique de l'échantillon individuel. Il ne s'agit donc pas de postuler une divisibilité infinie du temps, car le domaine du micro-temps « sonore » appartient à l'ordre du perceptible. D'autre part – on aura l'occasion de le voir dans ce texte – ce domaine se trouve en état d'interaction multiple avec des échelles plus grandes (d'où l'intérêt de l'intégrer au musical comme domaine composable à part entière).

niveau est essentielle, car il nous faut articuler très finement tous les aspects, tous les attributs morphologiques, aussi infimes qu'ils soient, afin de faire vivre nos sonorités. La musique électroacoustique nous donne accès à des morphologies musicales qui ne peuvent pas être obtenues par d'autres moyens. Étant des entités temporelles très feuilletées, étant donné surtout les possibilités offertes par un affranchissement par rapport aux causalités instrumentales, les morphologies électroacoustiques se trouvent pour ainsi dire directement ancrées dans le micro-temps : les contractions et dilatations des matières, les granulations, les convolutions entre diverses micro-échelles, sont des choses qui font partie de ce qui est à composer⁸.

Quant aux possibilités d'interprétation, la musique électroacoustique, notamment au travers d'outils manipulables en temps-réel, est en train d'inventer ses ressources. L'accès au micro-temps composable ne signifie donc pas qu'il ne reste plus de place pour un autre micro-temps, non composé celui-là. Il en va de même pour ce qui est des qualités d'espace : la musique électroacoustique a développé des attributs spatiaux (localisations, trajectoires, etc.) aussi composables, impossibles à réaliser dans le cadre purement instrumental ; mais il reste toujours une place pour une spatialisation non composée, conçue comme une projection créant des mouvements et des plans d'espace qui viennent s'ajouter aux attributs spatiaux composés.

Il faut cependant insister sur le fait que les échelles temporelles elles-mêmes se déterminent d'après le champ multi-échelle postulé pour chaque composition. Ainsi s'ouvre la possibilité de travailler également ce champ multi-échelle dans le cadre d'une musique purement instrumentale. D'une part, à la suite de ce qui a été accompli pendant le ^{xx}e siècle concernant les aspects constructifs et perceptifs du *timbre*, dont la liste des compositeurs ayant fait des découvertes majeures serait longue à établir, une relation plus directe entre la note et le son est devenue quelque chose d'acquis : la notation instrumentale intègre aujourd'hui, au niveau même de sa théorie, une conscience du substrat morphologique sur lequel se réalisent les opérations d'écriture macroscopique. Mais, d'autre part, l'aspect multi-échelle peut se manifester non seulement par rapport à ce substrat morphologique (micro-temps), mais aussi de l'autre côté de la « ligne d'horizon » des notes (macro-temps) : en définissant les niveaux opératoires visés, les types d'opérations applicables, et les classes d'interactions provoquées. La composition instrumentale

8. D'où l'importance d'une élaboration explicite d'une *micrométrie* adaptée au contexte opératoire des micro-échelles temporelles.

devient alors très feuilletée et pleine de convolutions⁹. L'instrumental a donc des beaux jours devant lui : l'aspect « prospectif » des réalisations purement acoustiques reste ouvert¹⁰.

APPROCHE MULTI-LOCALE

Insistons sur un point essentiel, tant en musique instrumentale, mixte ou purement électroacoustique : affirmer l'importance des *interactions* entre échelles temporelles n'équivaut pas, assurément, à postuler une projection qui intégrerait ces échelles de façon linéaire, soit en amont, soit en aval. Les « mésostructures », ainsi que les « macrostructures » – qui ne constituent pas des états univoques ou monolithiques, mais des frontières à construire, qui peuvent concerner une quantité finie mais illimitée d'échelles temporelles – peuvent obéir à des principes de structuration différents de ceux qui sont utilisés pour composer les microstructures (autre vaste continent). C'est-à-dire, ces régions du composable peuvent se construire à partir de divers plans opératoires. D'ailleurs, les microstructures elles-mêmes (les morphologies composées au niveau du micro-temps) peuvent se travailler avec des méthodes différentes et superposées (des microstructures très feuilletées sont souvent produites au moyen de plusieurs opérations, chacune d'entre-elles pouvant employer une méthode différente). Plus encore : des méthodes différentes, et même radicalement différentes, peuvent se trouver encapsulées dans le *même* objet symbolique, permettant de les faire circuler ensemble dans un réseau compositionnel¹¹. C'est d'ailleurs cette richesse qui m'incite à utiliser des termes tels qu'« objet », « représentation », « symbole », malgré les barrières d'inintelligibilité qui parfois les entourent, mais qui se dissipent dès qu'on comprend, dans l'action, leur valeur opératoire.

9. La convolution est une opération de *synthèse croisée*, dont les modalités sont bien connues en synthèse sonore. On peut cependant l'appliquer aux rapports entre échelles temporelles de toutes tailles, y compris celles situées au-dessus du niveau de la note macroscopique. Cf. H. VAGGIONE : « Vers une approche transformationnelle en CAO », *Actes des Journées d'informatique musicale (JIM)*, GREYC/CNRS/Université de Caen, 1996. Disponible en ligne : <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/jim96/actes/vaggione/VaggioneTEXTE.html>

10. A propos d'une approche opératoire ciblée sur la musique purement instrumentale, cf. G. CARVALHO : « Formaliser la forme », dans ce volume. Cf. aussi G. CARVALHO : « Représentations musicales d'idées mathématiques ». Thèse de doctorat, CICM, Université de Paris VIII, 2007.

11. H. VAGGIONE : « Son, temps, objet, syntaxe ». In *Musique, rationalité, langage*. Cahiers de philosophie du langage n° 3, Paris, l'Harmattan, 1998.

Je dois cependant insister encore une fois sur le fait que les échelles temporelles elles-mêmes n'existent *que* par rapport au plan compositionnel, et doivent se définir uniquement en fonction de celui-ci. À chaque niveau, tout dépend de la définition précise de l'échelle temporelle (postulée) dans laquelle on fixe (temporairement) notre « fenêtrage », notre cadre de référence opératoire. Ainsi nous sautons d'une échelle à une autre, dans toutes les directions, aux moments choisis (proches ou éloignés), repassant souvent par des points très finement voisins. *Un processus de composition délibérément orienté multi-échelle est toujours « multi-local ».*

Ceci vaut pour le processus de composition autant que pour l'audition. J'irai même jusqu'à dire qu'un acte d'écoute musicale, en tout cas une « écoute opératoire », détaillée, et pas seulement « immersive », purement globale, comporte la possibilité de focaliser notre attention de façon variable, à volonté, en sautant d'une échelle temporelle à une autre. La musique se manifeste en tant que richesse morphologique perçue, et non pas comme une trajectoire balisée de régularité. *Le jeu des interactions entre les échelles temporelles présentes dans une musique est de toute évidence le champ où cette écoute détaillée se déploie.*

ÉMERGENCES (1)

On pourrait s'interroger, à la lecture de ce qui précède, sur les aspects cognitifs des représentations musicales, éventuellement en ce qui concerne des possibles intersections entre l'approche décrite dans ce texte et celle qui s'est élaborée dans le champ des sciences cognitives sous le terme d'*énaction*¹². Car la conceptualisation proposée sous ce terme interpelle directement celle de représentation : la condition du « faire-émerger » – « *to enact* » – un quelconque état de choses est, selon Varela, celle de « travailler sans représentations », parce que « les représentations renvoient

12. J'utilise le terme *énaction* dans le sens de F. Varela (cf. F. VARELA : *Connaître les sciences cognitives*, Paris, Seuil, 1989; texte repris sous le titre : *Invitation aux sciences cognitives*, Paris, Seuil, 1996). Les travaux de Dreyfus, Winograd et Flores, entre autres, ont établi les bases paradigmatiques. Les sources philosophiques se trouvent dans l'herméneutique phénoménologique (Husserl, Heidegger, Merleau-Ponty), spécialement par rapport à la prise en compte du monde vécu – bien qu'on critique souvent la visée exclusivement théorique des phénoménologues. À propos de l'énaction considérée du point de vue d'une pratique musicale, cf. M. SOLOMOS : « Notes sur la notion d'émergence et sur Agostino Di Scipio », ce volume. Je me suis référé à l'idée d'énaction, en la situant dans un courant plus large de la critique herméneutique de la représentation, dans H. VAGGIONE : « Composition musicale : représentations,

toujours à un monde prédéfini »¹³. Dans la terminologie varélienne, qui est aussi celle de la critique herméneutique anti-cognitiviste élaborée entre autres par Winograd et Flores¹⁴, seulement un monde prédéfini peut être re-présenté. Bien entendu, cette critique herméneutique vise à renverser l'idée traditionnelle de la cognition basée sur des représentations *mentales*, représentations considérées ici comme des fausses objectivations, découlant de la conception d'un esprit radicalement séparé du « monde » (ainsi que du corps, en suivant Merleau-Ponty¹⁵). Cette critique insiste sur le fait que ces représentations ne sauraient donner lieu à des émergences contextuelles – à des phénomènes singuliers – car elles réifient autant le sujet que l'objet de connaissance, et, aussi bien du point de vue épistémologique que technologique¹⁶ tout ce qui arrive, dans une approche de ce genre, doit se trouver déjà explicité dans un « micromonde » (un « modèle réduit » du « monde »). L'idée selon laquelle la connaissance consiste dans l'élaboration d'un corpus d'informations, toujours préalable par rapport à la performance cognitive, est en effet à la base des théories de l'intelligence artificielle (IA) classique¹⁷. La performance cognitive doit être, d'après ce paradigme (qui est celui du computationalisme), obligatoirement représentée (implémentée) dans des algorithmes fermés – des « boîtes noires ». C'est sur ce point que la critique herméneutique de la représentation a fait sa percée majeure : elle a dévoilé le fait que ces algorithmes fermés, jouant d'avance leur propre cohérence logique, nous placent face à un impératif computationnel prédéfini, qui empêche toute *interprétation*, toute *ouverture* à une quelconque *situation* (vécue). L'herméneutique phénoménologique a

granularités, émergences », *Intellectica* n° 48-49, numéro spécial *Musique et cognition*, sous la direction de A. Sedès, Paris, 2008. Cf. également A. DI SCIPIO : « Emergence du Son, Son d'Emergence. Essai d'épistémologie expérimentale par un compositeur » ; ainsi qu'A. VILLA : « Questions sur le processus de segmentation de la surface musicale dans la perception des musiques contemporaines et électroacoustiques », *Intellectica*, même numéro (48-49).

13. F. VARELA, op. cit., p. 98.

14. T. WINOGRAD et F. FLORES : *Understanding Computers and Cognition*, New Jersey, Ablex Press, 1986).

15. M. MERLEAU-PONTY : *Phénoménologie de la perception*, Paris, Gallimard, 1945.

16. N'oublions pas que l'enjeu cognitiviste est de décrire le cerveau/esprit comme étant un ordinateur, ou bien ce dernier comme étant une métaphore du premier.

17. Sur l'approche cognitiviste sous-tendant l'intelligence artificielle classique cf. H. SIMON : *Sciences of the Artificial*, Cambridge, MA., MIT Press, 1982 ; M. MINSKY : « A Framework for Representing Knowledge ». In P. Winston (Ed.) : *Artificial Intelligence : A MIT Perspective*. New York, Mc Graw-Hill, 1975.

été introduite pour court-circuiter les obstacles insurmontables que les approches computationnalistes dressent en ce qui concerne la réalité de l'engagement créatif ou constructif.

