

Cet ouvrage a été publié sous la direction
de Alain Galliari

Iannis Xenakis
Kéleütha

Écrits

Préface et notes
de Benoît Gibson

*Publié avec le concours
de la SACEM*

ISBN : 2-85181-333-1
© 1994 L'Arche Éditeur, 86 rue Bonaparte, 75006 Paris
Tous droits réservés
Conception de la couverture :
Susanne Gerhards

L'Arche

PRÉFACE

Le titre choisi par l'auteur peut se traduire par « cheminements ».

Au centre de bien des débats, Iannis Xenakis représente un cas exceptionnel : l'étendue de son œuvre comme la portée de ses écrits en font un des compositeurs importants de cette seconde moitié du XX^e siècle, bien qu'il se rattache difficilement à une tradition musicale. Rappelons que Xenakis reçut, en plus d'un enseignement musical de base, une formation d'ingénieur à l'école polytechnique d'Athènes ; qu'il dut fuir la Grèce vers la fin de la guerre en raison de son engagement politique dans la résistance ; et que s'il arriva à Paris dans l'espoir de se rendre ultérieurement en Amérique, la chance voulut qu'il trouvât du travail comme ingénieur auprès de Le Corbusier, dont il devint un proche collaborateur – on lui doit la réalisation de quelques projets architecturaux, parmi lesquels le couvent de la Tourette, et le Pavillon Philips de l'Exposition Universelle de Bruxelles en 1958. C'est à cette même époque qu'il manifesta l'intention de se consacrer à la musique. Mais Xenakis, dont le champ d'activité déjà s'étendait à plusieurs domaines, concevait sa musique selon des critères autres que ceux issus d'une tradition musicale : elle s'imposait à la faveur de ces expériences multiples auxquelles ressortissent plusieurs des traits qui font l'originalité de sa démarche.

Tel un architecte, Xenakis conçoit sa musique à partir d'un mode de représentation graphique ; les axes y indiquent les fréquences (hauteurs) et le temps. Ce recours au plan cartésien favorisa l'essor d'une démarche intuitive et, parallèlement, d'une recherche fondée sur des calculs. Dans le premier cas, les axes délimitent le champ à l'intérieur duquel il inscrit des éléments ponctuels, enchevêtre des *glissandi* (qu'il assimile à des droites), ou combine ces différentes textures. Le plan sert

de support à l'élaboration de formes modulées au cours du temps, qu'il transforme à la manière du sculpteur dans une perspective globale. La main prolonge la pensée, explore, non sans exercer un sens critique, ces formes qu'une autre représentation eût difficilement traduites. Ainsi naissent les enveloppes de « masses » orchestrales, les configurations géométriques, les arborescences. Sans être le seul à recourir à ce type de représentation, Xenakis lui donne une portée plus générale, laissant l'imagination libre d'y conquérir l'espace, pourvu que le résultat sonore lui semble satisfaisant. C'est dans ce même esprit qu'il conçut l'UPIC (Unité polyagogique informatique du CEMAMu *), qui offre, par le biais d'une table graphique, une voie d'accès à la composition, sans qu'il soit nécessaire de détenir au préalable des connaissances musicales approfondies.

Cependant, cette recherche intuitive sur les formes s'accompagne d'une démarche plus rigoureuse : Xenakis, qui bénéficie d'une formation scientifique, manipule des nombres. Le plan lui apporta l'avantage de réunir l'ensemble des instruments et de mesurer les intervalles choisis à partir d'une échelle numérique commune. L'idée de représenter la musique par des nombres, fussent-ils irrationnels ou complexes, le plaça dans une position polémique ; mais les mathématiques lui semblaient apporter des outils conceptuels plus adéquats à la représentation de la musique telle qu'il la concevait. C'est ainsi que l'existence de différentes lois de probabilités correspondant à différents phénomènes statistiques l'inspira, et qu'il introduisit dans sa musique celles auxquelles il pouvait soumettre certains paramètres : intervalles, durées, intensités devenaient des variables dont les valeurs pouvaient être définies, ou évaluées, par rapport

à une distribution théorique. En admettant l'indépendance totale des sons dès lors confrontés au hasard et aux raisonnements qui l'expriment, Xenakis s'affranchit des contraintes liées aux techniques sérielles de l'époque. Il lui était donc possible d'envisager une œuvre dans laquelle les sons, régis selon d'autres principes, se combinaient sans restriction quant à leur nombre, l'ensemble des éléments étant perçu comme un phénomène global. Ses premières œuvres doivent leur impact à ces sonorités inouïes, ce déploiement de « masses » auxquelles il associa les images de foule, de nuages, de galaxies.

Devant l'éventail des possibilités que lui offrait la mathématisation des paramètres musicaux, Xenakis alla plus loin : l'intérêt qu'il porte aux relations abstraites entre les sons et aux concepts s'appliquant aux divers niveaux de construction d'une œuvre l'amena à formaliser ses principes de composition ; quelques œuvres sont entièrement conçues selon un principe d'« indéterminisme », pour lesquelles il réalisa un logiciel informatique (ST, pour *stochastique* *) qui lui épargna d'effectuer « à la main » ses calculs fastidieux – il fut un des premiers à reconnaître l'importance de l'informatique dans l'environnement du compositeur. Puis, à la suite de ces recherches sur l'indéterminisme, Xenakis introduit dans ses œuvres des éléments d'une pensée déterministe : il prédétermine le champ des hauteurs, ou des durées, sous la forme d'échelles, de cribles dont il calcule la périodicité. La théorie des cribles sert de fondement à un grand nombre d'œuvres, et occupe une place privilégiée parmi ses avancées théoriques. Dans sa musique, on en retrouve l'ébauche dès les années soixante, et son importance sera telle qu'il en développera les principes jusque

* Centre d'Études de Mathématique et Automatique Musicales, fondé en 1965 par Iannis Xenakis.

