

I. LA COMPOSITION ASSISTEE PAR ORDINATEUR

I.1. L'aide ou l'assistance

Le terme d'assistance à l'écriture est ici considéré comme étant : tout procédé qui permet d'accélérer le travail du compositeur dans son processus de création.

Ce concept commence à prendre corps. Il représente l'utilisation spécifique de l'informatique dans l'aide au calcul de structures musicales, par contraste avec d'autres utilisations de l'informatique dans le parcours de la composition.

Un premier concept qu'il est important de cerner est celui d'aide à l'écriture. Dans quelle mesure cette aide est-elle nécessaire ? N'est-elle pas un artifice, un alibi à l'utilisation de moyens extra musicaux pour justifier une musique vide de sens qui ne peut trouver sa légitimité que par des références à d'autres espaces que celui des sons ?

Nous pensons qu'une aide à l'écriture se justifie dans la mesure où elle peut amplifier et élargir les capacités du compositeur et non se substituer à elles. L'histoire de la musique nous donne de nombreux exemples, le premier étant celui de l'utilisation de l'écriture comme moyen d'enregistrement et de transmission d'une pensée musicale.



Figure 1: Ensemble de neumes du moyen âge



Figure 2 : Exemple d'écriture symbolique (Pierre de la Rue)

Pendant, comme toute aide, ou comme tout outil, l'écriture n'a pas été un instrument neutre. Elle a, au contraire, proposé de nouvelles manières d'écouter et de voir la musique qui ont peu à peu décalé la perception auditive en faveur d'une perception visuelle de la musique. L'écriture a progressivement créé un nouvel espace de représentation - un espace graphique - où la musique a pu, en quelque sorte, se matérialiser.

L'écriture a délivré les musiciens de la soumission à la mémoire en proposant un support pour « figer » des instants musicaux. En n'étant plus assujettie aux seules contraintes musicales ordinaires - par exemple, aux techniques instrumentales, ou aux habitudes - elle a également favorisé de nouvelles voies pour la création.

Un autre type d'aide est l'utilisation du piano pour l'aide à l'orchestration ou à l'imagination. Le compositeur qui utilise le piano pour tester une configuration de hauteurs connaît les limites de cette pratique même si elle a le pouvoir de stimuler son imaginaire.

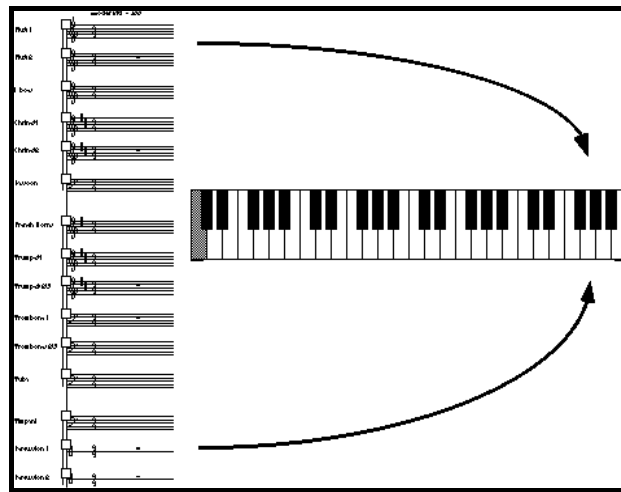


Figure 3: La réduction pour piano

Il est important de préciser qu'une aide à l'écriture dépend de la composition et du compositeur. Les manières de composer et de penser la composition déterminent les outils d'assistance dont les compositeurs auront besoin.

Un compositeur, se réclamant d'une esthétique concrète, utilisera des outils de traitement du son qui lui permettront d'assembler divers enregistrements pour arriver à l'œuvre finale. Ainsi, les récentes versions du logiciel GRMTools¹ sont un exemple d'interfaces et d'outils informatiques élaborés pour satisfaire à une esthétique.

Des compositeurs travaillant avec la synthèse du son auront besoin de puissants outils de calcul, de préférence avec des interfaces leur permettant de manipuler des modèles calculables et de contrôler les résultats².

Un compositeur s'intéressant particulièrement à l'écriture de la musique instrumentale et utilisant la notation symbolique classique se dirigera plutôt vers des interfaces offrant des possibilités de notation musicale. Il choisira des outils permettant d'expliciter de la manière la plus conviviale possible ses concepts musicaux.

Une forme d'aide à l'écriture, qui n'est pas toujours utilisée de manière explicite, est ce que nous pourrions appeler une aide à l'imagination. Il s'agit de l'élaboration de programmes ou de métaphores qui stimulent l'imaginaire du compositeur. Par exemple : le rêve de Varèse avant la composition d' « Arcana », l'utilisation d'analogies dans les « Quatre Saisons » de Vivaldi, l'idée de vie et de mort dans « Les Préludes » de Liszt, l'histoire de Cervantes comme prétexte aux variations du « Dom Quixote » de Strauss, etc... Certains compositeurs se servent de métaphores visuelles, littéraires, sonores et même conceptuelles. Ce dernier cas est présent dans la pièce « Attracteurs Étranges », pour violoncelle solo, de Tristan Murail où le concept scientifique n'est que la métaphore d'un développement musical qui tourne autour d'un « état » stable.