Si l'on se tourne maintenant vers l'action musicale, nous trouvons en elle un riche tissu contextuel, complexe, feuilleté, qui ne saurait en aucun cas être assimilé à un « monde prédéfini ». Qu'on me permette de répéter ici l'autocitation placée en note au début de ce texte : « Pour paraphraser G. G. Granger¹⁸ – nous (musiciens) entendons les sons *non pas comme des signaux*, mais comme le résultat d'un *travail*, c'est-à-dire d'une transformation exercée par l'homme en vue de créer des significations »¹⁹ Ce qui veut dire, quant aux *représentations opératoires* que nous utilisons en musique, que nous sommes dans un cas de figure très différent de celui du représentationnalisme cognitiviste, car ces représentations opératoires sont des outils créés (construits) afin d'atteindre un champ d'action morphologique, et non pas pour re-présenter ou trans-coder de processus mentaux, ni pour élaborer des modèles (des formalisations) du « monde ». Bien évidemment, les musiciens ont des connaissances musicales : ils ont appris à lire et à écrire de la musique, par exemple, et mille autres choses concernant leur artisanat. Néanmoins, on ferait fausse route si l'on accordait à ces connaissances un statut comparable à celui des systèmes formels (prédéfinis) dont on vient de parler. Comme le dit D. Byrd : « Il est tentant de supposer que les règles d'un système aussi élaboré et réussi qu'est la notation musicale conventionnelle, doivent être auto-consistantes. Le problème est que plusieurs des 'règles' sont *nécessairement* floues. Tous les livres sur la notation musicale conventionnelle sont pleins de vagues affirmations illustrées par des exemples qui, souvent, n'arrivent pas à clarifier la règle; mais, dès que l'on essaie de préciser le plus possible chaque règle, on obtient un résultat non-consistant »²⁰. Et, l'on pourrait ajouter, à l'encontre de la croyance la plus répandue : les langages informatiques musicaux, malgré leur haut degré de formalisation, sont utilisés (sauf exceptions notoires) par les musiciens dans le même sens de fluidité que la notation conventionnelle. Un musicien, s'il n'est pas un simple « administrateur » de connaissances musicales acquises, comme dirait Debussy, n'utilise pas un système notationnel sans prendre à sa façon les *degrés de liberté* qu'il contient, c'est-à-dire, sans ajouter des fonctions créées par lui-même,

18. Cf. G. G. GRANGER : *Formes, opérations, objets*. Paris, Vrin, 1994.

19. G. CARVALHO, A. SEDES, H. VAGGIONE : « Coïncidences autour de Granger : l'opérateur et l'objectal en musique », *op. cit.*

20. D. BYRD : " Music Notation Software and Intelligence ", *Computer Music Journal* vol. 18, n°1, 1994, p. 17.

des fonctions faisant partie de ce qu'il veut composer. C'est comme cela que la notation musicale macroscopique s'est développée au cours de son histoire. L'aspect « flou » de la notation musicale est une manifestation de la flexibilité du système, et non pas un défaut, ni un manque de rationalité : son caractère ouvert permet à un compositeur d'effectuer ses propres propositions formelles. Quant aux langages informatiques musicaux, ils ne sont pas dénués de flexibilité, de degrés de liberté, ce qui confère à ces langages leur caractère musicalement opératoire. Ces langages informatiques permettent au compositeur d'interagir avec un système syntaxiquement rigoureux, mais qui n'est pour autant fermé à des actions musicales concrètes (autrement, ils seraient des « mauvais » langages informatiques, desquels il conviendrait de se détourner le plus vite possible).

Le but des représentations musicales, de quelque type qu'elles soient, n'est donc pas de réaffirmer (de re-présenter) une information déjà existante, mais de *créer un fait* qui est *irréductible* à cette information. On peut parler donc ici, en tout état de cause, de l'existence d'un type d'émergence contextuelle (incluant une espèce de puzzle triangulaire entre le système représentationnel, son instanciation présente et le compositeur lui-même). Je vais me référer plus bas au rôle de l'interprète considéré du point de vue de son propre couplage avec sa partition, ce qui va nous permettre de creuser davantage ce statut opératoire ²¹.

Pour résumer le thème de l'émergence énaïve en ce qui nous concerne en tant que compositeurs : celle-ci, étant action, s'éloigne naturellement des dualismes substantialistes ou mentalistes qui « figent » le monde pour l'« expliquer ». Et, cela faisant, elle ne privilégie aucun niveau comme étant plus essentiel qu'un autre. J'ai insisté dans d'autres textes ²² sur le fait que de simples stratégies ascendantes (*bottom-up*) ou descendantes (*top-down*) ne sauraient suffire à une saisie du concept d'émergence dans toutes ses implications structurelles. L'émergence contextuelle (le phénomène non réduit, non prédéfini) ne saurait s'expliquer ou se construire autrement que par une approche embrassant une multiplicité de perspectives simultanées, littéralement multidirectionnelles.

Autrement dit : si l'on se tient à distance d'un émergentisme réductionniste, on pourra assumer le fait qu'entre la composition des sons et la composition des œuvres, il n'y a pas de plans substantiellement « premiers et seconds », mais des aspects qui renvoient à des échelles tem-

21. Cf. la section Représentations numériques.

22. Par exemple dans « Composition musicale : représentations, granularités, émergences », op. cit.

porelles différentes, qui s'articulent à l'intérieur du composable, *sans prendre une direction hiérarchique univoque et prédéterminée*. Cette façon d'envisager le composable implique, naturellement, un engagement fort de la part du compositeur quant à la profondeur articulatoire de ses opérations.

ÉMERGENCES (2)

Je viens de parler des faits musicaux du point de vue de l'émergence énaïve (de l'émergence comprise comme un *faire*). Un point de vue complémentaire, ou du moins non contradictoire, serait de regarder l'œuvre musicale à partir de la problématique non linéaire du *tout* et de ses *parties*. Énonçons-le de manière très élargie : l'œuvre musicale constitue une émergence parce qu'elle n'est réductible ni à ses parties, ni à ses éléments constitutifs²³, ni aux opérations réalisées pendant le processus de composition. Nous pouvons éviter encore ici, comme on l'a fait auparavant, le mot « causalité ».

Les compositeurs, en produisant leurs musiques, effectuent donc des opérations ; mais les musiques qu'ils produisent, en s'éloignant d'eux et de leurs opérations, en devenant autonomes, réclament encore d'autres opérations, celles de l'auditeur. On peut contester cette coupure, mais il reste que les deux types d'opérations peuvent ne pas être en relation de correspondance linéaire²⁴. Ceci nous ramène encore au point de vue de l'énaïve, car cette non-correspondance peut être vue comme étant le lieu d'un couplage structurel : d'une *situation* créative.

D'autre part, l'œuvre musicale va se constituer comme une émergence (une singularité), et non pas comme une simple globalité, parce qu'elle se manifeste non pas comme ce qui constitue le produit des parties d'un tout, ni même comme l'épiphiénomène²⁵ de ses composantes, mais comme

23. La distinction entre parties et éléments, d'un point de vue ensembliste, vient de Cantor.

24. Cette non-correspondance serait le cas le plus normal, la communication *one-to-one* étant de l'ordre de l'utopie, une utopie assez dangereuse car elle appartient à l'idéologie du « total contrôle », cherchant à annuler la variété des couplages, la richesse des *situations*.

25. Je serais en effet assez réservé quant à l'usage du terme « épiphénomène ». Il ne faut pas oublier que l'émergentisme constitue un ensemble de courants de pensée dont l'origine remonte loin dans le temps – qu'on pense à John Stuart Mill, par exemple (*System of Logic*, 1843) – et a été en tout cas marqué par un certain matérialisme réductionniste (« la vie n'est rien qu'un épiphénomène de la matière ; l'esprit n'est rien qu'un épiphénomène du cerveau »). L'épiphiénomène avait déjà été un argument

ce qu'elle est, sans réduction aucune. C'est pour cela que l'on peut envisager aussi une ontologie de l'émergence en tant qu'immanence.

Certes, il ne s'agit pas de penser l'œuvre comme un tout. Adorno disait : « le tout est le faux »²⁶. Assurément : on peut considérer la pensée du tout comme négation des propriétés des parties – c'est sans doute cela le point faible de l'approche stochastique, comme de tous les globalismes, qui sont des « collectifs faux »²⁷, car les parties ne font que suivre une loi globale imposée, en dehors de tout critère d'interaction. Par contre, si l'on dit : « dans une œuvre musicale *tout est émergent* », on n'est pas en train de nier aucun attribut d'aucun « moment » (pour parler comme Husserl) de l'œuvre ; cela signifie : on ne saurait tendre l'oreille vers quelque chose, à l'intérieur et à l'extérieur de l'œuvre musicale, qui ne soit pas en rapport d'émergence avec une autre quelque chose qui se trouverait là aussi, dans une *situation de présence*, dans le champ d'une interaction (intrication) généralisée. Cette formulation ne contredit pas l'expérience musicale du détail, du singulier, du hautement articulé.

ONTOLOGIES

S'agissant de la discrétisation de toutes les données, qui est propre au domaine du numérique, et tenant compte de la richesse opératoire que cette discrétisation apporte au composable, tout se passe comme si un autre problème « métaphysique » venait nous interpeller : il y a une différence ontologique majeure entre d'une part l'affirmation d'une stratégie opératoire (ou même d'une esthétique) du discontinu, et d'autre part un énoncé concernant le statut de réalité de ce discontinu. Ce qu'on a dit plus haut à propos de la non-réification des représentations, ou bien sûr la non-pertinence d'une naturalisation de la musique qui pourrait survenir à partir d'une confusion entre théorie acoustique et théorie musicale,

accusatoire contre les tenants historiques des parallélismes, tels que Spinoza, par exemple, qui, par ailleurs, insistait sur « l'aptitude à être affecté », de laquelle dérive celle « d'exister et de produire », ainsi que celle « de penser et de comprendre » (*Ethique*). Un texte de J. M. Roy explore quelques pistes par rapport à la réduction matérialiste du point de vue des divers courants cognitifs actuels. Cf. J. M. ROY : « Naturalisme émergentiste et explication causale ». *intellectica* 2004/2, n° 39, p. 199-227.

26. T. W. ADORNO : *Minima Moralia*, version italienne de R. Solmi, Torino, Einaudi, 1954.

27. Cf. H. VAGGIONE : « Determinism and the False Collective », in J. KRAMER (éd.) : *Time in Contemporary Music Thought*. *Contemporary Music Review*, Vol. 7 (2), Londres, Routledge, 1993.

et ainsi de suite, s'applique également aux faits musicaux eux-mêmes : ils ne sont réductibles ni à leur support, ni à leur méthode d'engendrement, ni à leur formalisation, ni même à leur « constructibilité » : on ne saurait confondre ces ontologies régionales diverses²⁸. Dès lors, l'un des « dangers » du numérique pourrait résider, à ce qu'il me semble, non pas dans le fait de la discrétisation généralisée qui le sous-tend (elle constitue un puissant moyen opératoire), mais dans sa réification sous la forme d'une métaphysique du discontinu qui postulerait le calcul comme *ontologie première* du réel. D'autre part, il est vrai, le même type de danger guette également l'assomption contraire, celle de la continuité (la durée pure, le temps amorphe). Les deux « fondationismes » sont également aliénants. Le premier ne tient pas compte de l'hétérogénéité structurelle²⁹ qui accompagne de fait toute discrétisation, et dont la reconnaissance nous préviendrait contre la réduction « computationnelle »³⁰ ; le second, en ignorant la granularité constitutive de nos représentations, nous plonge dans l'inarticulé³¹.

REPRÉSENTATIONS NUMÉRIQUES

Je voudrais à présent me référer aux représentations opératoires en composition musicale, d'un point de vue plus technique, à partir des problématiques posées par des formes de notation *autres* que la notation musicale conventionnelle. Prenons en premier lieu la notation textuelle (par scripts alphanumériques). Ce type de notation, issue de l'informatique, est équivalent en tant que « partition » à la notation conventionnelle, bien qu'elle soit plus étendue, intégrant plus d'échelles temporelles, s'étalant en fait jusqu'aux événements les plus infimes, au niveau du micro-temps. Cette « notation textuelle » – une combinaison de lettres et des chiffres – n'est pas un aide-mémoire mais un code : une ensemble de détermi-

28. Cf. par exemple H. VAGGIONE : « Some Ontological Remarks About Music Composition Processes », *Computer Music Journal*, 25 (1), Cambridge, MA., MIT Press, 2001. Disponible en ligne : http://muse.jhu.edu/demo/computer_music_journal/v025/25.1vaggione.html. Traduction française de M. Solomos : « Quelques remarques ontologiques sur les processus de composition musicale », in R. BARBANTI et al. (éds.) : *Musiques, arts, technologies, pour une approche critique*. Paris, L'Harmattan, 2004.

29. Sur le concept d'hétérogénéité structurelle, cf. J. M. LÉVY-LÉBLOND : « La physique, science sans complexe », in *La Complexité, Colloque de Cerisy*. Paris, Seuil, 1991. Cité dans H. VAGGIONE : « Son, temps, objet, syntaxe », op. cit.