* Le terme *stochastique* vient de *stochos* (but), en référence à la loi des grands nombres qui implique une évolution vers un état stable, une sorte de but (cf. I. Xenakis, *Musiques formelles*, Stock, p. 16).

dans ses œuvres récentes. De plus, cette recherche le conduit à des préoccupations d'ordre mélodique, que ses premières œuvres écartaient au profit d'une perception globale. Mais les échelles se soustraient au temps : elles restent en marge de l'œuvre comme choix *a priori* à sa réalisation ; elles relèvent d'une catégorie *hors-temps*, et cette prise de conscience ne le quittera plus. Ainsi, Xenakis entame une réflexion où la musique matérialise des relations abstraites dont le créateur prend conscience, et sur lesquelles il fonde ses recherches.

Les écrits de Xenakis qui traitent de ces considérations théoriques établissent les bases de ses développements ultérieurs – ce qui explique peut-être que Xenakis ait très peu écrit de textes depuis les années soixante-dix, alors que chacune de ses premières œuvres annonçait de nouvelles propositions théoriques. De ces écrits, dont plusieurs ont été réédités en français dans les livres *Musiques formelles* * et *Musique Architecture* **, le présent volume regroupe ceux qu'aucun autre ouvrage n'avait rassemblés.

Aborder l'œuvre de Xenakis n'est pas chose facile. Lui-même ne se réfère que très peu à sa musique, – laissant à d'autres le soin de s'y retrouver ! – et situe ses propos à un niveau plus général, s'inspirant de concepts scientifiques et philosophiques. De plus, l'importance qu'il accorde dans ses premiers écrits à la formalisation de ses principes de composition, et, par conséquent, le niveau d'abstraction des expressions mathématiques qui la soutiennent, n'ont pas toujours permis d'en saisir le sens et la portée. En dépit d'une littérature secondaire abondante, peu d'ouvrages appro-

fondissent ce rapport complexe qu'entretiennent la théorie et l'œuvre : on se trouve le plus souvent dans la position d'expliquer soit l'une, soit l'autre, non sans éprouver parfois un certain malaise – quelques malentendus échappèrent à la vigilance d'initiatives courageuses. Il est vrai que l'adaptation plus ou moins rigoureuse d'une théorie soulève de nombreuses questions, et que son poids, voire sa pertinence, dépend et de sa nature et du contexte dans lequel elle s'insère. Restons toutefois prudents : Xenakis s'en explique avec discrétion, et s'est toujours accordé le droit d'en disposer à son gré. Si les termes en lesquels il s'exprime sur la musique ont pour support un langage formalisé, c'est aussi pour en étendre l'application et l'accès : l'universalité des mathématiques se substitue aux acquis d'une tradition, et la musique s'insère dans un champ plus vaste, car elle profite des développements techniques et conceptuels d'autres domaines de la pensée, tout en gardant sa propre autonomie. En ce sens, l'apport de Xenakis n'est pas tant l'élaboration ou le perfectionnement d'une technique qu'une réflexion globale sur les enjeux de la création. Solitaire, mais précurseur, il a toujours porté au devant de son temps la nécessité d'en élargir le champ et l'environnement.

L'œuvre de Xenakis est considérable : plus de cent vingt titres se répartissent en des formations diverses. Des déploiements massifs de l'orchestre divisé à l'extrême aux tenues d'unissons, pour lesquels Xenakis prend le soin d'indiquer jusqu'au nombre de battements par seconde souhaité entre eux, il explore de nouvelles sonorités, de nouveaux horizons. Mais n'est-il pas problématique de vouloir résumer des œuvres aussi diversifiées et dont une étude un peu plus approfondie révélerait tantôt l'inébranlable rigueur, tantôt une liberté déroutante ? Telles sont les difficultés auxquelles se confronte tout commentaire sur Xenakis. Sous ses mul-

* I. Xenakis, *Musiques formelles*, Stock/Musique, Paris, 1984.

** I. Xenakis, *Musique Architecture*, Casterman, 1976.

tiples aspects, son œuvre est soutenue par la recherche d'une créativité constante. Acceptons-en la complexité plutôt que d'en restreindre l'ampleur.

Benoît Gibson
novembre 1993

Kéleütha

LES CHEMINS DE LA COMPOSITION MUSICALE

Les univers musicaux, qu'il s'agisse de la musique classique, contemporaine, pop, folklorique, traditionnelle, d'avant-garde, etc., semblent former des unités autonomes, parfois closes, parfois intercommunicantes. Ils présentent de surprenants caractères de diversité qui expliquent qu'ils soient riches en créations nouvelles, mais aussi en fossilisations, en ruines et en étendues désertes ; et tout cela est perpétuellement en formation et en transformation ; comme les nuages, les univers musicaux sont différenciés et éphémères.

Ceci s'explique par le fait que la musique est un phénomène socioculturel ; en conséquence, elle est liée à une période donnée de l'histoire. Néanmoins, il est possible d'y distinguer des parties plus stables que d'autres : celles-ci constituent des matériaux plus ou moins durs selon l'époque de civilisation d'où ils proviennent ; des matériaux qui se déplacent dans l'espace, qui sont créés, lancés, poussés par des courants d'idées, qui se heurtent, s'influencent, s'annihilent ou se fécondent les uns les autres.

Quelle est l'essence de ces matériaux ? C'est l'intelligence humaine dans un certain état de cristallisation. Une intelligence qui cherche, questionne, déduit, révèle et prévoit à tous les niveaux. Il semble que la musique et les arts en général doivent nécessairement être une cristallisation, une matérialisation de cette intelligence.

Naturellement, celle-ci, bien qu'universelle à l'échelle humaine, est diversifiée par l'individu, par le talent, et par tout ce qui rend les hommes différents les uns des autres.