Un extrait de Martin Davorin-Jagodic illustre les mécanismes de ce type d'association :

« Le fait nous a été raconté par Franz Lachner. Celui-ci rend visite à Schubert il le trouve sans aucun entrain au travail. Visiblement content de cette diversion, Schubert l'invite à prendre un café et il commence à moudre les grains dans son moulin à café. Au bout d'un moment il s'écrie « d'avoir trouvé », s'interrompt et se met à décrire les groupes de sons qu'il entend. Suit une question de Lachner : — Est-ce le moulin à café qui compose et non pas la tête ? Réponse de Schubert : — C'est juste Franz! la tête cherche quelquefois après un motif toute la journée, ce qu'une petite machine trouve en une seconde. » [Davorin 1981, 122]

¹ GRM, Groupe de Recherches Musicales, Paris France.

² L'environnement de synthèse « Chroma » de Marco Stroppa est un exemple d'environnement d'aide à la composition servant à contrôler d'une manière très proche de l'écriture les paramètres de la synthèse sonore.

La question de Lachner : « — Est-ce le moulin à café qui compose et non pas la tête ? » trouve sa réponse si nous pensons qu'une aide à l'écriture est le fait « de faire faire » un certain nombre d'actions « à » quelqu'un et non « de faire faire à la place de » quelqu'un. Par contre, lorsque Schubert affirme que la machine a trouvé en une seconde un résultat, nous, pensons, en effet, que la machine a été le stimulus déclencheur d'un processus plus complexe.

A ce stade où la continuité entre les grincements du moulin à café et la mélodie trouvée de Schubert nous échappe, nous pensons à Paul Valéry :

«...une fois de plus on croit qu'il s'est créé quelque chose, car on adore le mystère et le merveilleux autant qu'ignorer les coulisses on traite la logique de miracle, mais l'inspiré était prêt depuis un an. Il y avait pensé toujours, peut-être sans s'en douter, et où les autres étaient encore à ne pas voir, il avait regardé, combiné et ne faisait plus que lire dans son esprit. » [Valéry 1992, 18]

Le moulin n'a servi qu'à stimuler, à amplifier, l'imaginaire de Schubert de manière à ce qu'il puisse trouver la mélodie qui était déjà en lui.

I.2. Le niveau des tâches répétitives et mécaniques.

I.2.1. L'aide au calcul de matériau pré-compositionnel, l'exemple de « Partiels » de Gérard Grisey

Toute tâche de composition intègre des phases dites algorithmiques³. A ce niveau, ce qui est en jeu n'est pas l'invention de nouvelles formes mais plutôt l'exploitation d'un matériau quelconque en utilisant certains principes connus.

Cela consiste à élaborer une réponse, ou au moins la première approche à un sujet donné. Il s'agit par exemple, d'écrire une fugue, d'utiliser les quatre formes de symétrie pour transformer une séquence, de transposer un motif mélodique dans différentes tonalités ou d'effectuer l'interpolation de matériaux variés.

Pour sa pièce pour ensemble « Partiels » Gérard Grisey a utilisé comme matériau de départ un spectre de trombone, c'est à dire, un ensemble de données issues de l'analyse du son de trombone. L'idée première étant de « synthétiser » à nouveau ce spectre avec l'ensemble instrumental en utilisant chaque instrument comme un partiel.

Une des phases de l'utilisation de ce matériau est le tri des données afin de n'en garder que les éléments les plus significatifs - l'analyse compte une moyenne de 150 triplets (fréquence, amplitude et phase) et l'ensemble n'a que 18 instrumentistes⁴.

Le compositeur Tristan Murail a proposé une solution algorithmique, construite sous l'environnement d'aide à l'écriture Patchwork, pour résoudre le problème du choix des fréquences parmi les 150 disponibles dans le fichier d'analyse. Les phases de calcul sont les suivantes :

- 1 - Lecture du fichier contenant l'analyse du son de trombone.
- 2 - Conversion des données d'amplitude linéaire en décibels.
- 3 - Suppression des partiels dont les intensités sont en dessous de -26 db.
- 4 - Suppression des partiels aigus au dessus du vingt-deuxième.
- 5 - Choix arbitraire d'une fondamentale pour la reconstruction du spectre.
- 6 - Approximation des données d'analyse par les données d'un spectre harmonique théorique.
- 7 - Calcul du nouveau spectre en prenant en compte des données d'intensité, durées et offsets⁵.

³ « Nous donnerons au mot calcul une extension plus large que son sens mathématique strict. On appellera calcul des opérations de tri, de classement, de permutation, de combinaison, de comparaison, de substitution, de traduction, etc. Ce qui est parfaitement légitime puisque toutes ces opérations précitées peuvent se ramener à la combinaison, plus au moins complexe, de deux ou trois opérations mathématiques fondamentales. » [Levy 1987, 72].

⁴ L'analyse des 150 premiers harmoniques⁴ d'un *mi 1* de trombone est placée en annexe.

⁵ Un *offset* est le décalage temporel d'un partiel par rapport à l'attaque de l'accord (ou du spectre).

8 - Visualisation en notation musicale du matériau trié, avec approximation au huitième de ton.

Lors d'un entretien, le compositeur Gérard Grisey⁶, qui venait de voir ce travail s'est demandé si réaliser certaines tâches manuellement n'était pas, pour le compositeur, une manière de penser. Ainsi, le temps gagné en « calculant » serait du temps perdu pour la pensée puisqu'elle n'aurait pas eu le temps de mûrir les concepts et d'appréhender le sens du nouveau matériau généré⁷. Cette assertion a un fond de vérité, spécialement en ce qui concerne la pratique du compositeur face à des procédés nouveaux, mais elle est contredite toutes les fois où la vitesse de calcul permet de mieux calculer et de choisir « sans hâte »⁸ le matériau musical.