30. Cette hétérogénéité structurelle sous-tend ma critique des approches unidirectionnelles de l'émergence.

31. Cf. la note 1 (ce texte), où je critique la *durée pure* de Bergson.

nations (de « déclarations ») construit d'après une syntaxe précise. Il ne s'agit donc pas d'une prescription rédigée dans un langage ordinaire, mais dans un langage hautement formalisé, dans lequel tout peut être décrit : fonctions, variables, et ainsi de suite. Bien entendu, ce qui est hautement formalisé est le langage informatique, pas nécessairement la musique qu'on fait avec lui ³². Ce genre de confusion est très fréquent en composition musicale assistée par ordinateur. Un langage hautement formalisé laisse libre cours à notre imaginaire musical, ainsi qu'à notre pensée opératoire. Cette liberté inclut celle de formaliser autant qu'on le veut, ainsi que de multiplier les types de formalisation indépendamment de celui qu'on utilise pour les décrire dans la grammaire du langage informatique employé.

Au fond, ce qu'il faut comprendre à ce sujet c'est le fait que la musique *n'est pas* un langage ³³, bien qu'elle *utilise* des langages pour se construire. Les représentations musicales (en tant que « pointeurs » morphologiques) sont, pour le dire une fois de plus, des instances de catégories opératoires, et non pas des chaînes univoques de signification. Les représentations musicales sont dynamiques, porteuses de formes : c'est pour cela que l'on les utilise en composition musicale, et non pour leur supposé pouvoir de description d'un monde phénoménal préexistant à

32. Dans un certain sens, la notation musicale conventionnelle et la notation textuelle alphanumérique sont opposées en amont, mais pas en aval : comme on l'a vu plus haut, l'une est un système flou, par nature ; l'autre est un système précis, aussi par nature, bien qu'il puisse également se constituer en tant que système flou (si l'on le déclare comme tel). Mais quant à l'usage, les deux sont capables à la fois de fournir une base de formalisation et de permettre un certain nombre de degrés de liberté ; et c'est bien cette flexibilité dans l'usage qui leur confère proprement leur caractère musicalement opératoire.

33. Pour citer V. Zuckerkandl : « Si l'on excepte le cas d'un langage créatif (...) comme la poésie, où des relations plus « musicales » sont présentes, le langage a toujours un monde fini de choses devant lui, auxquelles il assigne des mots ; tandis que les sons musicaux créent eux-mêmes ce qu'ils signifient. Ainsi il est possible de traduire une langue dans une autre, mais pas une musique dans une autre... » (V. ZUCKERKANDL : *Man the Musician*, Princeton, N. J. , Princeton University Press, 1976). Cependant, les choses ne sont pas si simples : l'autre face de cette séparation est, en dehors de toute dialectique, la projection du « voir comme », dans le sens wittgensteinien (« *Cet homme a le sens de la musique* n'est pas une phrase que nous employons pour parler de quelqu'un qui fait 'Ah' quand on lui joue un morceau de musique » – Wittgenstein, *Leçons et conversations*, trad. J. Fauve, Gallimard, 1971), ou même adornien (« C'est en s'éloignant du langage que la musique réalise sa similitude avec lui » – Adorno, *Quasi una fantasia*, op. cit.). Bien entendu, on peut élargir le concept de langage jusqu'à le faire recouvrir celui de système symbolique – ce que fait Granger (cf. *Formes, objets, opérations*, Paris, Vrin, 1994).

notre travail. Il en va de même pour ce qui relève du travail des interprètes, en musique instrumentale : la partition qu'ils « déchiffrent » ne fait pas partie de leur monde mental préexistant (même s'ils l'apprennent par cœur) : elle se situe dans le monde externe ; à chaque performance, à chaque instance, il y a un nouveau couplage, une nouvelle *énaction* qui se met en place.

Les représentations musicales peuvent se présenter sous forme séquentielle, ou vectorielle, ou bien encapsulées dans des objets, à l'intérieur de réseaux opératoires que l'on tisse et retisse tout au long de notre activité dans le composable. Elles se situent, à un niveau opératoire, dans la perspective d'une hétérogénéité structurelle, comme on l'a dit. Ici la difficulté à surmonter (afin de pouvoir penser cet état de choses) ne viendrait pas seulement du côté du dualisme, mais aussi du monisme. L'exigence d'un monisme radical (d'une quête d'unicité, entre représentations, opérations et résultats) a amené maintes fois les musiciens à l'impasse. Le sérialisme des années 1950 nous donne un exemple assez éloquent, tout comme le fait la « musique algorithmique » ou « automatique » des débuts de la composition assistée par ordinateur. Concernant cette dernière : ce n'est qu'à partir du moment où l'on a commencé à accepter le principe selon lequel *l'action et l'interaction sont plus importantes que les algorithmes* 34 – ce qui inclut, parmi d'autres choses, une *intrication forte* (c'est-à-dire *ouverte* 35) entre l'algorithmique et intervention manuelle –, que l'on a vu naître des perspectives intéressantes concernant la composition musicale en milieu numérique, au-delà de ce qu'on pourrait appeler des « musiques de Turing » 36.

L'évolution possible du paradigme du script alphanumérique comme forme de représentation musicale se trouverait, à ce qu'il me semble,

34. Cf. H. VAGGIONE : « Some Ontological Remarks About Music Composition Processes », op. cit.

35. Une intrication faible étant, de toute évidence, une intrication fermée, car elle ne peut pas être le lieu d'un couplage structurel. Une intrication fermée est un avatar du rationalisme (la tendance unidimensionnelle de la raison à se constituer comme le seul pôle de contrôle d'une action quelconque).

36. « Turing Machines computation is *algorithmic*, where the values of all inputs are predetermined at the start. It cannot be affected by subsequent changes to the environment; therefore, TMs compute as *closed* systems » (P. WEGNER et D. GOLDWIN : « Computation Beyond Turing Machines », Rapport, Brown University, 1999) ; cf. J. VAN LEEUWEN et J. WIEDERMANN : « The Turing Machine Paradigm in Contemporary Computing », in *Mathematics Unlimited – 2001 and Beyond*, eds. B. Enquist and W. Schmidt, LNCS, Springer-Verlag, 2000. Quant aux « musiques de Turing », cf. H. VAGGIONE : « Composition musicale et moyens informatiques : questions d'approche ». In M. SOLOMOS, A. SOULEZ, H. VAGGIONE : *Formel-informel, musique et philosophie*, op. cit.

non pas dans l'invention d'une façon d'écrire qui ne ferait plus usage des caractères alphanumériques, mais plutôt dans le développement d'approches différentes de celles qui sous-tendent la programmation linéaire classique (dite « structurée »). C'est déjà le cas aujourd'hui : au lieu des boîtes noires travaillant sur des données fournies en entrée d'un seul coup, en laissant le programme, une fois compilé, agir « tout seul », nous avons la possibilité d'intervenir constamment. Dans la nouvelle approche, pour le dire encore une fois, « l'interaction est plus importante que les algorithmes ». Ainsi les langages logiciels évolués offrent des aspects dynamiques, reconfigurables à tout instant par l'utilisateur : réseaux ouverts, création de classes d'objets « sur la marche », polymorphisme (cf. *infra*), autonomie locale (exécution de parties du programme par simple sélection de portions du script). À ceci il faut ajouter le fait que, à partir de sa discrétisation généralisée, la notation alphanumérique comporte la possibilité de déclarer des interfaces graphiques par l'utilisateur dans le corps même du script : des formes d'onde, des images spectrales, et même de la notation musicale conventionnelle. Il devient possible d'utiliser *au même temps* toutes ces possibilités de représentation (je répète ceci sans cesse, tout au long de ce texte). Cela étant, les scripts alphanumériques, dans leur état actuel de développement, supposent un saut générationnel par rapport aux structures linéaires des programmes de synthèse sonore de la famille historique *Music-N* inaugurée par Max Mathews dans les années 1960³⁷. La problématique du script alphanumérique a donc beaucoup évolué depuis le temps de la programmation linéaire : elle doit aujourd'hui affronter le passage de l'algorithmique pure (transformations « finies » des entrées en sorties, à l'intérieur d'un système fermé) vers les environnements interactifs (processus dynamiques, ouverts vers l'extérieur ainsi que vers le contexte dans lequel ils sont insérés). **Figure 1, page suivante.**

Un autre type de représentation, le *patch graphique*, peut être considéré comme étant un ensemble de scripts alphanumériques encapsulés dans des objets graphiques qui constituent leurs abstractions, et qui présentent une manière différente de concevoir des *interfaces utilisateur*. Des bibliothèques faisant partie du système contiennent des objets déjà compilés, prêts à s'interconnecter selon un plan fonctionnel pensé par l'utilisateur, afin d'atteindre ses projections opératoires. Il est aussi possible de construire de nouveaux objets externes qui viendront s'incorporer au système. **Figure 2, page 62.**

37. Cf. M. MATHEWS : *The technology of Computer Music*. Cambridge, MIT Press, 1969.

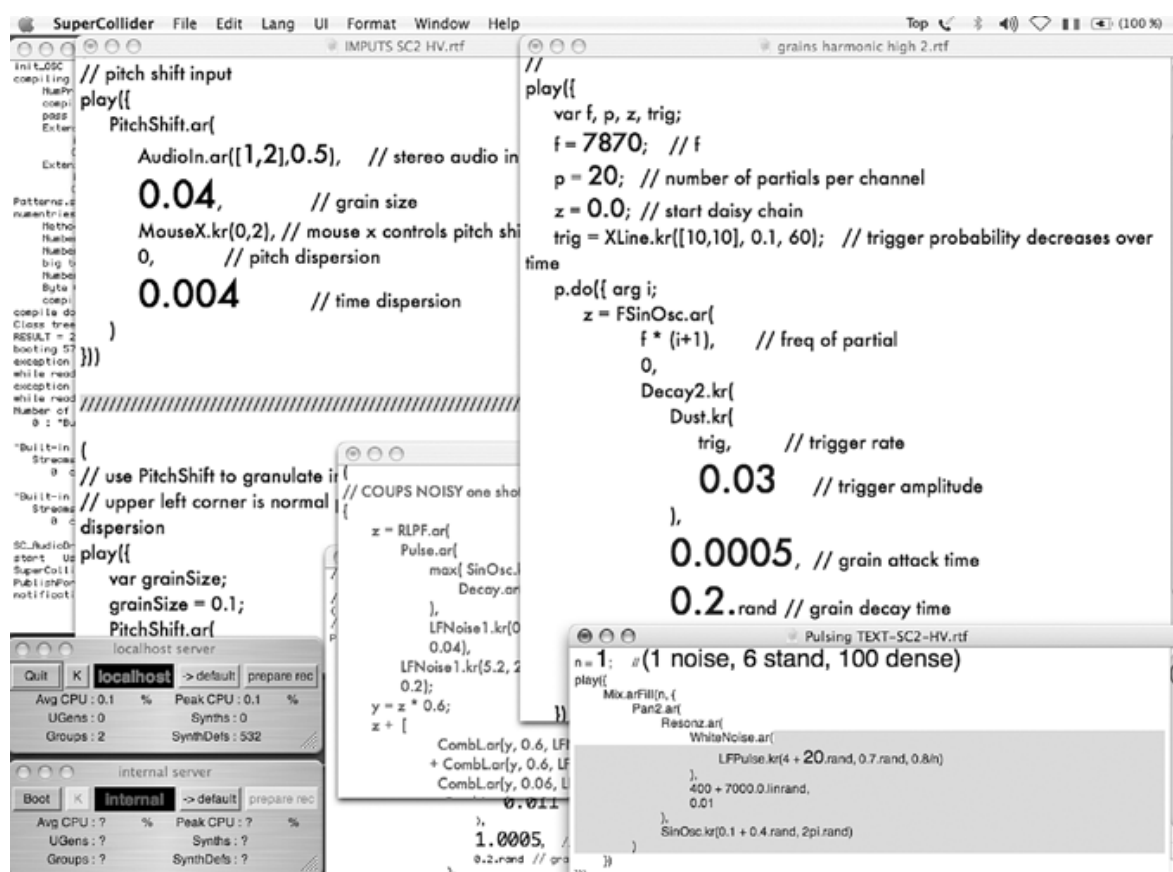


Figure 1 : environnement textuel (SuperCollider) ³⁸

38. Cf. J. MCCARTNEY : « Rethinking the Computer Music Language : SuperCollider ». *Computer Music Journal* 26:4, p. 61-68, 2002. Les objets symboliques ici montrés (permettant une performance, et donc la réalisation de multiples variantes) peuvent s'activer simultanément maintes fois. Dans chacune de leurs instances superposées, il est possible de changer à tout moment les valeurs de toutes les variables, ainsi que les déclarations des variables elles-mêmes. Des applications diverses peuvent s'instancier simultanément dans *SuperCollider* comme autant de strates d'un dispositif pluriel, leur nombre étant limité seulement par la taille de la mémoire tampon de l'ordinateur hôte. Ceci est techniquement possible à cause de l'architecture du système, qui comporte une séparation stricte entre le « moteur de synthèse » et les données qui lui sont soumises par le musicien. Cette caractéristique favorise la pratique du « live coding » : l'écriture de lignes de code « sur la marche ».