Le talent est donc un état nuancé, ou gradué, de la vigueur et de la richesse de l'intelligence. Fondamen-

talement, en effet, celle-ci est le produit, l'expression de milliards d'échanges, de réactions, de transformations d'énergie dans les cellules du cerveau et du corps. On pourrait, en prenant l'astrophysique comme image de référence, dire que l'intelligence est la forme prise par les actes minimaux des cellules en condensation ou en mouvement – tout comme il en va des particules des soleils, des planètes, des galaxies et des amas de galaxies qui sont nés de la froide poussière interstellaire, ou sont revenus à cet état. Néanmoins, cette image doit être inversée, au moins à un certain niveau, parce que, en se condensant, cette poussière froide devient chaude, contrairement à l'intelligence, qui est le produit froid – véritable « feu froid » – des échanges entre les cellules chaudes du cerveau et du corps.

Il s'ensuit que la musique est un puissant condenseur, plus puissant peut-être que les autres arts. C'est pourquoi j'ai dressé un tableau de comparaison entre certaines conquêtes de la musique et plusieurs réalisations des mathématiques, telles que l'histoire nous les enseigne (voir Appendice I). Ce tableau montre une des voies que la musique a prise dès ses origines, c'est-à-dire dès l'Antiquité, et qu'elle a fidèlement suivie au cours des millénaires, pour la parcourir de plus en plus rapidement au xx^e siècle – ce qui prouve que loin d'être une mode, cette faculté de condensation et d'abstraction croissante est un trait fondamental de la musique, un trait qui lui appartient plus qu'à tout autre art. En conséquence, il est clair qu'un nouveau type de musicien est nécessaire, celui de l'artiste-concepteur de nouvelles formes, libres, abstraites et visant à rendre plus complexe et à généraliser l'organisation des sons sur plusieurs niveaux. Par exemple, une forme, une construction, une organisation conçue sur le modèle des chaînes markoviennes¹, ou d'après des fonctions de probabilités emboîtées, peut être utilisée simultanément, à divers niveaux de microcom-

position, de mésocomposition et de macrocomposition musicales. D'autre part, il est possible d'étendre cette remarque au domaine visuel, comme le font, pour ne citer que cet exemple, les spectrales de rayons laser et de flashes électroniques du *Polytope* de Cluny et du *Diatope* du Centre Georges-Pompidou.

Rien ne nous empêche d'envisager une nouvelle relation entre l'art et la science, notamment entre l'art et les mathématiques, relation dans laquelle l'art poserait des problèmes que les mathématiques devraient résoudre – et se doivent de le faire – en forgeant de nouvelles théories.

L'artiste-concepteur devra se doter d'une connaissance suffisante en mathématiques, en logique, en physique, en chimie, biologie, génétique, paléontologie (en raison des problèmes que pose l'évolution des formes), en sciences humaines et en histoire, il faut, en bref, non seulement qu'il acquière une sorte d'universalité, mais que celle-ci soit fondée sur les formes et les architectures, guidée par elles, et orientée vers elles. Par ailleurs, il est temps de créer une nouvelle science de « morphologie générale », qui traitera des formes et des architectures de ces diverses disciplines dans leurs aspects invariants, ainsi que des lois qui président à leurs transformations, celles-ci ayant parfois duré des millions d'années.

Cette nouvelle science devrait être constituée à partir des véritables condensations de l'intelligence, c'est-à-dire, à partir d'une approche abstraite, débarrassée des anecdotes dont sont encombrés nos sens et nos habitudes. Par exemple, l'évolution morphologique des vertèbres des dinosaures constitue l'un des documents paléontologiques à verser au dossier d'une science des formes.

Examinons maintenant le système fondamental sur lequel repose l'art. L'art participe du mécanisme déductif qui constitue la base sur laquelle se fondent les théories mathématiques, physiques et biologiques. En effet, les jeux de proportions qui sont réductibles à des jeux

de nombres et de mesures dans des domaines tels que l'architecture, la littérature, la musique, la peinture, le théâtre, la danse, etc., les jeux de continuité et de proximité, dans le temps ou hors du temps, les jeux d'essence topologique², enfin, sont tous fondés sur le principe de la déduction. Outre ce principe, et en relation réciproque avec lui, il existe le mode expérimental, pour mettre en question ou confirmer les théories élaborées par les sciences, y compris les mathématiques. (En effet, l'avènement des théories non euclidiennes³ et celui de théorèmes comme celui de Gödel⁴ ont prouvé que les mathématiques sont elles aussi une science expérimentale ; seulement, l'échelle de temps y est beaucoup plus longue que dans les autres sciences.) C'est l'expérimentation qui, sans pitié ni respect, fait et défait les théories. Or les arts sont également régis par le mode expérimental, et ce, d'une façon plus riche et plus complexe encore. Certes, il n'existe pas et n'existera sans doute jamais de critères objectifs pour nous permettre de juger, dans l'absolu et dans l'éternité, de la vérité ou de la validité d'une œuvre d'art, de même que, dans le domaine scientifique, aucune « vérité » n'est définitive ou absolue. Mais à ces deux modes, le mode déductif et le mode expérimental, s'ajoute un troisième en ce qui concerne l'art : c'est le mode de la révélation immédiate, qui n'est ni celui de la déduction, ni celui de l'expérimentation. La révélation directe et instantanée du beau touche aussi bien le néophyte que le connaisseur. C'est ce qui fait la force de l'art et, peut-on dire, sa supériorité sur les sciences : évoluant dans les deux dimensions du déductif et de l'expérimental, il possède également cette troisième dimension, la plus mystérieuse de toutes, celle qui fait que les objets de l'art échappent à toute science esthétique, tout en pouvant s'abandonner aux caresses des modes déductif et expérimental.

En revanche, l'art ne peut pas vivre uniquement de la

révélation. Comme le montre l'histoire de toutes les époques et de toutes les civilisations, l'art a besoin, il a même un besoin impérieux, d'organisation, même aléatoire ; il a donc besoin de la déduction et des confirmations qu'elle apporte, tout comme il a besoin de vérité expérimentale.