I.3. Le niveau de la simulation, un exemple : « Kinok » de Thierry de Mey

Une manière d'utiliser l'ordinateur consiste en la simulation et en l'étude de modèles divers. Le compositeur dispose ainsi d'un moyen lui permettant d'expérimenter une grande variété de modèles en ayant en retour des résultats en temps réel.

La démarche du compositeur Thierry de Mey lors de la composition de sa pièce « Kinok » pour petit ensemble en est un exemple. Cette pièce a été réalisée en partie à l'Ircam. Elle a largement fait appel à des procédés d'aide à l'écriture réalisés dans l'environnement Patchwork⁹.

Dans cette pièce, le hautbois, traité presque comme instrument soliste, tient une place principale.

Le compositeur a utilisé deux procédés essentiels du point de vue de sa pratique compositionnelle : d'une part la génération de matériaux harmoniques par un procédé de prolifération de sons différentiels et d'autre part, la création de structures musicales évolutives fondées sur une représentation métaphorique de l'analyse de multiphoniques de hautbois. Ici, la représentation métaphorique est le zoom.

Il était important pour le compositeur de pouvoir tester plusieurs types de données initiales pour calculer ses « chaînes de différentiels », et trouver le son multiphonique qui s'adapterait le mieux à l'ensemble des contraintes compositionnelles. Nous avons ensuite, avec l'aide du compositeur, construit trois ensembles de patches pour qu'il puisse expérimenter, trouver et générer les données qui lui convenaient.

I.3.1. Génération de champs harmoniques par la prolifération de sons différentiels

Le mécanisme de ce processus est le suivant : à partir d'un accord initial chaque note est convertie en une fréquence, en hertz. La valeur absolue de toutes les différences entre les fréquences est ensuite calculée¹⁰. Le résultat de ce calcul est placé dans une liste puis converti en midicents¹¹ auxquels on enlève les zéros. Les midicents sont ensuite convertis en notes, les hauteurs étant arrondies au demi-ton, approximativement au quart ou au huitième de ton.

Il est ensuite possible de répéter le processus en utilisant le résultat obtenu comme paramètre d'entrée. De cette façon le compositeur crée un processus récursif qui part d'un accord - ou champ harmonique - et tend vers un champ harmonique plus bruité - c'est-à-dire avec moins de définition harmonique - qui va vers le grave.

⁶ Au mois de juillet 1996, le compositeur Gérard Grisey a fréquenté l'Ircam pour s'initier à l'environnement d'aide à la composition patchwork.

⁷ Entretien avec le compositeur.

⁸ Voir Fineberg [Fineberg, 1996].

⁹ Nous avons collaboré en tant qu'assistant pour la partie d'aide à l'écriture.

¹⁰ Techniquement, nous calculons le produit cartésien des fréquences par elles-mêmes en utilisant la fonction ($\lambda(x, y)$) ($abs(-x, y)$).

¹¹ Les «midicents » sont une unité de hauteurs utilisée dans l'environnement d'aide à la composition Patchwork, qui correspond à une valeur MIDI multipliée par cent. Ceci permet une représentation aisée des microtons par la division entière d'un demi-ton en 100 cents.

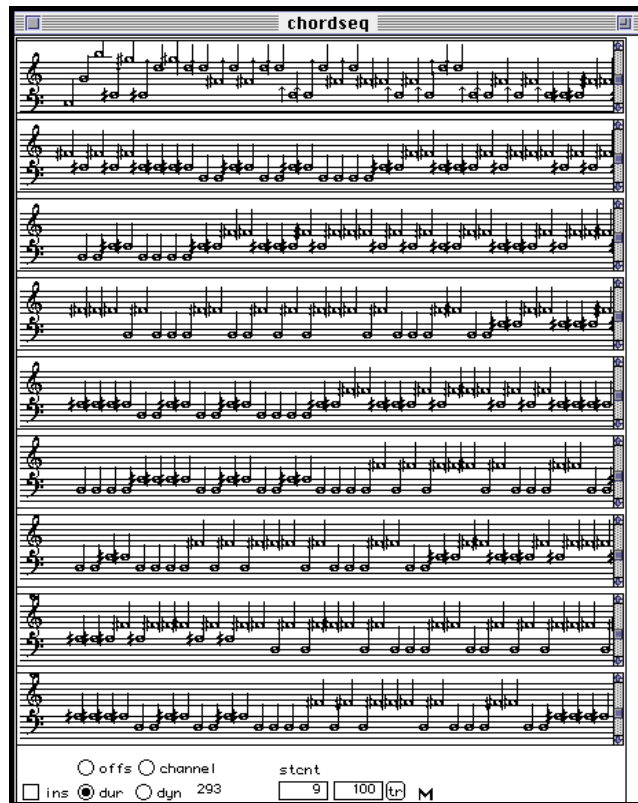


Figure 4: Processus d'évolution du calcul de différentiels. Processus calculé avec trois degrés de récursivité et sans enlever les doublons en chaque génération

La figure ci-dessous représente le même processus avec neuf degrés de récursivité, mais les doublons ont été retirés à chaque itération.