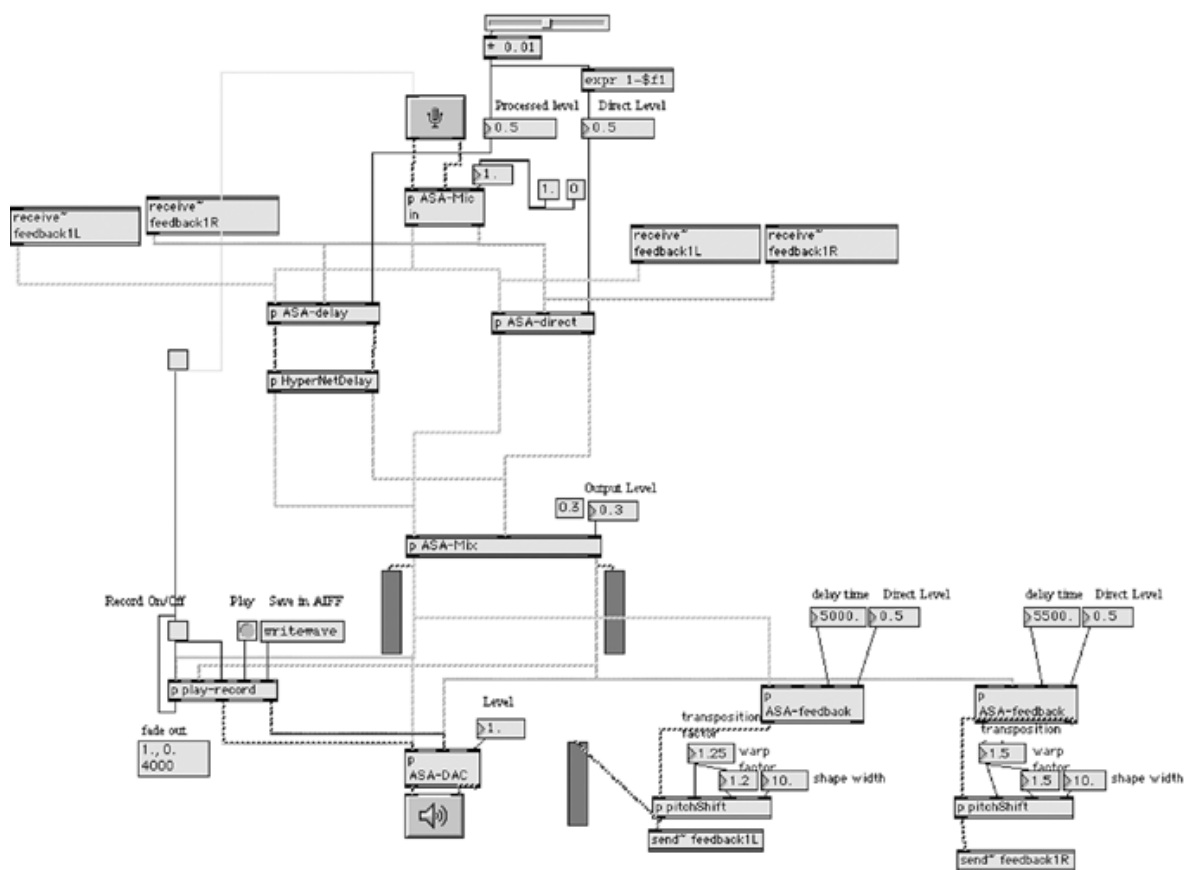


Figure 2 : patch graphique (Max/MSP) 39

Un patch graphique se présente comme une interface qui est à la fois une abstraction d'une fonction d'un dispositif de génération ou de transformation d'entités sonores. La fonction « encapsulée » dans un patch peut couvrir un grand nombre d'échelles temporelles s'étalant entre le micro-temps et le macro-temps. Un patch cache toujours d'autres patches, qu'on appelle « sub-patches », car ils constituent des abstractions

39. Sur les idées sous-tendant Max/MSP, cf. M. PUCKETTE : « Max at Seventeen », *Computer Music Journal* 26:4, 2002. Le patch montré dans la figure 2 a été réalisé par Phivos Kollias (CICM), dans le cadre d'une recherche « systémique » portant sur l'auto-organisation et l'émergence à partir de la notion de feedback. Concernant ce thème, voir le texte de M. Solomos (dans ce volume) dédié à l'approche d'A. Di Scipio, dont l'œuvre musicale est pionnière dans ce domaine (à propos des assumptions épistémologiques de ce compositeur, cf. la référence donnée *supra*, section Émergences 1). Voir aussi le texte de S. Bokesoy sur ses propres travaux sur ce sujet : « Feedback Implementation Within a Complex Event Generation System for Emergent Sonic Structures », *Proceedings of the Int. Computer Music Conference*, New Orleans, 2006.

d'autres fonctions associées, nécessaires à sa construction. Bien entendu, le patch « principal » peut à son tour s'insérer dans un autre patch construit en amont, contenant encore d'autres fonctionnalités, en ainsi de suite (c'est pourquoi on parle d'« abstractions » pour se référer aux fonctionnalités de chaque patch). Le patch « complet », contenant toutes les fonctions (tous les sub-patches) correspond à la totalité d'un dispositif donné, par exemple, un dispositif mis en place pour une performance interactive ⁴⁰.

TEMPS CIRCULAIRE, TEMPS SÉQUENTIEL, TEMPS STRATIFIÉ

Un patch (graphique ou alphanumérique) est par nature sous-tendu par un certain fonctionnement circulaire du temps, qui est celui des boucles conditionnelles (si...alors) de la programmation « structurée » ⁴¹. Dans les systèmes classiques de synthèse sonore numérique du type *Music-N* créés par Max Mathews ⁴², cet aspect circulaire était compensé par la notion de « liste de notes » (*notelist*), destinée à établir un temps séquentiel dans lequel venaient s'inscrire les instances successives des instruments logiciels déclarés séparément ⁴³. Il s'agissait donc de prélever des états de la trame des boucles conditionnelles, afin de déterminer le début et

40. Naturellement, rien n'empêche d'utiliser ces patches en situation de studio, pour la réalisation de musiques électroacoustiques sur support. En ce qui concerne les musiques mixtes, il existe à l'heure actuelle des milliers de patches élaborés dans des environnements de programmation graphique tels que *Max/MSP* ou *PureData*, pour ne mentionner que les plus répandus. Pratiquement tous les compositeurs travaillant dans le domaine des musiques mixtes en font usage comme partie intégrante de leurs œuvres, souvent en fournissant les patches dans le même document que la partition graphique instrumentale : de plus en plus de partitions instrumentales sont accompagnées d'un CD ou un DVD contenant les patches nécessaires à l'exécution de la partie électroacoustique de l'œuvre.

41. Cf. T. WINOGRAD : « Beyond Programming Languages ». *Communications of the ACM* 22 (7), 1979.

42. M. MATHEWS : *The Technology of Computer Music*, op. cit.

43. Voir le *Catalogue de sons synthétisés par ordinateur* de J.C. Risset (1969, publié en 1999 dans le livret accompagnant *The Historical CD of Digital Sound Synthesis*, WERGO, Mainz). Il contient non seulement les « recettes numériques » d'une foule de sons, mais aussi des exemples de ce qui était la pratique du *patch* (« *data flow* » ou « *flow chart* ») à l'époque pionnière de la synthèse sonore. Bien entendu, la programmation classique avait un contenu très faible en termes d'interaction : les programmes, en mode « batch », étaient des boîtes noires qui traitaient les données sans aucune possibilité d'intervention pendant leur déroulement. Récemment, A. de Sousa Dias a développé des outils de transcodage pour faire migrer des partitions

la fin des instanciations d'un « instrument » logiciel (déclaré séparément dans le programme). La dénomination « liste de notes » est cependant trompeuse, car, bien qu'elle fasse allusion à des « listes » d'instances, les éléments de ces listes ne sauraient aucunement s'assimiler aux « notes » de la notation musicale conventionnelle – car ici les éléments des listes peuvent être de n'importe quel ordre de grandeur temporelle, et donc représenter, notamment, des durées appartenant par définition au domaine du micro-temps (figure 3).

	start		duration	amp	location
;					
note	0	keyfig1	.58	1.	0 0 1 0;
note	0	specat1	.43	.8	1 0 0 1;
note	.5	keyfig2	.34	.5	0 1 0 0;
note	.5	flowbis	.16	1.	1 0 1 0;
note	.8	keyfig3	.50	.4	0 1 0 1;
note	.1	harmona	.16	1.	0 0 1 0;
note	.3	specat3	.58	1.	0 1 1 0;
note	.9	specat1	.43	.6	1 0 0 1;
note	.5	flowbis	.8	.5	0 1 0 0;
note	.5	flowbis2	.19	.8	0 0 1 0;
note	.5	keyfig3	.50	.9	0 0 0 1;
note	.7	harmob	.16	1.	0 0 1 0;

Figure 3 : « liste de notes » dans Cmusic (1987) ⁴⁴

Roger Dannenberg avait élaboré à la fin des années 1980 un modèle, dans le domaine de la synthèse sonore numérique, basé sur le couple

alphanumériques classiques (notamment celles de Risset, écrites dans le langage Music V) vers d'autres environnements plus actuels (MaxMSP et OpenMusic); cf. A. DE SOUSA DIAS : *L'objet sonore : situation, évaluation et potentialités*. Thèse de doctorat, CICM, Université de Paris VIII, 2005. Cf. aussi A. DE SOUSA DIAS : « Transcription de fichiers Music V vers Csound à travers OpenMusic ». *Actes des Journées d'informatique musicale* (JIM) 2003. Sur la problématique du transcodage, cf. A. DE SOUSA DIAS et P. FERREIRA LOPES : « Kitty : A package for external patches communication management in MaxMSP – A Progress Report ». *Proc. of the Int. Computer Music Conference*, Barcelone, 2005.

44. Extrait de la liste de notes d'un fragment de ma pièce *Tar*, pour clarinette basse et ordinateur (1987), utilisant le langage Cmusic, l'un des descendants de la famille historique de programmes Music N de Max Mathews. Chaque ligne de la liste est une instance d'un instrument logiciel (déclaré séparément) : d'où les noms « keyfig1 », « specat1 », « keyfig2 », etc. Aucune « note » de cette liste ne dure plus de 58 ms. Les deux premières notes commencent au temps 0. Les autres notes commencent aux valeurs indiquées en secondes, sur des durées indiquées en millisecondes. Elles ont des amplitudes individuelles et des localisations dans un espace quadruphonique. La partition complète de ce fragment comporte 870 lignes. Cf. C. Roads : *Microsound*. Cambridge, Ma., The MIT Press, 2002.