De nos jours, les deux modes, le déductif et l'expérimental, sont presque toujours associés à l'ordinateur. De même que la roue fut naguère l'une des plus grandes inventions de l'intelligence humaine, un mécanisme qui permettait de voyager plus loin, plus rapidement et avec davantage de bagages, de même, aujourd'hui, l'ordinateur permet de transformer les idées conçues par l'homme. C'est par des méthodes heuristiques que l'ordinateur résout des problèmes logiques. Mais ce ne sont pas vraiment les ordinateurs qui sont responsables de l'introduction des mathématiques dans la musique ; ce seraient plutôt les mathématiques qui mettent l'ordinateur à contribution pour composer. Et pourtant, si les structures mentales sont généralement disposées à admettre l'utilité de la géométrie dans les arts plastiques comme l'architecture, la peinture, etc., il ne leur reste plus qu'une étape à franchir pour admettre qu'on puisse utiliser des mathématiques non visuelles, plus abstraites encore, ainsi que des machines, pour aider à la composition musicale, elle-même plus abstraite que les arts plastiques.

Depuis la Deuxième Guerre mondiale, l'informatique a envahi à peu près tous les domaines de l'activité humaine. Les arts, et en particulier la musique, n'ont pas échappé à ce raz-de-marée. À partir de 1950, d'abord lentement, puis de plus en plus rapidement, l'ordinateur et ses périphériques ont poussé comme des champignons dans les centres d'activité musicale, bouleversant les habitudes des compositeurs beaucoup plus que ne l'avait fait la révolution du magnétophone, qui

avait créé la première mémoire sonore permanente et physiquement indestructible, au point que le danger est grand de se laisser prendre au piège de la technique et de se retrouver embourbé dans les sables d'une technologie qui a fait irruption dans les eaux relativement calmes de la théorie de la musique instrumentale. Il existe déjà bon nombre d'essais de composition par ordinateur. Mais quelle est la valeur de ces tentatives ? Du point de vue esthétique, il faut bien reconnaître que les résultats sont maigres, et que l'on s'est abusé en espérant qu'une technologie extraordinaire donnerait des résultats extraordinaires du point de vue esthétique. Rares sont en effet les compositions de ce type qui dépassent les découvertes récentes et nombreuses en matière de musique instrumentale, ou même les premiers balbutiements de la musique électronique à partir de 1950.

Pourquoi ? À mon avis, ces échecs sont dus à de multiples raisons, mais on peut en distinguer deux principales :

a) les musiciens qui se servent des ordinateurs sont ignorants des théories d'ordre général, notamment des théories mathématiques, physiques et acoustiques. Leur talent, quand ils en ont, est incapable de pénétrer le domaine vierge où seule l'abstraction pourrait guider leurs expériences ; il en résulte qu'ils n'appréhendent que des ombres ;

b) les scientifiques qui ont accès à la technologie de l'ordinateur éprouvent une sorte de complexe d'infériorité vis-à-vis de l'esthétique musicale ; et, comme ils n'ont pas eu à se battre sur le terrain esthétique, ils manquent d'expérience et ne savent pas du tout dans quelle direction ils devraient s'engager.

En conséquence, ils jonglent avec des outils mathématiques et avec des gadgets électroniques, sans pour autant que leur production musicale révèle la moindre

qualité artistique, et pour cause : ils ne sont pas capables, ils ne sont pas en mesure d'exploiter leur talent éventuel.

Dans les deux cas, il est évident que le talent artistique joue et doit jouer un rôle déterminant.

Pour éviter ces impasses, les solutions ne sont pas moins évidentes : il faudrait que la première catégorie, celle des musiciens, se mette à l'étude des sciences nécessaires, et que la seconde, celle des scientifiques, affronte les problèmes que posent le talent et l'esthétique par une expérimentation constante. Mais cela ne suffira pas. Il me semble que le moment est venu d'essayer de pénétrer plus à fond et en même temps plus globalement ce qui est l'essence de la musique, afin, si c'est possible, de tenter de découvrir les champs de forces qui sous-tendent la technologie et la pensée scientifique autant que la musique.

Je vais maintenant m'efforcer de tracer, parmi toutes celles qui sont possibles, une ligne d'approche, et une seule, qui me paraît extrêmement importante. C'est un fait que la recherche, dans les années à venir, se devra d'aborder simultanément des domaines qui se situent sur des plans différents : de la microcomposition, qui traite de la synthèse du son à partir d'échantillons de durées de l'ordre d'une microseconde (un millionième de seconde) jusqu'à la macrocomposition, qui a pour objet le discours musical d'une durée de l'ordre de l'heure.

Les méthodes et les approches théoriques peuvent être distinctes selon le plan abordé, ou bien elles peuvent être utilisées sur plus d'un plan à la fois. Pour éclairer ce problème, nous allons nous pencher sur deux plans presque extrêmes : la microcomposition et la macrocomposition, définies dans les sens donnés ci-dessus. Je vais tenter d'exposer les orientations principales qui m'ont amené par le passé à écrire les compositions citées plus bas, et dont je pense qu'à l'avenir elles pourront servir de tremplin à la recherche et à la composition par ordinateur.

LA MACROCOMPOSITION

1. Étudier les possibilités de composition à l'aide du programme macroscopique ST(ochastique), en Fortran, dont l'orientation est stochastique, et qui utilise des éléments sonores qui sont 1° d'origine orchestrale, 2° dessinés sur l'UPIC *, et 3° produits grâce aux méthodes et à la théorie de microcomposition (voir description plus loin).

