

# Computer

Gérard Assayag, Ircam.

Et non ordinateur. A la limite, calculateur. Ou alors, parler plutôt du champ à l'informatique (musicale). Mais qu'est-ce qu'une machinerie informatique qui se mêlerait de musique à Un phonographe amélioré à Un instrument relevant de l'organologie numérique à Tout cela sans doute, mais pas seulement. Plutôt un être de langage, c'est à dire un être *tout* de langage, pas comme nous autres clivé d'affects. En tous cas pas un objet, une machine ou un outil. D'autant moins que le public est, lui, assailli d'objets baladeurs qui forment le système technique de la musique aujourd'hui, avec en toile de fonds le codage numérique, le logiciel, la mise en réseau. C'est la prolifération de ces prothèses numériques qui nous fait croire au computer-machine-objet, comme si le langage, à travers les supports successifs de l'écriture, se réduisait à une matérialité d'argile, d'encre ou de cristaux liquides.

En d'autres termes, l'informatique possède une place singulière dans la sphère des technologies à Elle ne se tient pas à la construction d'objets imitant le corps (la pellicule et la rétine) ou l'extrapolant (le moteur), mais plutôt à la simulation des fonctions de l'esprit. Comme l'a bien formulé le philosophe Gérard Chazal<sup>1</sup>, elle s'oppose à toute conception qui vise à séparer de manière radicale les formes de leurs contenus puisque ses constructions visent à une représentation des connaissances dans un cadre *  la fois* opérationnel et formel. De ce fait, l'informatique est un outil de la connaissance en même temps qu'un objet de connaissance, un réseau de significations où le sens *percole*, traversant des niveaux successifs de codage, où s'interconnectent le réseau interne du logiciel et le réseau global des machines.

Autant dire, un milieu r v  pour la musique, bien au delà de l'écume numérique marchandis e, bien plutôt au niveau de ce *calcul secret* Leibnizien réactualisé par Jean-Claude Risset dans un article célèbre<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Gérard Chazal, *Le miroir automate, introduction à une philosophie de l'informatique*, Champ Vallon, 1995.

<sup>2</sup> Jean-Claude Risset, *Musique, calcul secret?* Critique 395, 414-429, 1977.

## ***Paradigmes et représentations***

Il y a donc du calcul dans la musique, du code, du langage, de l'information, des structures, des régimes temporels, qui peuvent être décrits par des formalismes informatiques, dans un double jeu de l'analyse et de la synthèse. Le terme de modélisation peut alors s'appliquer, et se décliner selon divers paradigmes scientifiques.

Soit, si on s'intéresse à l'analyse☐

- L'élaboration et l'implémentation informatique de théories musicales. Il s'agit d'une conceptualisation prospective, plus ou moins mathématisée, et qui, agissant comme outil de classification, peut permettre d'introduire des repères dans une matière musicale brute.
- La modélisation informatique d'œuvres musicales, pouvant procéder d'une théorie ad hoc, qui agit à la fois comme explicitation systémique de l'œuvre, et comme moteur de simulation permettant d'explorer paramétriquement son voisinage : l'intérêt pédagogique naît du fait que l'œuvre se définit aussi de ce qu'elle aurait pu être. La modélisation ne permet pas d'expliciter les choix subjectifs de l'auteur, mais elle a le mérite de les identifier.
- L'analyse génétique informatique, qui cherche à tirer parti des traces numériques laissées par le compositeur utilisant l'informatique dans la phase de conception. Le résultat de l'analyse génétique informatique peut constituer un modèle "autorisé", issu du compositeur lui-même.
- L'utilisation d'outils de découverte (knowledge discovery). La musique considérée comme un médium hautement organisé, mais pour lequel on ne dispose pas de théorie à priori. Cette approche permettrait de faire émerger des représentations non-standard (visuelles, auditives, haptiques..) porteuses d'intelligibilité.
- Les outils basés sur des modèles cognitifs, prenant en compte la temporalité dans l'analyse, (et l'oubli...) comme le fait un sujet humain. Plutôt qu'une limitation, il faut voir la contrainte cognitive comme un filtre limitant l'explosion combinatoire inhérente aux approches purement formelles et mathématisantes.

Si on s'intéresse à la synthèse :

- L'apprentissage automatique, par des moyens statistiques, issus de la théorie de l'information, par des systèmes dynamiques tels que les réseaux neuronaux ou les algorithmes génétiques. L'œuvre est prise comme la surface mouvante de processus internes qui se déploient de manière organique.
- L'approche syntaxique par les grammaires et les logiques formelles, approche encore fortement teintée de structuralisme. L'œuvre est considérée comme une instance déterminée d'un modèle formel plus ou moins rigide.
- Les techniques issues de l'intelligence artificielle, aujourd'hui élargies au champ des sciences cognitives, par représentations des connaissances et inférences logiques. La modélisation de certains fonctionnements perceptifs et cognitifs chez le sujet musical (l'auditeur, le compositeur) est exploitée plutôt qu'une structure formelle de l'œuvre.