« ressource – instance »⁴⁵ permettant de penser des fonctionnalités découlant de diverses classes de représentation. J'ai travaillé, à la même époque, sur un concept d'*objet logiciel*, dans le but explicite d'« encapsuler » divers types de représentation (autant circulaires que séquentiels) dans une entité multiple destinée à être mise en réseau et travaillée à des échelles temporelles multiples⁴⁶. À ce moment (comme c'est d'ailleurs le cas aujourd'hui) il s'agissait de répondre au besoin de développer des moyens pertinents d'articulation du point de vue compositionnel⁴⁷. Dans les systèmes actuels, nous trouvons également des *notelist*, bien qu'elles se présentent autrement que leurs ancêtres de la famille *Music N*, et que les concepts d'instanciation (d'objet de représentation temporelle) et de ressource (de fonction déclarée hors temps) ont amplifié grandement leur portée, dans le sens d'une stratification des classes de représentation du temps musical. Les « notes » des systèmes actuels de synthèse sonore sont des objets dont les cycles (les ressources situées en amont) se trouvent contrôlés au moyen d'outils stratifiés (comportant plusieurs représentations qui coexistent dans le même objet) ; leurs instanciations sont à considérer *in fine* comme des manifestations d'un temps articulé à plusieurs niveaux (au lieu de constituer un seul processus linéaire et continu)⁴⁸. Dans *SuperCollider* (figure 1), il y a une structure d'objets et de classes qui permettent de construire des temporalités autant circulaires que linéaires, et ceci à toutes les échelles de grandeur. L'environnement graphique *MaxMSP* (figure 2) est, selon Miller Puckette, « ...orienté vers des processus plutôt que vers des données. (Il n'y a pas, par exemple, de notion interne de partition musicale) »⁴⁹. Cependant, l'absence de « notion interne de partition » se trouve également compensée (même si le langage est « orienté processus ») par la disponibilité de quelques objets incorporant une irréversibilité temporelle, articulée à partir de quelques contraintes clairement établies : ce sont les *timelines*,

45. R. DANNENBERG, D. RUBINE, T. NEUENDORFFER : « The Resource-instance Model of Music Representation », *Proceedings of the Int. Computer Music Conference* (Montreal), San Francisco, ICMA, 1991.

46. H. VAGGIONE : « A Note on Object-Based Composition ». In O. Laske (Ed.) : *Composition Theory*. Interface, Journal of New Music Research, 20 (3-4), 1991.

47. Dans « Son, temps, objet, syntaxe », op. cit., on trouvera des références à des diverses approches de la notion d'objet logiciel, autant du point de vue informatique que compositionnel.

48. C'est en fait la confrontation entre ces temporalités qui m'a poussé, dans le cadre des systèmes classiques de synthèse sonore, à chercher de les encapsuler dans un seul et même « objet logiciel ». Cf. H. VAGGIONE, « A note on object-based composition », op. cit.

49. M. PUCKETTE : « Max at Seventeen », op. cit.

les *qlists*, les suiveurs de partitions⁵⁰, les dispositifs d'inter-modulation temporelle (*mapping*)⁵¹. Ces objets nous permettent de garder un lien avec l'écriture musicale, au sens large : de garder accessible la possibilité d'*articuler un parcours temporel explicitement énoncé*.

Cela dit, comme on vient de le voir, l'écriture musicale n'est pas seulement séquentielle : elle tisse des figures dans leur temps propre, car il s'agit d'événements singuliers. En outre, des myriades d'opérations *hors temps*⁵² sont nécessaires pour composer une œuvre musicale. Des critères hiérarchiques comme ceux de classe et sub-classe, des transferts de flux morphologiques comme l'héritage d'attributs, sont à la base d'ensembles d'objets pouvant être travaillés à diverses échelles, des objets pouvant ensuite être soumis à des nouvelles cascades d'opérations (y compris de critères de variation par *polymorphisme*⁵³). Le temps séquentiel lui-même, enfin, d'un point de vue multi-échelle, n'est pas un temps

50. Cf. M. PUCKETTE : « Explode, a User Interface pour Sequencing and Score Following », *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC)*, Glasgow, 1990. La version 5 de MaxMSP contient l'objet *live*, permettant de mettre en séquence divers types de représentation.

51. Concernant les techniques de *mapping* (mise en correspondance) : on peut les considérer comme des techniques d'articulation temporelle dans la mesure où la mise en correspondance de deux, ou plus, morphologies n'est pas conçue comme une simple opération linéaire, mais qu'elle se présente en tant que jeu stratifié (autant que l'est, dans la notation macroscopique, le couple mètre-rythme, ou bien, dans le traitement du signal, la technique de convolution – cf. *supra*). Sur les diverses fonctions du *mapping* cf. A. SEDES : *De l'espace sonore à la visualisation du son*, dossier HDR, Université de Paris VIII, 2007. Sur le couple mètre-rythme cf. H. VAGGIONE : « Son, temps, objet, syntaxe », op. cit. Sur la convolution, cf. H. VAGGIONE : « Transformations morphologiques et échelles temporelles : quelques exemples », *Actes des Journées d'informatique musicale (JIM)* 1998, Marseille, LMA/CNRS.

52. La catégorie « hors temps » se réfère aux réservoirs d'attributs qui sont définis préalablement à leurs instanciations en-temps. Même en absence de notation (c'est le cas des musiques dites traditionnelles, ou en général des musiques improvisées) le musicien travaille à partir d'un espace de relations postulé dans lequel on trouve des gammes, des figures mélodiques, des grilles métriques, des objets rythmiques, des modes de jeu : des ensembles constitués par plusieurs niveaux de symbolisation, définis hors temps, formant un vaste réservoir fini mais illimité qui s'actualise et s'articule à chaque performance. Pour une discussion sur la catégorie hors temps chez Xenakis, cf. M. SOLOMOS, A. SOULEZ, H. VAGGIONE : *Formel-informel : musique et philosophie*, op. cit.

53. Avec le terme *polymorphisme*, « on désigne un fait basique qui concerne la communication (interaction) à l'intérieur d'un réseau d'objets logiciels : les noms des objets sont manipulés d'une manière telle que des objets recevant des « messages » (des activations) identiques peuvent produire des résultats tout à fait différents (puisque ces mêmes messages activeront, pour chaque objet, des propriétés et des méthodes

simplement linéaire, car les diverses échelles présentes dans un processus musical créent, à partir de leur mise en interaction, des interférences, des intermittences, des « sauts » d'échelle clairement perceptibles. Bien entendu, tout cela n'invalide pas la présence d'un temps matriciel irréversible, celui des « structures dissipatives » dont je ferai référence dans la section suivante.

Les environnements évolués de manipulation graphique de données numériques montrent une tendance à se doter d'objets qui échappent à la seule temporalité circulaire, afin d'intégrer les produits de cette dernière dans un ensemble de moyens d'écriture. L'environnement *OpenMusic*, par exemple, conçu comme un environnement multi-représentation à base de patches graphiques, incorpore notamment la notion de « maquette »⁵⁴, qui constitue un espace opératoire dans lequel les configurations connectent des « *time-based containers* » : représentations numériques diverses (formes d'onde, fichiers MIDI, notations conventionnelles) basées sur le modèle de la « flèche du temps », sans pour autant cacher ou annuler d'autres formes de temporalité⁵⁵. On peut mentionner également *PWSynth*, une application faisant partie de l'environnement *PWGL* dont le but est d'offrir un pont entre « ce qui auparavant était considéré comme appartenant à deux mondes différents » (la composition macroscopique et la synthèse des sons) : elle peut être utilisée comme un éditeur de partitions en notation musicale conventionnelle, servant de plus à contrôler des aspects de la synthèse sonore⁵⁶.

spécifiques). Appliqué à un processus de composition, le polymorphisme des messages introduit également, comme l'héritage d'attributs, *une forme de connectivité centrée sur l'apparition de propriétés émergentes à l'intérieur d'une configuration spécifique*. Si le même message peut activer des comportements différents au moment d'être reçu par des objets divers dont les méthodes se manifestent chacune selon ses propriétés spécifiques, on peut donc penser cet aspect en tant que « composition » des protocoles d'instanciation, définis en vue de ses résultats musicaux, comme partie intégrante d'un processus général de composition. Une polyphonie d'objets se constitue donc au moyen d'une polyphonie de méthodes des objets, mais également au moyen d'un réseau de messages qui définissent et régulent les apparitions, superpositions, altérations, éloignements, perspectives ». (H. VAGGIONE : « Objets, représentations, opérations » (1995), op. cit.).

54. On trouvera des exemples de « maquettes » *OpenMusic* dans l'article de K. Haddad, dans ce volume.

55. Cf. C. AGON (1998) : *OpenMusic : un langage visuel pour la composition assistée par ordinateur*, Thèse de doctorat, Université de Paris VII. Voir aussi : G. ASSAYAG, C. RUEDA, M. LAURSON, C. AGON, O. DELERUE (1999) : « Computer-Assisted Composition at Ircam : from Patchwork to OpenMusic », *Computer Music Journal*, vol 22 n° 3, p. 59-72.

56. Cf. M. LAURSON ET V. NORILO : « Recent developments in PWSynth », *Proceedings of the DAFx 03 Conference*, Londres, 2003.

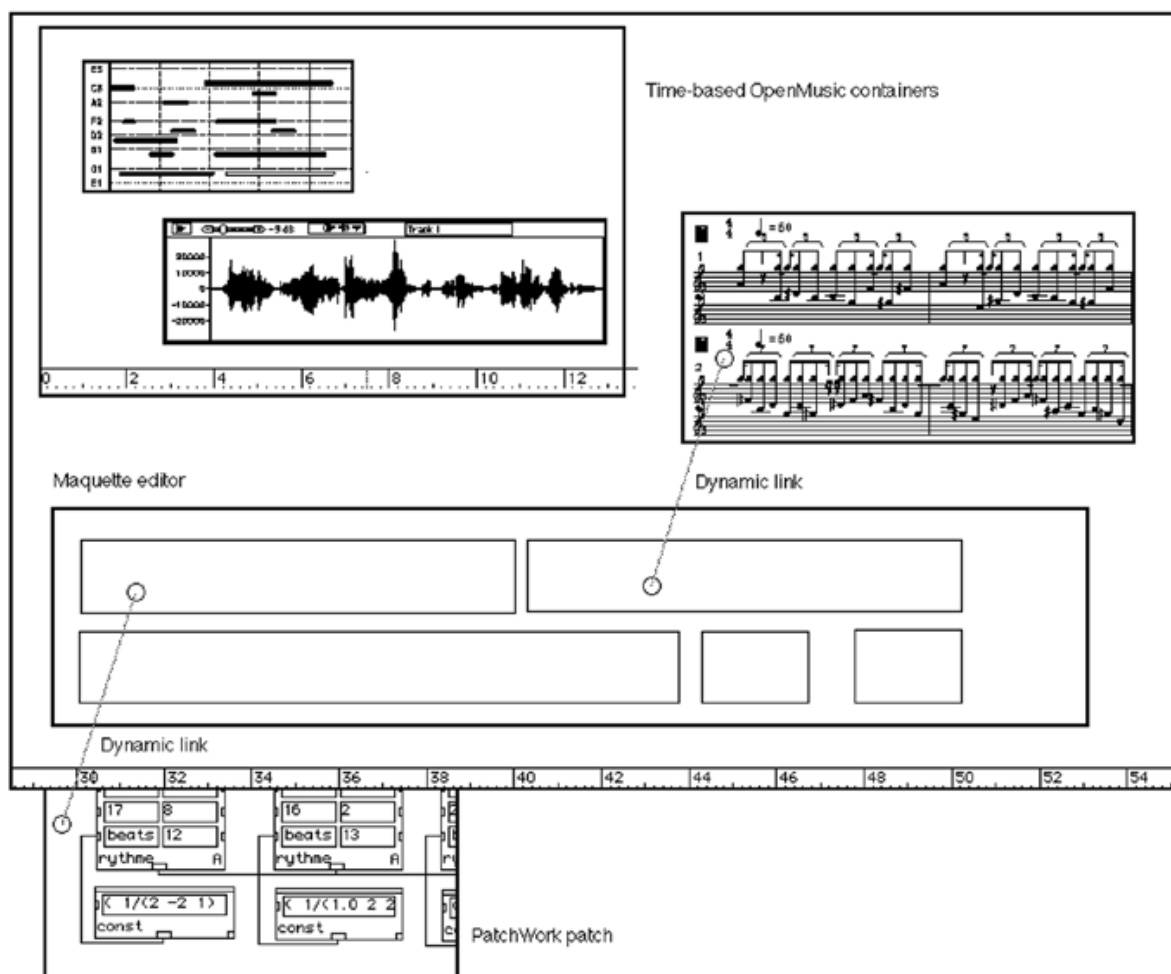


Figure 4 : le principe de la « maquette » dans OpenMusic⁵⁷

Nous trouvons aujourd'hui un certain nombre d'exemples d'applications logicielles dont la devise est d'implémenter un temps à multiples strates, et donc conçus de façon beaucoup plus flexible que les séquenceurs

57. Il s'agit de l'une des premières formulations (dans les années 1990) : on remarque l'apparition d'une *timeline* (le cadrage temporel en secondes, absent du modèle des patches graphiques). Les « time-based containers » sont connectés à la maquette par des « dynamic links ». Cf. ASSAYAG, G. : « L'architecture d'OpenMusic », document interne Ircam. Cf. aussi les références signalées dans la note 55 (ce texte). Pour une chronologie des développements d'OpenMusic, cf. le site Web de l'équipe Représentations Musicales (RepMus) de l'Ircam.

traditionnels. On pourrait citer le « séquenceur de scènes » en cours de développement dans le cadre du projet *Virage*⁵⁸.