2. Appliquer la méthode dite de « variation polygonale », qui est un terme que nous avons donné à une série de réalisations sonores et qui, en bref, consiste en la construction graduée d'une courbe de pression modifiée à chaque étape, c'est-à-dire à chaque période, par un procédé stochastique, modification qui porte sur le temps et aussi sur les valeurs de pression de chaque échantillon. Des vérifications acoustiques expérimentales sur ordinateur et sur convertisseur analogique/numérique ont montré qu'il apparaissait, pour certaines valeurs de l'outil mathématique, une sorte de résonance probabiliste qui engendre une multiplicité rythmique de timbres, de dynamiques, d'attaques et de macroformes. Les distributions les plus utilisées jusqu'à maintenant ont été les distributions « logistiques » et celles de Cauchy (voir l'Appendice II).

3. Mettre à l'étude une sorte de « palindromisation », avec des amplitudes stochastiquement variables ; c'est une variété de la « variation polygonale » qui rend possible, à un degré plus élevé, une modulation de la macroforme précédente.

4. Explorer les clonages (ou arborescences) de la variation polygonale : étant donné une variation polygo-

nale, un point choisi stochastiquement se trouve engendrer une nouvelle excroissance (une nouvelle variation polygonale) dont les caractéristiques sont définies stochastiquement, et ainsi de suite. Ce processus peut être appliqué à plusieurs « troncs » en même temps. Personnifications à l'orchestre (voir Appendice II).

5. Se servir des processus markoviens sur divers plans interdépendants. Par exemple, il est possible d'envisager des nuages (ou configurations) de points, tels que les grains de Gabor, ou des grains dessinés par l'UPIC, et de les lier entre eux à l'aide de matrices de probabilité de transitions dans le cas discret, ou à l'aide de la transformation « z » dans le cas continu. On peut ensuite, à leur tour, considérer ces liaisons comme des états, et relier ceux-ci par un processus markovien généralement distinct du précédent. C'est pourquoi il nous faut étudier des chaînes contenues les unes dans les autres (voir Appendice II).

6. Examiner les produits cartésiens d'ensembles de points choisis dans les espaces définis par telle ou telle propriété du son, en prenant pour fil conducteur les structures de groupes finis et infinis. Par exemple, prenons un ensemble de nuages (ou configurations) de points (ou notes) ou de dessins réalisés par l'UPIC, et considérons le produit cartésien de ces points avec ceux d'un espace à trois dimensions (par exemple, intensité, durée, densité), mais en prenant pour modèle le groupe hexaédrique du cube, c'est-à-dire, un sous-ensemble de couples de produits cartésiens dotés des symétries de transformations propres au cube. Cela prendrait place dans l'espace hors-temps. Si l'on se place dans l'espace-temps, on utilisera les relations du groupe hexaédrique en suivant la structure de celui-ci, qui nous est donné par la table du groupe cubique (voir Appendice II).

7. Mettre en pratique la théorie des cribles, qui étend

* Unité polyagogique informatique du CEMAMu. Système informatique graphique du Centre d'Études de Mathématique et Automatique Musicales.

la notion d'échelle à tous les ensembles ordonnés tels que ceux des instants, des durées, des intensités, des densités, des degrés d'ordre, etc., et, dans un premier temps, introduire cette théorie dans les précédents domaines de recherche ; dans un second temps, l'étudier pour elle-même, indépendamment (voir Appendice II).

8. Utiliser les fonctions logiques prélevées sur des ensembles de propriétés d'un son ou sur des ensembles d'ensembles déjà structurés (voir Appendice II : *Herma*, etc.).

9. Étudier les possibilités de génération de droites dans l'espace des sons à deux, trois dimensions ou plus, en définissant chaque point par des fonctions de probabilités (parcours aléatoire, mouvement brownien⁵) – (voir Appendice II).

LA MICROCOMPOSITION

En dehors du travail que l'UPIC a fait et est capable de faire, nous sommes actuellement engagés dans une exploration algébrique du domaine de la microcomposition, mais selon des méthodes autres que celles de Fourier (comme, par exemple, Musique V, programme auquel se limitent la plupart des autres laboratoires). C'est cela qui distingue notre travail au CEMAMu. On trouvera ci-dessous un exposé de la question.

La synthèse du son par d'autres moyens que ceux de Fourier

L'idée essentielle est fondée sur les deux points suivants :

1. Un son peut être entièrement représenté par la courbe de pression qui le caractérise en fonction du temps. C'est le seul et unique paramètre que l'oreille per-

çoit. Il s'ensuit que construire judicieusement de telles courbes (de forme linéaire) revient, en théorie, à fabriquer n'importe lequel des sons souhaités à l'aide de la technique de la conversion numérique/analogique. Cette courbe et le son qui y correspond (la musique) seront considérés comme une entité.

2. Le principe de répétition, de la duplication plus ou moins fidèle est général ; il fait partie intégrante de la composition musicale sur tous les plans, du microscopique au macroscopique. Au niveau microscopique, par exemple, non seulement l'oreille perçoit les répétitions fidèles, mais elle enregistre également leur densité sous la forme de la hauteur du son. Au niveau macroscopique, des formes telles que le canon, la variation, etc., sont également soumises à ce principe de renouvellement plus ou moins fidèle. Où qu'il se produise, tout événement est à certains égards unique, isolable et impossible à reproduire exactement en raison des pertes, même très faibles (ne seraient-elles dues qu'au temps écoulé entre l'original et la copie), qui affectent la fidélité d'une éventuelle reproduction. Cependant, avec une « approximation » suffisante, les deux versions peuvent « paraître » identiques (dans le cadre de l'approximation) et former des classes d'équivalence dans lesquelles les éléments restent généralement séparables, tout en étant susceptibles de se fondre dans certains cas particuliers. L'absence de répétition dans la courbe de pression en fonction du temps est perçue comme bruit, et par conséquent comme une entité extrême.