Bien sûr analyser et synthétiser/créer dans un contexte de contrôle formel informatique sont fortement réversibles. L'acte d'analyser est par nature un acte de transfert, entre objets, entre codes, entre systèmes de références. L'informatique se plaît à ce jeu, parcequ'elle est elle même fondée sur la diffusion et la transduction de significations à travers des couches de codage qui dénotent des niveaux d'abstraction différenciés, parmi lesquels le codage graphique occupe une place privilégiée. D'où l'idée d'une analyse orientée vers le transfert visuel. Un recensement de ces espaces de représentation pour la musique reste à faire, afin de voir clair dans un champ de recherche potentiellement immense. Les différentes représentations ne sont pas seulement une manière de repérer différents types de rapports entre les espaces de paramètres, mais sont aussi une puissante aide à la pensée, dans le sens où une représentation peut influencer plus ou moins directement le raisonnement. Le musicologue Jean-Marc Chauvel<sup>3</sup> indique qu'une représentation est d'autant plus pertinente qu'elle est prête pour l'interprétation, c'est-à-dire qu'elle résume un réseau de questions musicales. Il appartient au musicologue de valider ou de susciter des

---

<sup>3</sup> In Rapport outils pour l'analyse, Ircam, 2002, Gérard Assayag, Xavier Rodet coordinateurs.

représentations, notamment visuelles, qui soient porteuse de sens musical, et donc éligibles à constituer des espaces pour l'imaginaire. De ces nouvelles "visions" de la musique, on peut sans doute espérer de nouvelles idées musicales. Au fond, c'est ce qui est déjà à l'œuvre dans les logiciels musicaux populaires, séquenceurs audio et midi, échantillonneurs, programmeurs de boucles, et c'est ce qui s'expérimente dans les logiciels de recherche conçus pour une utilisation plus savante.

L'informatique musicale comme modélisation de la musique, ou seulement de la logique musicale ☐ Et qu'est-ce qu'une logique musicale ☐

### ***Logique, non ?***

C'est moins avec la logique, au sens habituel du terme, qu'avec les systèmes et les langages formels, que le rapprochement de la musique semble le plus pertinent. En effet, la logique procède par un enchaînement de dérivations et de réductions sur des chaînes symboliques qui finissent par substituer un énoncé terminal à un ensemble d'énoncés intermédiaires. Dans le cas de la musique, l'engendrement temporel ne procède pas véritablement par substitution dans la mesure où ce qui est exprimé une fois l'est sans retour, et ne vient pas se substituer, dans un espace purement formel, à une autre expression; au contraire, la perception d'un antécédent conditionne celle d'un conséquent, et la flèche du temps interdit l'écriture d'un signe d'équivalence entre les termes successifs. Le signe d'équivalence ne pourra alors être utilisé qu'entre des termes abstraits de la structure profonde de la musique, et non pas entre des termes successifs de la surface musicale.

La question du rapprochement entre logique musicale et logique tout court n'a commencé à être discutée sérieusement qu'au XX<sup>ème</sup> siècle. Elle ne pouvait pas être sérieusement posée avant le dépassement des théories primitives de la vérité et la généralisation de la logique aux systèmes et langages formels, c'est à dire avant la mathématisation de la logique déclenchée par Boole au XIX<sup>ème</sup> et la logicisation des mathématiques promue notamment par Russell, Whitehead et Hilbert au début du XX<sup>ème</sup>.

En effet il n'y a pas de valeur de vérité en musique et il est vain de chercher dans les structures d'enchaînement musical des structures de raisonnement, pour la raison déjà avancée que la flèche

entropique du temps d'écoute interdit le signe d'équivalence entre les termes successifs. Par contre toute l'histoire de la musique confirme qu'il n'est pas absurde d'en considérer le discours, à un certain niveau, comme un langage formel, c'est à dire comme un ensemble d'expressions bien formées relativement à un système de règles et d'objets primitifs posés comme axiomes (que certains appellent aussi le matériau).

La mutation du compositeur en bâtisseur de système formel est notamment illustrée par la révolution dodécaphonique et sérielle, dans laquelle les axiomes ne sont pas des objets directement dictés par la perception (et accèdent donc au statut indiscutable d'axiomes) et les règles de construction s'émancipent du passé. La mutation est menée à un stade proche de la saturation dans la période contemporaine, où ce mécanisme de refondation formelle se voit mis en œuvre avec une granularité de temps qui ne ressort plus de l'échelle historique et se réduit quelquefois à la période de gestation d'une seule œuvre.