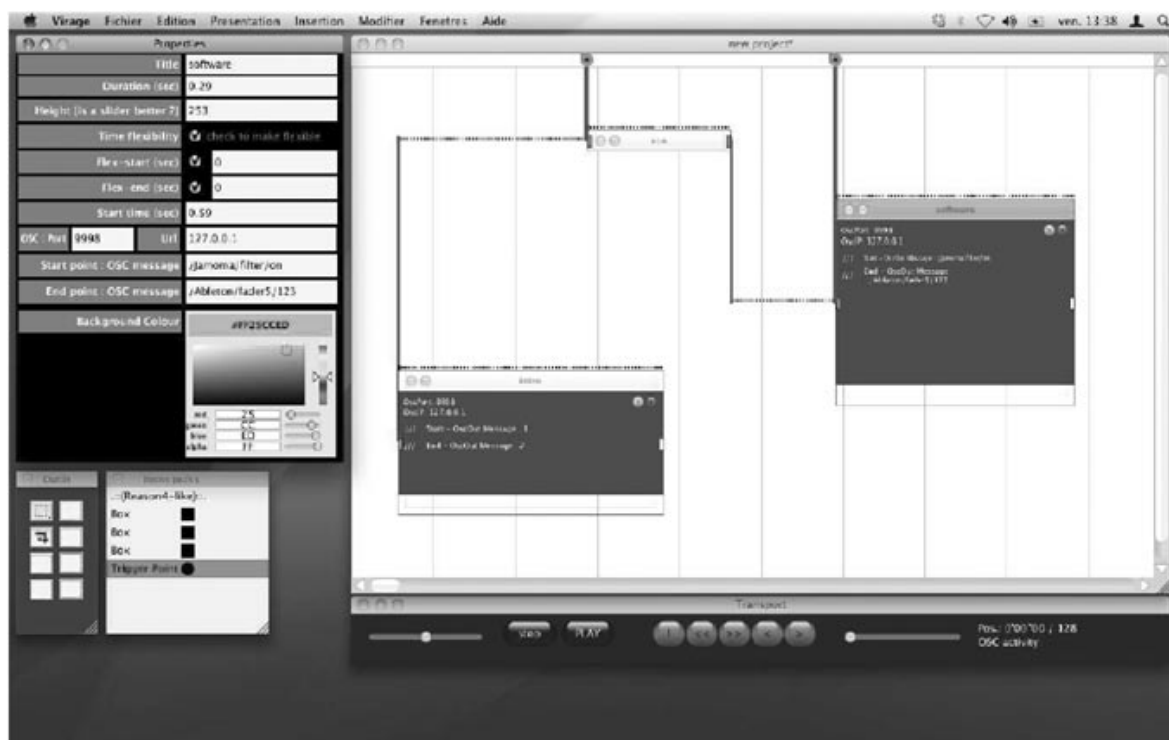


Figure 5 : « séquenceur de scènes » du projet *Virage*

Parmi les logiciels graphiques évolués de composition musicale, on peut mentionner *Irin*, qui constitue une implémentation assez rigoureuse d'une approche multi-échelle, axée sur une micro-écriture des sons autant que sur des agencements de toutes tailles temporelles⁵⁹.

58. Cf. P. BALTAZAR, A. ALLOMBERT, R. MARCZAK, J.M. COUTURIER, M. ROY, M. DESAINTE-CATHERINE, A. SEDES : « Virage : une réflexion pluridisciplinaire autour du temps dans la création numérique ». *Actes des journées d'informatique musicale (JIM) 2009*. Virage est un projet qui regroupe des chercheurs de diverses équipes : le LaBRI de Bordeaux, le GMEA d'Albi, le CICM de Paris VIII et la société privée Blue Yeti. (Cf. le site www.plateforme-virage.org).

59. C. CAIRES : *Algorithmes de composition : Exemples d'outils informatiques de génération et manipulation du matériau musical*, thèse de doctorat, CICM, Université de Paris VIII, 2006. Voir aussi : C. CAIRES, « Vers une écriture des processus de micromontage », *Actes des Journées d'informatique musicale (JIM) 2003*, Montbéliard, ENSM ; C. CAIRES, « Micromontage in a Graphical Sound Editing Tool », *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC) 2004*, San Francisco, ICMA. Le logiciel Irin est téléchargeable gratuitement sur le site du CICM (<http://cicm.ms-hparisnord.org>).

Développé par Carlos Caires dans le cadre d'une thèse de doctorat au CICM, à partir d'un ensemble de patches réalisés dans l'environnement MaxMSP, *Irin* travaille sur la base d'un matériau sonore qui se présente comme une collection de formes d'onde. Cependant, la véritable assumption opératoire qui sous-tend ce logiciel considère un travail morphologique sur le son comme étant une action d'écriture directe, en faisant passer la forme d'onde du stade de signal à celui de symbole (édition de figures, mésostructures, multivariables, encapsulations, classes d'objets, etc.). Le concept de « piste » est bouleversé, car on peut avoir plusieurs fichiers de son activés sur la même piste. Ceci signifie que le concept de « figure » est implanté à ce niveau : un « éditeur de figures » permet de réaliser des opérations sur des fragments prélevés des formes d'onde de plusieurs sons, afin de les prendre comme faisant partie d'une seule entité articulée, soumise à des opérations diverses, telles que rotation, inversion, transposition, etc. : les mêmes opérations qu'on pourrait réaliser avec une écriture musicale conventionnelle, plus d'autres impossibles à réaliser autrement que par le truchement des moyens numériques. Le travail sur la décorrélation des phases est un exemple de ces dernières : il permet d'effectuer une localisation spatiale précise de chaque grain, en créant des véritables figurations spatiales⁶⁰. En plus des figures granulaires créées par édition directe (manuelle), le logiciel offre un algorithme de granulation avec lequel on peut réaliser des séquences granulaires générées algorithmiquement, et dont le produit peut être récupéré dans l'éditeur de figures pour un travail manuel subséquent. Les produits de ces opérations seront par la suite ressemblés et encapsulés au moyen d'un « éditeur de mésostructures », et finalement déposés sur une *timeline*. On peut dire dès lors que ce logiciel implémente le paradigme de la discontinuité symbolique : « Dans *Irin*, les objets 'existent' au-delà de leur agencement macro temporel dans le *timeline* final. En effet, quand on se réfère à la notion de *figure*, on parle de deux concepts: d'une part, la *figure* spécifique, X ou Y, composée en tant que petite forme musicale (une micro-pièce de quelques secondes), stockée dans une librairie ou déjà agencée dans l'échelle du macro-temps, d'autre part, la *figure* en tant que classe, objet abstrait défini par un ensemble de propriétés et d'opérations »⁶¹. L'écriture directe (manuelle) des figures peut donc res-

60. Cf. H. VAGGIONE : « Décorrélation microtemporelle, morphologies et figurations spatiales du son musical ». *Actes des Journées d'informatique musicale*, Marseille, 2002. Repris dans A. SEDES (éd.) : *Espaces sonores, actes de recherche*, Paris, Éditions Transatlantiques.

61. C. CAIRES : *Algorithmes de composition : Exemples d'outils informatiques de génération et manipulation du matériau musical*, thèse de doctorat, op. cit.

Figure 6 : les outils d'Irin

62. À propos des concepts d'écriture directe et d'édition structurale, je renvoie à un texte de 1996 : « Toute intervention directe peut être considérée comme la déclaration d'un attribut particulier d'une entité quelconque; cet attribut peut dès lors être généralisé à toutes les instances successives de cette entité, et non pas rester isolé dans la localité d'une seule instance – au moins que ceci soit le cas désiré. Ainsi *une action locale d'écriture a bien la possibilité de s'intégrer dans un processus algorithmique, de la même façon dont, symétriquement, le produit d'un processus algorithmique peut être transformé localement par une action d'écriture directe*. De cette symétrie s'en suit une imbrication des deux possibilités d'action, sans qu'aucune ait à souffrir d'une inféodation à l'autre, pouvant au contraire amplifier mutuellement leurs implications, intégrant choix et contrainte, changement et héritage, localité et vectorisation ». H. VAGGIONE : « Vers une approche transformationnelle en CAO », op. cit.

IRRÉVERSIBILITÉ

Considérons maintenant la réciprocité des variables, ou des attributs, d'un son. On sait par exemple que la hauteur découle d'un tissu de relations temporelles. Tous les attributs d'un phénomène sonore, imbriqués dans toutes les échelles temporelles présentes, contribuent à la définition de la hauteur perçue. Mais ce qui paraît aujourd'hui une évidence l'est depuis très peu de temps : depuis que le paradigme « harmonique » classique, qui voyait le spectre comme une simple addition de partiels statiques, a cédé la place à un autre paradigme dans lequel les rapports temporels sont à la base d'une structure émergente, à la fois symbolique et énergétique. C'est à cet état de choses que je fais très souvent référence en parlant de « structures dissipatives »⁶³, c'est-à-dire, de *morphologies inscrites dans un temps irréversible*. Le caractère dissipatif des sons musicaux découle de l'aspect dynamique de leurs enveloppes temporelles considérées en tant qu'actions irréversibles, dissipant de l'énergie, et non pas en tant que formes d'onde stables. Les conséquences de ce changement de perspective sont de taille. Le domaine des hauteurs n'est plus à concevoir seulement sur le modèle de l'oscillateur harmonique entretenu (cas le plus simple et musicalement le moins intéressant), mais sur un autre modèle qui considère la hauteur comme étant le produit d'une interaction de toutes les variables mises en jeu.

On se rappelle des visées de Norbert Wiener (dès 1925) prenant pour cible l'analyse harmonique classique (infinie) de Fourier :

a) « À première vue, la notation musicale semble être un système dans lequel les vibrations peuvent être caractérisées de deux façons indépendantes : d'après la fréquence et d'après la durée dans le temps. (Mais) une assomption plus fine sur la notation musicale doit reconnaître que les choses ne sont pas aussi simples. *Le nombre d'oscillations par seconde exprimé par une note, étant quelque chose de l'ordre de la fréquence,*

63. Le terme vient de Prigogine. Cf. P. GLANSDORF et I. PRIGOGINE : *Structure, stabilité et fluctuations*, Paris, Masson, 1971 ; I. PRIGOGINE : *Physique, temps et devenir*, Paris, Masson, 1980. Il appartient à la dynamique des systèmes différentiels : les systèmes dissipatifs, au contraire des systèmes hamiltoniens, sont des dynamiques « qui ont pour courbes intégrales les lignes de gradient d'une fonction (si cette fonction, ou plutôt son opposé, est pensée comme étant un « énergie ») : on voit que l'énergie se dissipe au cours du mouvement » (A. CHENCINER, « Lexique », in R. THOM : *Prédire n'est pas expliquer*, Paris, Flammarion, 1993). Ce qui est important de retenir est que, du point de vue mathématique, les systèmes dissipatifs sont à l'opposé des systèmes hamiltoniens basés sur le modèle de l'oscillateur harmonique.

est aussi quelque chose de distribué dans le temps. En fait, la fréquence d'une note et sa temporalité interagissent de façon très compliquée »⁶⁴.

b) « Attaquer et arrêter une note implique une altération de sa composition en fréquence, altération qui peut être petite, mais très réelle. Une note durant seulement un temps fini est analysée comme une bande de mouvements harmoniques simples, aucun d'entre eux ne pouvant être pris comme le seul mouvement harmonique présent. Une précision dans le temps signifie une certaine imprécision dans la hauteur, de même qu'une précision dans la hauteur implique une indifférence au temps »⁶⁵.