L'union dialectique de ces points fondamentaux peut être obtenue de l'une des trois façons suivantes :

a) On peut construire théoriquement une onde quelconque, dont la variation de pression au cours du temps est plus ou moins périodique, à partir d'une synthèse harmonique, c'est-à-dire, à partir de la stricte périodicité d'une forme trigonométrique élémentaire (sincot) pro-

duite par un mouvement circulaire uniforme et de ses superpositions appropriées (Fourier).

b) En partant d'une onde initiale délibérément non périodique (mouvement brownien), on peut obtenir une courbe plus ou moins périodique en introduisant des périodicités (c'est-à-dire des duplications), soit de fragments de la courbe initiale, soit de sections construites indépendamment et menant à une courbe plus ou moins périodique. Il est aisé de percevoir la symétrie de ces deux premières procédures.

c) En partant d'une courbe de pression définie par une fonction donnée (que celle-ci soit probabiliste, algébrique ou trigonométrique), on peut aller plus loin en répétant cette courbe et en y introduisant simultanément, après chaque répétition, une modification stochastique choisie de manière à obtenir la négation statistiquement continue de la période originale : il suffit d'agir de cette façon et, simultanément, sur le timbre, la hauteur, le rythme, l'intensité et l'évolution générale. Supposons que la reproduction d'une entité quelconque s'éloigne de plus en plus de l'entité d'origine, c'est-à-dire que la déviation est appliquée en même temps à toutes les parties de l'entité ; celle-ci sera pulvérisée en un nuage statistique d'éléments constitutifs. Au niveau macroscopique, on obtiendra alors un nuage amorphe de sons, de rythmes, de timbres et de dynamiques, tandis qu'au niveau microscopique, on obtiendra une courbe brownienne qui sera perçue comme du bruit blanc. Ici, donc, nous introduisons l'élément stochastique comme étant la limite de la périodicité au sens large ; en d'autres termes, comme renouvellement d'une entité et en même temps comme négation croissante dans les reproductions.

L'entropie ⁶ d'une entité croît d'un certain delta à chacune des reproductions de cette entité, c'est-à-dire que l'information la concernant se dégrade en partie à chaque renouvellement, et ceci irrémédiablement. Or, il appar-

tient au compositeur, en se fiant à l'intuition et en recourant au raisonnement, de doser la croissance de ces deltas à tous les niveaux, macroscopique, intermédiaire et microscopique, de la composition musicale. En d'autres termes, il faut fixer l'échelle de toutes les valeurs qui séparent les deux bornes du déterminisme, qui correspond à la périodicité au sens strict, et de l'indéterminisme, qui correspond au renouvellement, c'est-à-dire à la périodicité au sens large. C'est là qu'est le véritable clavier de la composition musicale. Et c'est ainsi que nous pénétrons dans un domaine aux innombrables perspectives scientifiques et philosophiques, telles que la continuité et la discontinuité des mathématiciens et l'espace-temps de la physique quantique.

La question qui se pose dans toute sa généralité est de savoir quelle est la construction mathématique qu'il faut élaborer avant d'en nourrir l'ordinateur, afin que ce que l'on entendra soit aussi intéressant que possible – soit à la fois nouveau et original. Sans trop m'attarder sur ce sujet, je peux tout de même citer un exemple intéressant qui relève de ce que j'ai découvert il y a quelque temps, en employant une distribution des probabilités dite « logistique », qui, pour certaines valeurs de ses paramètres et des barrières élastiques utilisées, passe par une phase de résonance stochastique, et donc par une phase de stabilité statistique, ce qui rend le son produit très intéressant. En fait, ce n'est pas un son que l'on obtient, mais toute une forme musicale macroscopique. Cette forme résulte de transformations rythmiques qui engendrent des événements polyrythmiques de timbres, de hauteurs et d'intensités variables – en bref, des tresses rythmiques de sons qui se rencontrent et qui se heurtent. C'est cette procédure que j'ai utilisée pour produire la musique du *Diatope* du Centre Georges-Pompidou.

De plus, et afin de montrer à quel point est importante cette dualité de l'entité et de sa négation par repro-

ductions variées à chaque stade, je formulerai de nouveau et plus explicitement encore la question suivante, posée dans le contexte particulier de la synthèse du son par ordinateur et par convertisseur numérique/analogique : comment obtenir un son riche, vivant et inouï ? Faut-il partir d'une entité et de ses reproductions en y introduisant, au moyen de probabilités, des variations créant des dérivations toujours croissantes par rapport à l'entité initiale et allant vers une négation toujours plus forte ? Ou bien, au contraire, si l'on prend comme point de départ, dans l'espace pression-temps, une négation absolue – en d'autres termes une courbe brownienne ne contenant en germe aucune entité, quelle qu'elle soit, faut-il introduire des reproductions plus ou moins variées de fragments de cette courbe de manière à générer progressivement ou brutalement une notion d'entité qui correspondrait, dans le meilleur des cas, à un son riche, vivant et inouï ? Dans le premier cas, on définit l'entité de départ par des fonctions périodiques strictes (par exemple trigonométriques) tout simplement empilées ou adroitement combinées ; puis on introduit des perturbations probabilistes à chaque reproduction de l'entité. Dans le second, on définit d'abord un ensemble de fonctions de probabilités décrivant un mouvement brownien spécifique, constituant une négation extrême : puis on introduit des fragments, reliés ou non, de la courbe brownienne, selon certaines lois de reproduction, afin de définir l'entité correspondant à ces lois. Telles sont les deux voies contraires et symétriques qui permettent de répondre à la question de la production d'un son riche, vivant et inouï. Naturellement, aucune de ces deux voies n'exclut l'autre et les résultats peuvent être très intéressants dans un cas comme dans l'autre, même si les différences sont frappantes.