Ces deux évolutions de la logique et de la musique vers la notion de système (ou de calcul) formel sont quasiment concomitantes, et éclairent d'un jour singulier la relation de la musique à l'informatique.

Le ordinateur est un être tout de langage (formel), mais de langage en action, qui dit ce qu'il fait et fait ce qu'il dit □ le stade ultime de la performativité. L'informatique serait une modalité de l'évolution qui rendrait asymptotiquement convergents l'ordre du monde et celui du discours, dans la mesure où elle change aussi l'ordre du monde par son discours. De ce point de vue le philosophe prophétique est Leibniz, avec sa caractéristique universelle, plus que Descartes, car il introduit la dimension combinatoire du système symbolique, propice aux échappées hors des intuitions premières, donc à la créativité, notamment musicale.

### ***Computer/ Composer***

Qu'est-ce alors que composer avec un ordinateur □ tout d'abord créer une situation expérimentale à partir d'axiomes (le matériau, les présupposés musicaux) et de règles (les relations qui fondent le système formel), qui s'articulent dans un modèle paramétré. Ensuite c'est observer une

simulation du modèle, avec des rendus visuels, auditifs, voire haptiques, sélectionner des éléments intéressants, puis, le cas échéant, reboucler et affiner les axiomes, les règles ou les paramètres.

Par exemple, dans la musique spectrale (un mouvement important de la musique contemporaine né en France dans les années soixante-dix et qui a ensuite diffusé mondialement jusqu'à être enseigné dans des universités américaines, notamment par le compositeur Tristan Murail) l'axiome est constitué par l'analyse de réalités acoustiques (le bruit de la mer, un instrument qui joue, la parole humaine). Le système formel est principalement harmonique□ il crée des relations entre les constituants du son obtenus à l'étape précédente (les hauteurs, durées et intensités présentes dans le spectre) qui reflètent dans un premier temps le réel (relations des harmoniques dans le spectre) et s'en échappent dans un deuxième temps par le jeu combinatoire des transformations spectrales (dilatation, compression, transposition, modulations diverses) en créant des systèmes harmoniques inédits.

Dans une approche qui va au delà des premières expériences spectrales, c'est la modélisation cognitive de l'auditeur qui est mise à profits. Ce ne sont plus les paramètres objectifs du son, tels qu'ils peuvent être mesurés par des machines (oscilloscope, spectrographe) qui constituent l'axiome, mais les critères subjectifs de perception ou d'appréciation, obtenus par modélisation ou enquête. Ainsi d'une œuvre de Roger Reynolds, l'Ange de la mort, réalisée pour l'Ircam en collaboration avec des spécialistes de la perception, Stephen McAdams et Emmanuel Bigand, dans laquelle les matériaux musicaux choisis par le compositeur (thèmes, timbres, textures, transformations...) sont agencés en tenant compte des données expérimentales recueillies sur leur perception.

Chez les tenants de la synthèse du son et de son mariage avec le son naturel des instruments, tels Marco Stroppa ou Mauro Lanza, la dimension formelle de l'écriture est repliée à l'intérieur du matériau sonore lui-même, tout en continuant à se déployer à l'extérieur dans la forme. Le défi informatique est ici de créer une continuité entre cet intérieur et cet extérieur, l'écriture du son et l'écriture des formes. La problématique est celle évoquée plus haut des transductions entre

couches de codage qui sont aussi des niveaux de signification dans la musique □ le niveau du *signal* (le son numérique enregistré ou synthétisé) et celui du *signe* (l'écriture).

Pour les amateurs de temps-réel, le problème est celui du ordinateur-instrument qui réagit au quart de tour en situation de concert et en fonction des autres instruments. Pierre Boulez a inauguré ce paradigme dans son œuvre Répons, et Philippe Manoury continue de le raffiner dans la plupart de ses œuvres.

L'improvisation elle-même n'est pas exclue du champ informatique, puisque des expériences d'apprentissage sont menées qui permettent de capter la structure logique d'un flux musical (enregistré ou produit par un instrumentiste) et d'en restituer des variantes, donnant lieu à des situations d'interaction intéressantes.

L'énumération pourrait continuer, incluant l'immense palette des effets numériques utilisés quasi-systématiquement dans toutes les situations musicales, la spatialisation du son musical, et bien d'autres techniques.

Mais le point important reste la convergence de la musique et de l'informatique, deux activités productrices d'êtres de langage, où circulent et se traduisent sans cesse d'un code à un autre des signes qui font ce qu'ils disent et disent ce qu'ils font.