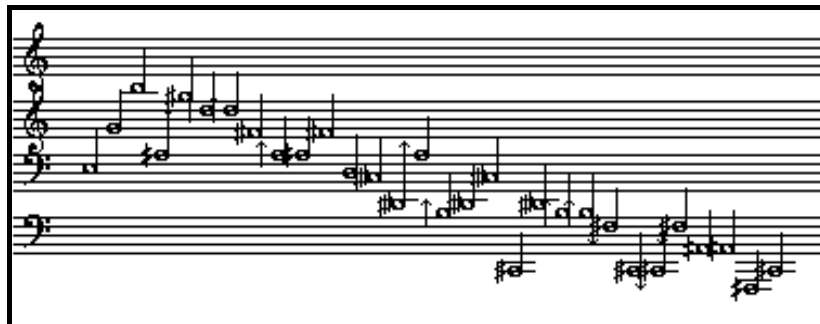


Figure 5: Processus d'évolution du calcul de différentiels en enlevant les doublons

Le compositeur a également employé la génération sans l'extraction des doublons. Cela a généré des répétitions de notes utilisées dans la partition pour faire ressortir des mouvements rythmiques dans les cordes.

I.3.2. Construction de structures évolutives à partir de l'analyse de multiphoniques de hautbois

Avec le procédé des structures évolutives, nous avons cherché à construire un objet musical évoluant vers un multiphonique de hautbois. A titre d'exemple, une analyse du spectre d'un multiphonique de hautbois est placée en annexe.

Thierry de Mey voulait construire un objet musical fonctionnant comme un zoom, c'est-à-dire provoquant un agrandissement de la structure harmonique du multiphonique. Le concept de zoom est une métaphore utilisée par le compositeur pour rappeler le procédé utilisé en photographie. L'auditeur doit commencer par entendre les fréquences d'amplitudes plus faibles et petit à petit entendre les autres fréquences avec un ordre d'apparition inverse à leur amplitude, de manière à ce que le dernier objet écouté soit le multiphonique.

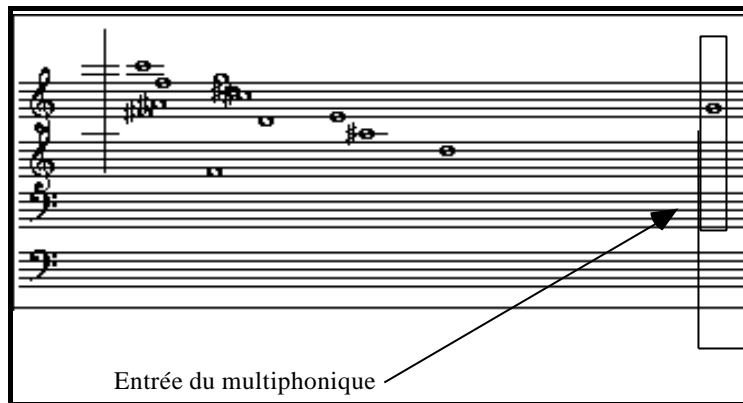


Figure 6: Le processus de «zoom»

Le problème qui s'est posé n'était pas tant le calcul que le choix du multiphonique convenant le mieux au compositeur, la base de données contenant une centaine d'analyses.

Le compositeur désirait aussi expérimenter la situation inverse, l'auditeur commençant par entendre le multiphonique puis progressivement sa dissolution vers des fréquences de moins en moins audibles.

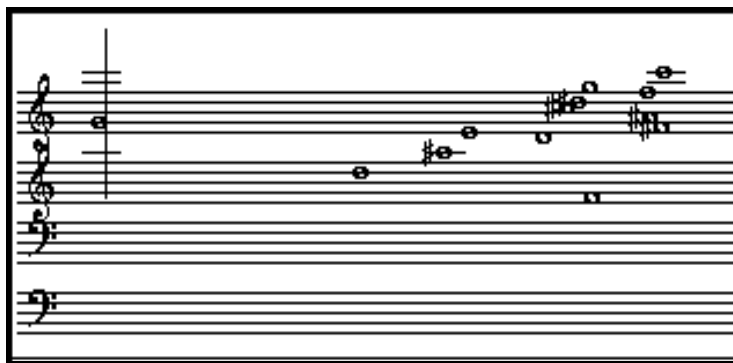


Figure 7: Le processus de zoom renversé

Il souhaitait filtrer certaines données non pertinentes dans l'analyse, par exemple, les fréquences très basses dues à des vibratos et filtrer les données en fonction des amplitudes ou du poids perceptif de chaque fréquence dans l'analyse.

I.3.3. Construction d'un geste musical par la concaténation de deux «zooms» de multiphoniques

Thierry de Mey voulait également qu'un geste musical soit construit à partir de la concaténation de deux zooms. Pour cela, il a fallu choisir comment arriver au multiphonique en construisant petit à petit un champ harmonique. Le champ harmonique a été élaboré en introduisant le multiphonique d'une manière fusionnée, le même multiphonique devant être utilisé comme pivot pour une transition.