Voici enfin, cette fois en termes philosophiques, une autre expression de cette dualité universelle formée par

une entité et sa négation : c'est la dualité du conflit opposant la thèse de Parménide à celle de Héraclite. En questionnant sa raison, Parménide posa que l'Être doit exister toujours et partout, à l'état homogène et permanent. Héraclite posa, quant à lui, que rien n'est immuable, que tout change. Formulées de cette façon, ces deux positions ne sont pas compatibles. Elles le deviennent cependant, si l'on suppose que l'Être de Parménide est cette entité dont nous avons parlé au début, certes, mais une entité qui ne durerait pas – comme si le temps était formé de séries de cellules et comme si l'entité inscrite dans cet ensemble de cellules ne pouvait empêcher, une fois toutes les limites atteintes, la disparition, la mort, sauf à troquer celles-ci contre une reproduction imparfaite. Le changement perpétuel de Héraclite se réalise alors précisément par la reproduction de cette entité, c'est-à-dire au sein d'une périodicité au sens large. C'est ainsi que l'Être de Parménide conserve son intégrité au sein de l'entité ; mais il s'y trouve assujéti à des limitations dans les domaines du temps, de l'espace et de l'homogénéité. En général, le changement n'est ni instantané, ni total ; il est obtenu progressivement, par périodicité, c'est-à-dire par reproduction variée, même si parfois il est brutal. L'univers de la génétique illustre parfaitement cette union de Parménide et de Héraclite. La musique aussi.

Mais la composition musicale, qui s'adresse à l'oreille, nous mène à la composition visuelle, qui s'adresse à l'œil. Le rayon laser et le flash électronique sont les équivalents visuels de sons techniquement réussis, et c'est créer une musique pour l'œil que de les faire briller dans l'espace, une musique visuelle, abstraite, qui rendrait accessibles à l'homme – à l'échelle terrestre, naturellement – les galaxies, les étoiles et leurs transformations à l'aide de concepts et de procédures issus de la composition musicale. Ce qui en résulte est une nouvelle forme d'art visuel et auditif qui n'est ni le ballet ni l'opéra,

mais véritablement un spectacle abstrait au sens où l'est une musique de type astral ou terrestre. Trajectoires de galaxies (en mouvement accéléré), tempêtes, aurores boréales – voilà quelques exemples de ce que cette nouvelle forme d'art ne fait pas que reproduire – ce serait sans intérêt – mais produit véritablement, à l'aide de quelques-uns des moyens mis à sa disposition par la technologie moderne. Dès à présent, un artiste d'un type nouveau peut se manifester à l'échelle d'une grande ville, si on lui en donne les moyens. Et il sera bientôt en mesure d'aller dans l'espace. C'est ce qu'on peut faire avec le *Diatope*. Grâce à sa tente en matière plastique dont l'architecture spéciale en paraboloïdes hyperboliques a été conçue par le Centre National d'Art et de Culture Georges-Pompidou pour son inauguration, le *Diatope* est itinérant, et il peut représenter le Centre dans d'autres villes de France et d'ailleurs. En 1979, il a été à Bonn, en Allemagne, sur l'invitation du maire.

Quatre rayons laser de 4 watts chacun sont équipés de systèmes optiques qui produisent des effets de lumière variés. 400 miroirs spéciaux, associés au rayon laser, créent de multiples toiles d'araignées lumineuses en mouvement. Des taches de lumière en mouvement ou des projections de flèches lumineuses dessinent dans l'espace et sur la toile noire de la tente des trajectoires d'étoiles filantes ou des mosaïques d'éclats lumineux. Des configurations tourbillonnantes enveloppent le spectateur assis ou couché sur un sol en carreaux de verre, qui laisse passer sous lui d'autres événements lumineux. En outre, 1 600 flashes électroniques forment des spirales tourbillonnantes qui envahissent l'espace, puis disparaissent dans l'obscurité complète. Ces flashes sont fixés sur un filet métallique suspendu sous la paroi de plastique. La musique, enregistrée sur 7 pistes, est distribuée automatiquement et en mouvement continu à 11 haut-parleurs de qualité par l'intermédiaire d'une partition programmée.

Les ordres proviennent d'une bande magnétique numérique de 9 pistes qui décode une « image » du jeu d'ordres simultanés (il y en a environ 2 000) tous les vingt-cinquièmes de seconde ; les ordres sont transmis par liaison électrique à leur destination dans l'espace. Le spectacle de 46 minutes emploie 140 500 000 commandes binaires. Il va de soi que, pour contrôler et coordonner toutes ces configurations, leurs transformations et leurs mouvements, il faut utiliser l'ordinateur soit de façon interactive, soit en écrivant une bande numérique, en suivant une partition spécialement conçue pour programmer le dispositif lumineux ; c'est cette bande qui, décodée tous les vingt-cinquièmes de seconde, contrôle l'état des milliers de sources lumineuses ou de systèmes optiques qui doivent rendre cette musique visible. La composition lumineuse et la bande numérique ont été réalisées au CEMAMu ; la musique, elle, a été réalisée au CEMAMu et achevée au studio électronique du Westdeutscher Rundfunk (WDR) de Cologne.

Pour penser la musique en tant que compositeur, c'est-à-dire en tant qu'artisan, que créateur, il est nécessaire de commencer par étudier pendant quelque temps le solfège, la notation, la théorie musicale, et même la pratique d'un instrument. Et puisque, en outre, la création musicale est considérée comme superflue, très peu de gens peuvent y prétendre. On prive ainsi l'individu et la société de l'immense pouvoir d'imagination libre que leur offre la composition musicale. Or la technologie de l'ordinateur et de ses périphériques met en mesure de déchirer ce rideau de fer. Le système qui a permis de réaliser ce tour de force est l'UPIC (Unité polyagogique informatique du CEMAMu), dont le principe est le suivant : sur un tableau spécialement conçu à cet effet, on trace à l'aide d'un stylo à bille électromagnétique des figures qu'un mini-ordinateur relié à la table interprète, au choix de l'utilisateur, comme des courbes de pression,