Les approches granulaires d'analyse et synthèse sonore, implémentées sous forme numérique⁶⁶ à partir des années 1980, ont pu naître des mêmes constats. C'est pourquoi la synthèse granulaire, au sens large, a signifié le développement d'un nouveau paradigme, non seulement par rapport à l'analyse harmonique et à la dualité onde-corpuscule, mais aussi à une nouvelle perspective concernant le couplage d'échelles temporelles diverses (de divers types de granularité). Cette nouvelle perspective inclut, bien entendu, l'aspect dissipatif et irréversible (sa continuité étant composée de phénomènes transitoires, tout au long de sa manifestation). Le son musical découle d'une situation *loin de l'équilibre*, dont la structure est hautement stratifiée, faite de moments agglutinés, à la manière d'un mille-feuille.

L'analyse classique de Fourier (qui représente les composantes fréquentielles instantanées, ainsi que leurs amplitudes, d'un son théoriquement infini, sans nous donner aucun renseignement sur le devenir temporel) constituait un modèle opératoire bien adapté à la théorie de l'harmonie fonctionnelle, dont le centre d'intérêt était dirigé vers les opérations macroscopiques d'enchaînement des accords, plutôt que vers le contenu morpho-dynamique des sons utilisés. Ce paradigme classique est celui qu'a connu Schönberg : on peut interpréter dans ce contexte ses références au « timbre » ou « couleur du son » (*klangfarben*), no-

64. N. WIENER : « Spatio-temporal continuity, Quantum Theory and Music ». In M. Capek (éd.) : *The Concepts of Space and Time*. Boston, Reidel, 1975, p. 544. C'est moi qui souligne.

65. N. WIENER : « Spatio-temporal continuity, Quantum Theory and Music », op. cit.

66. C. ROADS : « Automated Granular Synthesis of Sound ». *Computer Music Journal* 2 (2), 1978 ; C. Roads : *Microsound*. Cambridge, MA., MIT Press, 2002. B. Truax : « Real-Time Granular Synthesis with a Digital Signal Processing Computer », *Computer Music Journal*, 12 (2), 1988.

tamment celles du *Traité d'Harmonie*⁶⁷. Il représente le stade ultime de la très longue – et très lente – évolution historique de la « science harmonique », avant que l'introduction d'un temps irréversible ne vienne changer la perspective⁶⁸.

Dans une approche sous-tendue par le principe d'un temps irréversible, la hauteur n'est pas un « paramètre » absolu, mais le résultat de multiples interactions. Elle constitue un aspect important des morphologies musicales, mais cet aspect n'est pas isolé des autres contingences, des multiples temporalités qui contribuent à l'émergence de ces morphologies. En introduisant le caractère irréversible – dissipatif – du temps, nous avons un autre cadre nous permettant d'inclure le phénomène de la hauteur, sans le réduire à celui de l'oscillateur entretenu. Ce cadre alternatif comporte des implications qui pointent vers une réciprocity phénoménale. La hauteur, dans ce cadre, est un attribut morphologique aux multiples facettes, un vecteur résultant d'un grand nombre de facteurs intriqués, incluant des états focalisés autant que distribués.

DUALITÉ HAUTEUR-TEMPS

Résumons. Un son instrumental ou naturel, contrairement à un son produit par un oscillateur entretenu, n'est jamais absolument périodique : il comporte des variations instantanées (de hauteur, d'intensité, et ainsi de suite, c'est-à-dire de tous ses attributs qui se présentent non pas comme des variables autonomes, mais comme des qualités qui *émergent* d'un large champ d'interactions). Un son instrumental ou naturel n'est presque jamais stable, mais consiste en une succession de « transitoires », tout au long de sa manifestation (et non seulement au niveau de l'attaque ou l'extinction). C'est ici qui réside la difficulté d'une représentation *exclusivement ondulatoire* du sonore : elle échoue à décrire le caractère dynamique. Un problème apparemment du même ordre avait émergé au début du xx^e siècle avec la physique quantique. Norbert Wiener l'avait remarqué dans sa conférence de 1925 : « Pour voir la relevance de mes idées dans le développement de la théorie quantique, on doit remonter à quelques années, au temps où Werner Heisenberg formulait son principe de dualité, ou indéterminisme. (...) Heisenberg avait observé que,

67. A. SCHÖNBERG, *Harmonielhere* (Traité d'harmonie). Première édition 1911, révision 1922. Vienne, Universal Edition.

68. Pour une discussion à propos de l'idée de *klangfarben* chez Schönberg, voir M. SOLOMOS, A. SOULEZ, H. VAGGIONE : *Formel-informel : musique et philosophie*, op. cit., p. 160-176.

sous les conditions sous lesquelles une position (d'une particule) peut se mesurer avec une haute précision, un moment, ou une vitesse, peut se mesurer seulement avec une basse précision, et *vice-versa*. Cette dualité est exactement de la même nature que la dualité entre hauteur et temps en musique »⁶⁹.

Il est à signaler cependant (Wiener ne le dit pas) que la même « dualité entre hauteur et temps » se retrouve dans la représentation de la forme d'onde (qui est à la base de la technique de l'échantillonnage et donc de la description numérique du son). La forme d'onde constitue une représentation bidimensionnelle dans laquelle l'axe vertical est réservé à l'amplitude, tandis que temps et fréquence se confondent dans un seul axe horizontal. Dans sa forme la plus « dilatée » (à des échelles de l'ordre des millièmes de seconde) elle représente la fréquence sous forme ondulatoire (en tant que cycles-par-seconde), mais elle est moins parlante en ce qui concerne l'enveloppe d'amplitude projetée dans le temps. À l'inverse, dans sa forme la plus « contractée » (approchant des échelles de l'ordre des secondes) elle ignore les fréquences, mais elle donne un aperçu du profil morpho-dynamique.

Je vais me référer dans la section suivante à cette dualité implicite signalée par Wiener, que l'on retrouve dans toutes les représentations bidimensionnelles du sonore⁷⁰. Mais il y a un point préalable que je voudrais commenter, car nous le retrouverons aussi au moment de parler du transfert catégoriel du signal au symbole opératoire musical. Wiener cherchait, en bon scientifique, une réponse « naturaliste » au problème de l'ambiguïté de la représentation du temps ; on verra que les musiciens prennent les choses autrement, car, pour le dire encore une fois, l'ontologie régionale de la musique n'est pas celle de l'acoustique (bien

69. WIENER, op. cit., p. 545-546.

70. Il faut remarquer que cette dualité n'est pas présente dans les scripts alphanumériques, dans lesquels on peut définir une multiplicité d'échelles temporelles et de dimensions, dont les valeurs sont ici déclarées séparément. C'est pourquoi il me semble que ce mode d'écriture devrait perdurer, et évoluer, notamment par son intégration dans une multi-partition comportant simultanément diverses formes de représentation, incluant les graphiques divers, et, bien entendu, la notation macroscopique conventionnelle. La difficulté d'un travail à base de scripts alphanumériques réside dans le caractère hermétique qu'ils présentent pour les compositeurs non familiarisés. Mais ceci peut être surmonté, avec une certaine fréquentation, car les compositeurs, étant habitués aux abstractions opératoires, peuvent comprendre celles qui sont contenues dans une notation alphanumérique. Une fois de plus : je ne prône pas l'abandon des autres formes de notation, mais leur intégration dans la palette opératoire compositionnelle.

qu'il y ait un « espace » très fertile d'intersection entre les deux)⁷¹. En prenant comme exemple la notation musicale, qui relève en réalité d'une pensée purement opératoire, c'est-à-dire, d'une formalisation valable dans le monde de l'art, Wiener risquait, selon notre point de vue, une réduction physicaliste de cette dernière. Sa visée pouvait être physiquement juste, mais il n'en reste pas moins qu'elle se situait uniquement du côté du signal : Wiener ne se posait pas la question de la symbolisation comme stratégie musicale, qui n'a de rapport avec le signal que dans la mesure où cette stratégie l'utilise (comme support) en visant un travail « constructif » sur les morphologies, et certainement pas une explication d'un aspect du monde phénoménal.

Cela étant dit, on peut donner raison à Wiener sur le fait de l'absence, dans la partition musicale, de projection vectorisée entre les deux temporalités (« temps macroscopique » représenté, et « temps microscopique », sans représentation). Car ceci a donné lieu à une longue série d'efforts dans le domaine scientifique du traitement du signal.

SIGNAUX

Consacrons donc la dernière partie de ce texte au sujet de la représentation du signal physique. Ici nous nous trouvons face à des données produites par des algorithmes d'analyse automatique qui, bien que s'appliquant actuellement à des sons non-stationnaires, multi-périodiques, ne sauraient les décrire qu'à un niveau restreint. Quoiqu'il en soit, il existe actuellement, dans le strict domaine du traitement du signal, un grand nombre de techniques numériques d'analyse-synthèse explorant une confluence entre temps et fréquence, temps et échelle, ou fréquence et échelle. La méthode classique de Fourier a été enrichie à partir des années 1960 par des nombreuses versions qui se basent sur des fenêtres « glissantes », des analyses d'états successifs d'un son, d'états aussi rapprochés que possible, qui se chevauchent afin de capturer son développement temporel. On peut penser – même si cela n'est pas toujours reconnu – que ces techniques ont bénéficié des théories et expériences de Dennis Gabor (1946)⁷², elles-mêmes étant enracinées dans la problématique dualiste de la mécanique quantique, ayant hérité en quelque sorte des questions posées par Wiener dans les années 1920.

71. Cf. H. VAGGIONE : « Singularité de la musique et analyse : l'espace d'intersection », op. cit.

72. D. GABOR : « Theory of Communication ». *Journal of the IEE* 93, 1946. D. GABOR : « Acoustical Quanta and the Theory of Hearing », *Nature* 159, 1947.

Mais Gabor cherchait, au moins autant que Wiener, à s'éloigner du paradigme de Fourier. On doit dans cette perspective mentionner, en tant qu'approches analytiques dynamiques, d'autres dérivées plus directes des théories de Gabor, qui ont ouvert la voie à des méthodes d'analyse temps-fréquence-échelle, comme les diverses *transformées en ondelettes* (*wavelets*), ainsi qu'aux techniques de synthèse granulaire, qui proposent des alternatives au paradigme strictement ondulatoire.

La différence la plus notable entre la transformée en ondelettes de Grossman-Meyer⁷³, par rapport à la transformée originale de Gabor, ainsi qu'à la transformée de Fourier à fenêtre glissante, réside dans le fait que, dans ces dernières, les changements temps/fréquence sont analysés avec un grain (fenêtre) de taille fixe, tandis que dans le cas des ondelettes le grain (l'ondelette analysante) change de taille (se dilate ou se contracte) en suivant ces changements. C'est-à-dire : les ondelettes adaptent leur taille au niveau des périodes. C'est ainsi qu'une fréquence aiguë contracte l'ondelette, et qu'une fréquence grave l'allonge. Le concept d'échelle est fondamental dans cette approche : c'est pourquoi on dit qu'elle correspond à une transformée fréquence/échelle. Mais sa flexibilité par rapport à la « fréquence » (le fait de chercher une résolution variable en termes de cycles par seconde) est aussi une dépendance, qui l'empêche de prendre plus de distance par rapport à l'ancien modèle de Fourier. Il existe aujourd'hui un grand nombre de transformées en ondelettes, en plus du modèle original de Grossman et de Meyer⁷⁴ ; par exemple : les ondelettes de Malval, les paquets d'ondelettes, les « matching pursuits », etc. Quelques-unes, comme les ondelettes de Malval, sont en réalité des reformulations de l'analyse de Fourier, remplaçant la fenêtre fixe de cette dernière par une « fenêtre adaptative ». Les premières explorations (dans les années 1980) laissaient croire à une véritable alternative au paradigme de Fourier. On annonçait une fonction universelle d'analyse de tout signal, une fonction adaptée en temps et fréquence, agissant simultanément sur les deux variables, contrairement à l'analyse classique qui utilise des sinus et cosinus sans aucune limitation quant au temps. Cependant, on a assisté, au fil des années, à une espèce de

73. GROSSMAN, A. M., R. HOLSCHNEIDER, R. KRONLAND-MARTINET, J. MORLEY : « Detection of Abrupt Changes in Sound Signals with the Help of Wavelet Transforms », in *Inverse problems : Advances in Electronics and Electron Physics*, Orlando, Florida, Academic Press, 1987.