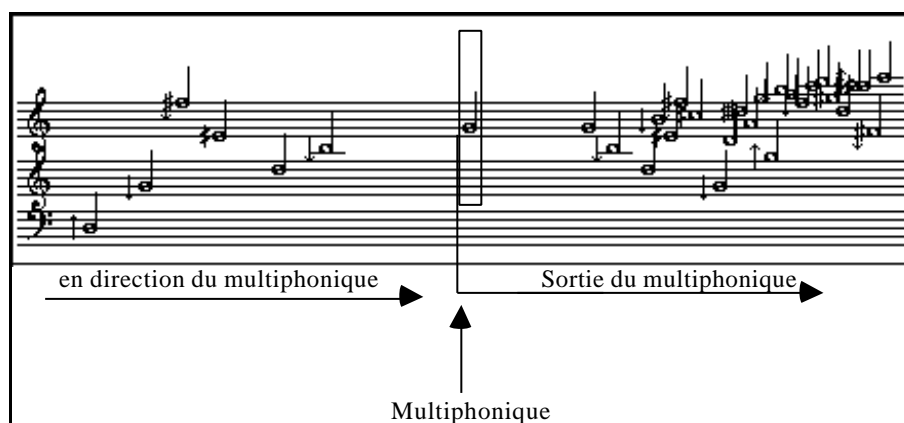


Figure 8: Concaténation de deux zooms

Le compositeur a expérimenté de nouveau avec l'ensemble des analyses de multiphoniques. Pour réaliser le processus, il a fallu utiliser des données de filtrage différentes pour les gestes d'entrée et de sortie, les deux gestes étant construits à partir du même fichier d'analyses. Pour la création de ces deux gestes, le compositeur a utilisé des fichiers différents, la contrainte étant de garder une cohérence instrumentale, musicale et formelle.

Dans le cas de Thierry De Mey, le travail du compositeur n'est jamais linéaire. Il existe une réponse du compositeur aux résultats présentés par la machine puisque quelquefois « la machine rend des réponses à une question que vous n'avez pas posée » [Boulez & Greussay, 1988, 133]. Ce type de phénomène fonctionne de manière rétroactive en nourrissant et en stimulant l'imaginaire du compositeur et en le confrontant à des solutions qu'il n'avait pas envisagées¹².

I.4. L'assistance à la pensée et à la créativité.

L'aide à la composition, ou plus précisément à l'écriture assistée par ordinateur (EAO) est une discipline assez récente. Son histoire est étroitement liée à l'évolution de la composition musicale automatique ou algorithmique (CMA) et à la formalisation musicale. La EAO, la CMA et la formalisation illustrent les trois aspects de l'utilisation de l'ordinateur dans la composition musicale.

La EAO et la CMA nécessitent une première phase de formalisation pour construire des modèles. Dans les deux cas, il est souvent nécessaire d'explicitier les concepts musicaux en jeu pour les rendre utilisables par l'ordinateur dans des stratégies concrètes. Cette phase peut être issue du savoir-faire du compositeur¹³ ou de l'analyse d'œuvres d'autres compositeurs¹⁴ ou encore, d'un fait totalement extérieur - comme l'utilisation d'un modèle acoustique issu de l'analyse d'un son pour élaborer structurellement une pièce [Harvey, 1981].

Dans certains cas, la CMA est une phase de la EAO. Il existe des phases purement algorithmiques dans tout travail de EAO où, après avoir énoncé le déroulement d'un processus, les calculs sont laissés à la machine. Le compositeur Tristan Murail donne un exemple de ce type de travail dans le texte « Spectres et Lutins », [Murail, 1984]. Il relate comment à partir de la formalisation d'hypothèses musicales, soit, l'existence d'un continuum « harmonie-timbre », par des modèles acoustiques, soit, la synthèse additive, une phase algorithmique est créée. L'ordinateur calcule des processus et des sons pour la bande et génère, en même temps, un matériau qui sera exploité manuellement par le compositeur.

Une des étapes de la formalisation utilise souvent la simulation (CMA) comme procédé de validation des théories dégagées¹⁵. Ceci est rendu possible par les outils informatiques actuels, tant au niveau du matériel que des environnements de programmation.

Dans certains cas, la formalisation, la CMA et la EAO sont les phases d'un même processus. Cependant il ne faut pas, pour autant, confondre CAO et CMA puisqu'il existe des différences conceptuelles radicales entre les deux, même si toutes deux partent de l'hypothèse de la formalisation - c'est-à-dire d'explicitier une partie de l'univers musical.

La CMA dérive d'une pensée néo-pythagoricienne¹⁶, voire d'une vision positiviste de la musique, selon laquelle il existerait une isomorphie complète entre l'univers formel calculable et la musique. Il s'agit d'une manière de penser qui suppose un ordre dans le chaos et une puissance dans le pouvoir des nombres et dans la structure porteuse de sens. Il s'en suit que la logique formelle serait suffisante pour justifier musicalement une œuvre.

Dans la EAO, par contre, même si l'idée de formaliser une partie de l'espace musical et de l'acte compositionnel est acceptée, la musique, c'est-à-dire la composition, ne se réduit pas à la simple logique formelle

¹² Comme dans les systèmes par contraintes où le compositeur ne connaît pas a priori le résultat final, mais connaît, la «situation» globale du résultat.

¹³ Comme par exemple l'élaboration de la librairie Combine par Malt et Ferneyhough. Voir [Malt, 1995a ; 1996e]

¹⁴ Les travaux de David Cope, d'André Riotte et de Marcel Mesnage sont un exemple de cette démarche qui envisage la phase de formalisation et d'analyse comme une partie du processus de composition. A plusieurs reprises, dans des cours de DEA de Musique et Musicologie du XX^e siècle EHESS-Ircam, Pierre Boulez a considéré que l'apprentissage de la composition commence par l'extrapolation des solutions apportées par nos prédécesseurs.

¹⁵ Voir [Cope, 1991] pour un exemple de modélisation du style classique et sa simulation, [Chemillier, 1995] pour un exemple d'analyse et de formalisation musicale, simulé (ou reconstitué, selon l'auteur) dans l'environnement Patchwork, et [Arveiller, 1989] où la génération de matériaux musicaux et la production de musique sont considérées comme un «effet de bord» des processus de formalisation et de simulation.

¹⁶ [PHILIPPOT 1963].

calculable. Nous pourrions dire que, dans la EAO, composer est tisser une trame de relations entre des espaces différents. Par exemple, dans l'œuvre « Kinok » de Thierry de Mey l'acte compositionnel parcourt un ensemble de modèles qui vont des modèles acoustiques à des espaces logiques de manipulations combinatoires jusqu'à des métaphores cinématographiques¹⁷

La phase de modélisation, voire de formalisation, n'est qu'une étape dans le processus compositionnel. L'utilisation de concepts ou de modèles non calculables est acceptée. L'ordinateur est utilisé sans être le protagoniste principal du processus de composition.

Dans la CMA la composition se réduit à un algorithme, alors que pour la EAO l'algorithme fait partie de la pratique de composition mais n'enferme pas la totalité de l'acte de composition, il existe une séparation claire entre les concepts formels et les concepts musicaux. Les deux peuvent parfois se rejoindre, comme c'est le cas, par exemple, dans les premières pièces de Xenakis.

I.4.1. La CMA, les premières expériences

Depuis les premiers automates musicaux, en passant par les jeux de dés utilisés pour la composition de petites valse, jusqu'au premier « Push Button Bertha » de 1956¹⁸, nous constatons qu'une grande partie des projets de CMA se fondent sur une analyse des œuvres du répertoire et, par la suite, par une simple reconstitution du modèle¹⁹.

« Push Button Bertha » est un des premiers exemples de composition algorithmique du XX^e siècle. Cette mélodie a été générée par un programme créé par les mathématiciens Martin Klein et Douglas Bolitho à la Burroughs Inc. (USA) sur un ordinateur appelé, DATATRON. L'unique information que nous ayons est une notice anonyme, « Syncopation by Automation », parue dans une publication interne de Burroughs qui explique en quelques mots le fonctionnement du programme²⁰. On peut en déduire que le mécanisme de génération est stochastique et probablement fondé sur un algorithme de choix markovien couplé à un système de contraintes. D'un point de vue musical, « Push Button Bertha », par son caractère tonal et modal, ses « notes bleues », le fa dièse, par exemple, et son harmonie caractéristique, semble avoir été modélisé à partir des musiques américaines de variété des années 1940-1950.

En 1955, Lejaren Hiller, qui dépendait du département de Chimie de l'Université de l'Illinois, a commencé des expériences de génération automatique de musique avec le célèbre ordinateur ILLIAC1. En 1956, Hiller et Leonard Isaacson ont produit la « Suite ILLIAC », pour quatuor à cordes qui deviendra l'exemple de CMA le plus célèbre du XX^e siècle, [Hiller & Isaacson, 1959].

Ils ont poursuivi leurs expériences en composant « Computer Cantata » en 1962. Ce travail a conduit à la création du premier logiciel de Composition Assistée par Ordinateur, MUSICOMP. Au cours de cette suite d'expériences, Hiller a bénéficié de l'aide d'un deuxième collaborateur, Robert Baker [Bonh, 1996b].

¹⁷ *Kinok* est un mot russe désignant le mouvement de l'oeil pour suivre un événement.

¹⁸ D'autres expériences ont existé, spécialement celles de H.F. Olson et H. Belar, mais on peut constater [Olson & Belar, 1961] que les processus employés étaient les mêmes : l'analyse de musiques du répertoire à partir de modèles « markoviens ». De plus, même si H.F. Olson et H. Belar situent leurs expériences aux alentours de 1955, leur article n'est paru qu'en 1961.

¹⁹ Voir [Hiller & Isaacson, 1959], [Laske, 1989], [Ames, 1982, 1989].

²⁰ « The operator inspires DATATRON by first keying in a 10-digit random number. This causes the machine to generate and store 1000 single digits, each representing one of the eight diatonic notes in the scale with two allowable accidentals. The program then motivates DATATRON to pick successive notes at random, testing each for melodic acceptability as it goes along. » *Data from ElectroData*, [Ames, 1987, 170].

"Push Button Bertha"

Lyrics By Jack Owens	2222222222 0008011921 Random numbers used for Music	Music By DATATRON Mathematicians Dr. Martin Klein Dr. Douglas Bolitho
-------------------------	--	---

The musical score for "Push Button Bertha" is presented in a single system with a treble clef and a key signature of one flat (B-flat). The melody is written on a single staff, and the chords are indicated by letters and numbers above the staff. The lyrics are: "She's Push... But... on Bertha... sweet Ma... chine...". The score consists of 33 measures, with measure numbers 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, and 33 marked at the beginning of their respective lines.

figure 9: Reproduction de « Push Button Bertha »



Figure 10 : L'ordinateur ILLIAC I

Techniquement le travail de Hiller et Isaacson a consisté à construire un système informatique logiciel, fondé sur deux approches²¹ : la génération de valeurs aléatoires filtrées par un ensemble de règles d'harmonie et de contrepoint ; l'utilisation de chaînes de Markov comme modèle génératif à partir de matrices de probabilités.