74. R. KRONLAND-MARTINET : « The Wavelet Transform for Analysis, Synthesis and Processing of Speech and Music Sounds », *Computer Music Journal*, vol. 12 (4), 1988.
Y. Meyer : *Les ondelettes, algorithmes et applications*, Paris, Armand Colin, 1992.
I. DAUBECHIES : *Ten Lectures on Wavelets*, Philadelphia, SIAM, 1992.

reflux vers l'analyse classique. Car l'intrication temps/fréquence ne se laisse pas délier si facilement par des méthodes cherchant une normalisation. Comme le dit Meyer : « Alors qu'un unique algorithme (l'analyse de Fourier) convient à tous les signaux stationnaires, les signaux transitoires forment un univers si riche et si complexe qu'une seule méthode d'analyse ne peut en venir à bout »⁷⁵.

Voilà encore un exemple de la situation qu'on a décrit dans ce texte sous des angles divers, touchant *le besoin de se situer dans une perspective opératoire multi-locale*. Naturellement, je parle ici en tant que compositeur, intéressé au premier degré par le potentiel morphophorique d'un concept quelconque. Quoi qu'il en soit, les ondelettes nous offrent pour l'instant peu de réalités opératoires, du moins si l'on se place du côté de ses applications au champ musical⁷⁶. Cependant, la piste conduisant à une transformée *fréquence / échelle* applicable aux signaux sonores variant dans le temps devrait sans doute être poursuivie⁷⁷ : les compo-

75. Y. MEYER, op. cit., p. 11.

76. D. Arfib a développé la technique des *gaborettes*, ou *Gabor wavelet transform*, utilisant une représentation temps-fréquence d'après la matrice de Gabor, mais en ajoutant une représentation de la phase (phasogramme) proche de celle des ondelettes. Il a réalisé le logiciel *Sound Mutations*, qui implémente cette technique développée au LMA-CNRS de Marseille. Cf. D. ARFIB : « Analysis, transformation and resynthesis of musical sounds with the help of a time-frequency representation », in De Poli et al. (éds) : *Representation of Musical Signals*. Cambridge, MA., MIT Press, 1991 ; D. ARFIB et N. DELPRAT : « Sound Mutations, a program to transform musical sounds », in *Proceedings of the Int. Computer Music Conference*, San Francisco, ICMA, 1992. ; et aussi D. ARFIB et N. DELPRAT : « Musical Transformations through modifications of time-frequency images », *Computer Music Journal* 17 (2), 1993.

77. L'approche « Matching Pursuits » semble, quant à elle, avoir pris de l'avance par rapport aux anciennes ondelettes. Un travail de recherche est maintenant en cours sur le développement cette technique, retenant la base des « dictionnaires » et de la « décomposition » propre aux propositions de S. Mallat. Voir Ch. BASCOU et L. POTTIER : « New Sound decomposition method applied to granular synthesis », *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC)*, Barcelone, 2005. Voir aussi S. Mallat et Z. Zhang : « Matching Pursuits with time-frequency dictionaries », *IEEE Transactions on Signal Processing* 41 (12) :3397-3415, 2004 ; R. GRIBONVAL, X. RODET, P. DEPALLE, E. BACRY et S. MALLAT : « Sound signal decomposition using a high resolution matching pursuit », *Proceedings of the ICMC 1996*, Hong-Kong. Le groupe du MAT (Université de Californie à Santa Barbara), a entamé un ambitieux programme de recherche concernant le Matching Pursuits ; cf. B. L. STURM, C. ROADS, A. MCLERAN, J. J. SHYNK : « Analysis, visualisation and transformation of audio signals using overcomplete methods », *Proceedings of the Int. Computer Music Conference*, Belfast, 2008 ; A. MCLERAN, C. ROADS, B. L. STURM, J. J. SHYNK : « Granular methods of Sound Spatialisation using overcomplete representations », *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference*, Berlin, 2008.

teurs pourraient alors adopter leurs méthodes, le moment venu, en tant qu'ingrédients de leur palette constructive.

D'autre part, les techniques de synthèse granulaire (synchrone, asynchrone, probabiliste ou déterministe) se sont avérées plus pragmatiques, et rapidement intégrables dans la composition musicale. L'une des raisons de ce succès réside peut-être dans le fait que les techniques granulaires ont été, à leurs débuts, des techniques globales de synthèse sonore, comme la *FM* (modulation de fréquence)⁷⁸ ou le *waveshaping* (distorsion non linéaire)⁷⁹, des techniques qui utilisent des protocoles « abstraits », c'est-à-dire non directement reliés à une forme d'analyse spectrale particulière. On pourrait dire que les techniques de synthèse granulaire intègrent les analyses spectrales en aval, plutôt qu'en amont – quoique ceci dépende en réalité de la perspective dans laquelle on se place : l'analyse de Fourier à fenêtre glissante pourrait être repensée, du fait de ses micro-fenêtres (dont le temps – le « cadre » – ne dépasse pas quelques millisecondes), en tant que technique d'« analyse granulaire ».

ONDES ET GRAINS : TRAITEMENT SYMBOLIQUE DU MICRO-TEMPS

Par ailleurs, il faut signaler le fait que les descriptions granulaires font toujours usage de la forme d'onde pour représenter (visualiser) leurs grains, qu'ils soient des grains synthétiques ou analyseurs. Il est ainsi depuis les débuts de la physique quantique, et Gabor n'a pas procédé autrement. Quelle conclusion tirer de ce fait ? C'est comme si la description granulaire toute seule n'avait pas les moyens adéquats de sa représentation ? Ou il faut voir ici un signe d'une insurmontable « complémentarité » ? En autres mots : doit-on hypostasier la dualité onde-particule ? Ou bien la considérer seulement en tant que stratégie opératoire ? La deuxième solution me semble certainement préférable. Elle conduit à considérer ses termes comme des « perspectives » possibles, des *aspects*, qui émergent (à la manière du célèbre canard-lapin de la psychologie gestaltiste) selon le point de vue adopté. Mais il faut vite ajouter que, ayant projeté une image dualiste (onde-particule, réversible-irréversible) de sa matière sonore, il est normal que la musique soit arrivée à se poser le problème de la multiplicité de représentations. Toutefois, elle le fait dans un but

78. J. CHOWNING : « The synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation ». *Journal of the Audio Engineering Society*, 21, 1973.

79. D. ARFIB : « Digital Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Multiplication of Non-linear Distorted Sine Waves ». *Journal of the Audio Engineering Society*, 27, 1979.

opératoire plutôt que descriptif. La différence est capitale – elle a à voir avec ce que j'ai affirmé plusieurs fois dans ce texte : que la musique ne saurait être « naturalisée », ou, ce qui revient au même, que l'acoustique ne saurait se constituer en théorie musicale autrement que par son intégration dans un « champ d'intersection », comme on l'a dit plus haut (dans ce cas, nous aurons amplifié effectivement les bases de la théorie musicale, sans céder à aucune réduction physicaliste⁸⁰).

Dès lors, on peut penser que la véritable raison de l'incorporation réussie de l'approche granulaire à la composition musicale pourrait bien se décrire comme étant un transfert catégoriel du niveau du signal vers le niveau symbolique, tel qu'il a été défini dans ce texte. Car les grains qu'on manipule en composition musicale n'« expliquent » rien, quant à la nature du sonore élémentaire : dans notre cas, ces grains *sont* – déjà – des morphologies musicales, situées au niveau du micro-temps, mais néanmoins composées. L'intérêt de l'approche granulaire, pour la composition musicale, consiste donc *dans le traitement musical (symbolique) d'éléments présents à l'échelle du micro-temps*. Les grains, pris dans ce sens, constituent des éléments ductiles avec lesquels on peut travailler des morphologies de tout genre⁸¹, en les agglutinant et en les projetant partout dans le composable, à toutes les échelles possibles⁸².

LE « PROBLÈME » NOTATIONNEL

La notation musicale macroscopique comporte, on l'a vu, une ambiguïté par rapport au temps qui se traduit par une non-pertinence quand elle est appliquée à des ordres plus petits de grandeur temporelle. Elle ne peut donc plus suffire, dans le cadre d'une approche multi-échelle – et surtout quand la composition incorpore la synthèse et la transformation

80. Ainsi la contribution de Risset à la synthèse des sons ne se situe pas uniquement au niveau de l'étude des paramètres physiques des sons : d'où l'importance qu'il accorde à l'aspect perceptuel (à la corrélation des attributs perçus) ainsi qu'à l'usage *musical* des connaissances dégagées par une approche « analyse par synthèse ». Cf. JEAN-CLAUDE RISSET : *Du songe au son* (entretiens avec Matthieu Guillon), Paris, L'Harmattan, 2008.

81. En partant d'une approche du sonore marqué par la discontinuité et la fragmentation, nous pouvons créer des objets exhibant des multiples degrés de continuité ou d'intermittence : des sons lises ou « troués », laminaires, rugueux ou turbulents.

82. Il est à signaler le rôle articulatoire du silence, car les grains peuvent être des entités vides, tout en conservant leurs attributs « externes » (forme des enveloppes, durée globale, méthodes de rattachement aux tissus de grains, etc.).

des sons par ordinateur – en tant que modalité unique de représentation d'une œuvre musicale.

Il ne serait peut-être pas exagéré de dire que tout le « problème » notationnel qui se pose aujourd'hui, dans le champ des nouvelles musiques utilisant les technologies informatiques, est lié à l'articulation entre des multiples échelles temporelles (l'irréversible-discontinu et le réversible-continu étant l'un des aspects, comme l'avait signalé Wiener, de leur intrication – mais non seulement sur le plan du signal, mais plus précisément sur le plan compositionnel). Il est certain que la notation macroscopique conventionnelle va évoluer : il y aura toujours, d'une manière ou d'une autre, un système notationnel macroscopique, possiblement élargi à d'autres échelles. Quoi qu'il en soit, nous avons affaire, dans notre pratique musicale présente, à un problème de gestion compositionnelle des échelles temporelles au moyen d'une variété de systèmes notationnels.

La notion d'objet logiciel, effleurée dans ce texte, et que j'utilise depuis longtemps, est un commencement de réponse opératoire, car un objet, dans le sens informatique du terme, est une entité plurielle contenant des représentations hétéroclites, encapsulées sous la même « peau », sous le même « nom » – cette « clôture » étant ce qui permet de les faire circuler dans un réseau compositionnel. Une approche dynamique découlant de l'idée de manipulation d'objets logiciels peut, à ce qu'il me semble, donner naissance à une perspective clairement morphophorique, axée sur la multi-représentation. D'où mon insistance à considérer les « symboles » opératoires comme des objets, car il s'agit en réalité d'une seule et même notion : elle concerne la clôture d'un ensemble de représentations, réunies – agglutinées – dans une même entité opératoire.

En tout cas, je perçois cette multi-représentation, et ses éventuelles non-linéarités, comme étant la manifestation d'un principe de réalité opératoire. Ceci équivaut à affirmer que les idées musicales peuvent s'exprimer symboliquement de plusieurs façons, parfois homologables, parfois transformables, transcodées dans des objets divers, qui agissent souvent à la manière des miroirs déformants, mais dont l'existence dans le composable peut créer (faire-émerger) la consistance du composé. Le problème que soulève la composition musicale aujourd'hui est celui de l'articulation d'une multiplicité de représentations qui peuvent disjoindre, du fait qu'elles se trouvent liées à certains types de données, ou à certaines échelles temporelles. Cela étant, composer de la musique, surtout en milieu numérique, inclut la définition des degrés d'intrication de cette multiplicité. Ce qui est « porteur de forme », c'est le fait d'une espèce de millefeuille qui se projette vers toutes les temporalités présentes, elles-

mêmes étant des espèces de millefeuilles qui se manifestent – de façon multi-locale – par rapport à un réseau de relations composables.

HORACIO VAGGIONE est compositeur,
professeur à l'Université de Paris VIII.