Bien que les résultats obtenus par Hiller et Isaacson, nous semblent nettement plus pertinents que ceux obtenus par Klein et Bolitho, on décèle dans les deux cas une procédure qui vise à l'établissement d'un modèle, mais qui pêche souvent par la simple répétition de ce modèle. Cette tentative peut être rapprochée de celle de Mozart qui, à dix ans, compose ses concertos-pastiches « K. 37, 39, 40 et 41 » [Escal, 1984, 49-51]. Ces concertos sont des arrangements de quatre des six « Sonates pour clavecin, op. V » (1765) de Jean Chrétien Bach. Dans les deux cas, il s'agit d'utiliser une musique existante comme modèle. La différence entre les pionniers de la CMA et Mozart enfant est que ce dernier a utilisé le plagiat comme un exercice d'écriture, une phase dans son apprentissage de compositeur, il copie pour s'approprier le discours. Les expériences de Hiller et

²¹ Voir [Hiller & Isaacson, 1959] et [Ames, 1987, 170-171].

Isaacson, et de Klein et Bolitho ont permis des progrès techniques en ce qui concerne la formalisation et la simulation de modèles par ordinateur, mais elles manquaient d'un projet esthétique.

Les premières expériences de Xenakis, dans les années 50, offrent un exemple de travaux de CMA avec un projet musical et esthétique. De ce point de vue, le projet initial du compositeur est remarquable, puisque, quand il fait la critique de la musique sérielle, Xenakis propose un autre modèle formel, à la place du modèle combinatoire, devant produire le même résultat perceptif c'est-à-dire une impression globale.

I.4.2. Le concept d'aide à l'écriture

Le concept d'aide à l'écriture est utilisé ici pour bien différencier les stratégies utilisées dans l'espace de la composition assistée par ordinateur qui inclut l'aide à la notation, l'aide au contrôle de la synthèse, l'aide au contrôle du traitement des sons, etc.. Nous définirons l'aide à l'écriture comme l'ensemble des processus qui assistent le compositeur dans la détermination des positions de divers objets dans l'espace musical. L'espace musical étant compris ici comme tout un ensemble de paramètres représentant une réalité musicale et sonore.

La distinction entre EAO et CMA n'existait pas aux débuts de l'utilisation de l'ordinateur en musique. Ces deux termes étaient souvent confondus. Nous pouvons constater dans plusieurs articles²², datant des années 50 à 80, la mention d'assistance à la composition lorsque les compositeurs pratiquaient ce que nous appelons aujourd'hui la composition automatique.

A la fin des années 70, certains compositeurs intéressés par les nouvelles technologies s'interrogent, l'intuition musicale n'arrivant pas à être en phase avec les calculs des ordinateurs. La composition algorithmique semble souvent être plus un alibi qu'une voie musicale. La nécessité d'utiliser beaucoup de modèles [RISSET 1977, 425] pour formaliser les idées musicales et la complexité propre à l'acte de composition montrent les limites esthétiques et musicales de la démarche purement algorithmique.

L'idée que tout modèle formel justifie un résultat musical semble être dépassée. Les échecs musicaux et esthétiques d'œuvres issues de la composition algorithmique et le besoin pragmatique qui a conduit beaucoup de compositeurs à modifier²³ les données issues du calcul [MURAIL 1989, 157-158] accélèrent le désenchantement à l'égard des automates musicaux. Une recherche plus approfondie sur les limites de la formalisation musicale est entreprise. Cela conduit des compositeurs, issus d'une tradition compositionnelle liée à l'écriture, à faire des compromis entre le prévisible, la règle, le déterminé et le sensible, l'intuition ou la partie inconsciente du métier. Nous pouvons retrouver cet état d'esprit dans le texte de RISSET « Musique, calcul secret ? » dans lequel il propose une utilisation de l'outil informatique où peuvent participer l'intelligence, l'intuition et le calcul :

«[...]à chaque niveau, le musicien pourra garder ou non les commandes, laisser se déployer l'efflorescence d'une écriture démultipliée ou intervenir «à la main» pour contrôler ou agencer détails ou grandes lignes. [...] il faut les développer, les diversifier, les rendre plus souples, plus commodes, plus musicales - mais non les figer dans un système final «idéal» : le musicien doit intervenir pour construire son propre monde. » [RISSET 1977, 423-424]

C'est seulement dans les années 1980 que la distinction devient visible. Dans une analyse de la théorie compositionnelle sous-jacente des «Projets» de G. M. Koenig, Otto LASKE propose une distinction entre la composition assistée par ordinateur (que nous appelons Ecriture Assistée par Ordinateur), CMA et la composition manuelle, fondée sur le degré d'interaction entre le compositeur et la machine²⁴.

²² [Hiller 1970] par exemple.

²³ Xenakis avait formalisé les écarts entre le résultat du calcul et les «corrections» du compositeur: « Ici nous pouvons constater qu'une grande liberté du choix de l'ordre est donnée au compositeur. Les restrictions sont d'ordre général canalisatrices plutôt qu'impérieuses. Ce sont des tendances de l'être sonore que la théorie et le calcul définissent et non pas un esclavage. Les formules mathématiques sont ainsi apprivoisées et asservies par la pensée musicale. » [XENAKIS 1981b, 47] Ce texte indique la possibilité d'un écart entre le résultat du calcul et les « corrections » et annonce déjà le besoin de ce que nous appellerons un solfège de modèles.

²⁴ «We may view composer-program interaction along a trajectory leading from purely manual control to control exercised by some compositional algorithm (composing machine). The zone of greatest interest for composition theory is the middle zone of the trajectory, since it allow a great flexibility of approach. The powers of intuition and machine computation may be combined. « Nous pouvons envisager l'interaction entre un compositeur et un programme informatique comme allant du pur contrôle manuel à un contrôle exercé par un algorithme de composition quelconque. La zone qui montre un grand intérêt pour la théorie de la composition est la zone intermédiaire, puisqu'elle permet une grande flexibilité d'approche. Les pouvoirs de l'intuition et de la machine peuvent être combinés. » LASKE 1981, 54].

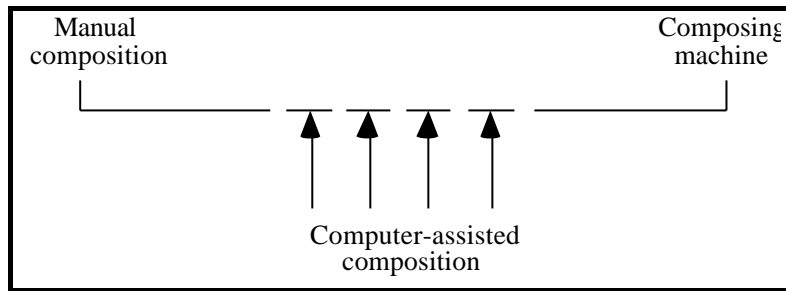


Figure 11: La conception de Composition assistée par ordinateur selon Laske

En France au début des années 80, à l'Ircam, un groupe de chercheurs et de compositeurs²⁵ poussés principalement par le besoin de contrôler le matériau issu de la synthèse sonore, réfléchissent aux divers aspects du contrôle des processus musicaux par l'ordinateur. Un aspect important de ces réflexions est la prise de conscience théorique de cette nouvelle voie d'utilisation de l'ordinateur en composition²⁶. Les expériences menées présenteront un aspect particulier. Étant donné que tous les compositeurs engagés dans ces projets étaient très liés à ce que nous pouvons appeler l'écriture musicale au sens classique, l'aspect algorithmique de l'utilisation de l'ordinateur en composition est fortement repoussé dès le début.

Au milieu des années 80 un article de Tristan Murail [MURAIL 1984], confirme cette position en plaidant clairement la cause d'un environnement d'aide à la composition :

« Il faut donc automatiser à un niveau plus élevé, créer un système d'aide à la composition (C.A.O. = composition assistée par ordinateur). L'usage de l'ordinateur ainsi décrit diffère sensiblement des usages habituels : synthèse du son, ou au contraire utilisation automatique d'algorithmes de composition. Il s'agit au contraire de bâtir un système interactif, «convivial»... » [MURAIL 1984, 180]

L'ensemble des nouvelles technologies actuellement disponibles permet aisément l'utilisation et la fabrication d'environnements personnalisés par des utilisateurs munis d'un ordinateur personnel. On le constate par la prolifération de petits logiciels qui circulent actuellement sur internet. On le constate aussi en regardant les directions que prennent les grands centres tels que l'Ircam. Les développements commencent à être orientés vers le studio personnel pour donner la possibilité aux compositeurs qui viennent y travailler de prolonger leur travail chez eux. Les grosses stations de travail ne sont plus d'actualité dans la mesure où tout développement doit pouvoir s'intégrer dans des budgets moyens, du matériel au logiciel.

Le champ d'application de la CAO a un large spectre d'applications. Ici, nous nous intéressons plus spécialement à une partie de la composition assistée par ordinateur appliquée à la transition de la pensée vers une écriture musicale, et plus particulièrement, la représentation de l'imaginaire musical par le biais des modèles mathématiques.

Un des problèmes principaux en EAO et en informatique concerne la différence existant entre le langage naturel [LEVY 1987] et les langages formels qui régissent les ordinateurs. Le compositeur utilise normalement le langage naturel, oral et écrit, souvent imprégné d'analogies, de métaphores. La langue qu'il utilise pour s'exprimer possède une grammaire, un lexique et des règles de syntaxe. Cependant, cette langue possède une grande part d'ambiguïté qui permet toutes les formes de relations incertaines dont se nourrit souvent l'imaginaire du compositeur [BOULEZ&GREUSSAY, 1988]. Par contre, l'ordinateur appartient à un monde purement syntaxique régi par des règles strictes de transformation et de calcul. Les instructions doivent être formellement explicitées, sans ambiguïté, car la machine ne sait pas interpréter d'ordre en fonction de situations particulières ou de contextes généraux, sauf, bien sûr si cela a été prévu dans sa programmation! Avec la EAO, la formalisation est devenue un outil nécessaire pour communiquer avec la machine.

²⁵ Parmi les chercheurs se trouvaient : Assayag, Baisné, Cointe, Rodet et parmi les compositeurs : Barrière, Dalbavie, Lindberg, Malherbe, Manoury, Murail, Riotte, Risset, Saariaho. L'équipe responsable des projets de EAO au début des années 80 se nommait CRIME: Cellule de recherche instrument, musique et écriture.

²⁶ Voir à ce sujet le catalogue du symposium «Le compositeur et l'ordinateur» réalisé à l'Ircam du 17 au 21 Février 1981, et le catalogue de la Manifestation «Musique et Ordinateur» du 03 au 19 mai 1983.

Il y a un écart important entre les démarches formalistes de la première moitié du XX^e siècle et le besoin formel imposé par l'ordinateur en EAO. La grande nouveauté, dans cette deuxième moitié du XX^e siècle, est que l'utilisation de l'ordinateur en musique ne consiste pas dans la formalisation de la théorie, mais dans la formalisation de la pratique, royaume traditionnel de l'expérience personnelle, de l'intransmissible. L'assistance informatique à l'écriture peut devenir une discipline qui induit une pratique d'introspection de la part du compositeur puisqu'elle permet de tracer les limites entre créativité et intuition et mécanisme et métier.