des enveloppes dynamiques, des partitions notées selon les paramètres de la hauteur et du temps, etc. L'ordinateur calcule les données graphiques, et le résultat, après être passé par un convertisseur numérique/analogique, est immédiatement reproduit par haut-parleur et enregistré sur magnétophone. On peut ainsi créer des banques de formes d'onde, d'enveloppes, de partitions graphiques, etc. On peut également mixer, effacer et effectuer la plupart des opérations d'un studio de musique électronique traditionnel, en se contentant de pointer un stylo électromagnétique sur différentes parties de la table, qui sont aussi sensibles que les touches ou les boutons d'un appareil électronique ordinaire. Un enfant peut dessiner un poisson, une maison : il peut écouter ce qu'il a fait, y apporter des corrections, et ainsi, progressivement et par le graphisme, apprendre à *penser* la composition musicale sans que le rebute le solfège ou la pratique d'un instrument. Qui plus est, comme il est amené à élaborer des rythmes, des gammes, et des choses plus complexes encore, il est également contraint à combiner l'arithmétique, la géométrie, les formes, la musique. Par le jeu se dégage ainsi une pédagogie interdisciplinaire aux applications multiples. Tout cela s'adresse évidemment à l'homme de la rue et, *a fortiori*, au chercheur et au compositeur professionnel, puisque le son est produit par tranches très fines, de l'ordre de $1/50\ 000^{\circ}$ de seconde.

Il découle de tout ceci que la musique et les arts visuels de demain exigeront des artistes qu'ils soient pluridisciplinaires et initiés aux mathématiques, à l'acoustique, à la physique, à l'informatique, à l'électronique, à l'histoire théorique de la musique et des arts visuels, ainsi qu'à la connaissance fondamentale d'une théorie des formes et de leurs transformations, aussi bien en paléontologie qu'en génétique ou en astrophysique. Il faut donc les encourager et les former en leur donnant les moyens de créer, grâce à un système tel que l'UPIC pour les

musiciens, ou un système analogue pour les artisans des arts visuels.

La pierre de touche de cette évolution sera l'enseignement ; il faut faire d'un grand nombre de gens, disons même de la masse, des artistes-créateurs. Cet enseignement, tout comme celui des disciplines scientifiques, devra commencer dès le jardin d'enfants et se poursuivre pendant toute la durée des études. C'est à cette fin que la télématique peut apporter une contribution majeure : en effet, c'est grâce à elle que, pour la première fois, sont rendues possibles d'une part la création immédiate et à domicile par l'intermédiaire de terminaux, d'autre part, la diffusion et la communication au grand public, avec *feedback*, de réalisations individuelles – à l'aide d'un système comme l'UPIC, une fois qu'il sera rendu économiquement accessible à la population moyenne, ce qui ne saurait tarder.

Traduit par Emmanuel Gresset

APPENDICE I

CORRESPONDANCES ENTRE CERTAINS DÉVELOPPEMENTS DE LA MUSIQUE ET DES MATHÉMATIQUES

	<i>Musique</i>	<i>Mathématiques</i>			
500 av. J.C.	La relation entre les hauteurs et les longueurs des cordes est établie. La musique donne ainsi un merveilleux coup de pouce à la théorie des nombres et à la géométrie. La musique invente les gammes incomplètes.	Découverte de l'importance fondamentale des nombres naturels et invention des nombres rationnels positifs (fractions).	1000 ap. J.C.	Invention de la représentation spatiale bi-dimensionnelle des hauteurs en fonction du temps par l'utilisation de portées et de points (Guido d'Arezzo), trois siècles avant les coordonnées de Oresme et sept siècles avant (1635-1637) la superbe géométrie analytique de Fermat et de Descartes.	Aucun parallèle en mathématique.
	Pas de correspondance musicale.	Invention des nombres irrationnels positifs, c'est-à-dire de la racine carrée de 2. (Théorème de Pythagore.)			
300 av. J.C.	Invention des intervalles de hauteur ascendants, descendants et nuls dans le langage additif introduit par Aristoxénos, qui invente également, en théorie, une gamme chromatique à tempérament égal, en utilisant pour module (échelon) le douzième de ton. Parallèlement, se développe le langage multiplicatif (géométrique) des intervalles de hauteurs traduits en termes de longueurs de cordes (Eu-	Les mathématiques ne réagissent pas. La théorie des nombres marque le pas dans son application à la théorie et à la pratique musicales, et stagne pendant plus de quinze siècles, en dépit du concept d'infini et en dépit du calcul intégral et différentiel, déjà entrevu par Archimède.	1500 ap. J.C.	Aucune réaction et aucun développement des concepts précédents.	Adoption du zéro et des nombres négatifs. Construction de l'ensemble des rationnels.
			1600 ap. J.C.	Aucun écho ni développement des concepts précédents.	Invention des ensembles de nombres réels et de logarithmes.
			1700 ap. J.C. et 1800 ap. J.C.	Redécouverte, par la pratique, de la gamme chromatique bien tempérée (Jean-Sébastien Bach). La musique est maintenant en retard du point de vue des structures de base. En revanche, les structures tonales, la polyphonie et l'invention des macro-	La théorie des nombres est en avance et n'a encore aucune structure temporelle équivalente. Ces structures apparaîtront plus tard avec les transformations stochastiques, la théorie des jeux, l'automatique, etc. Invention des nombres

- formes (fugue, sonate), sont en avance et font apparaître les germes de ce qui donnera très certainement une vie nouvelle à la musique d'aujourd'hui et de demain. La fugue, par exemple, est un automatisme abstrait utilisé deux siècles avant la naissance de l'automatique. De même, dans l'art du contrepoint, les quatre variations de la ligne mélodique sont des manipulations inconscientes des groupes finis (groupe de Klein).
- 1900 ap. J.C. Affranchissement du carcan tonal. On accepte pour la première fois la neutralité de la totalité chromatique (Loquin, 1895, Hauer, Schönberg).
- 1920 ap. J.C. Le système sériel de Schönberg formalise radicalement, et pour la première fois, les macrostructures.
- 1930 ap. J.C. Réintroduction d'une graduation des hauteurs plus précise par l'usage des quarts de ton, des sixièmes de ton, etc., bien que toujours dans le cadre du système tonal (Wischnegradsky, Hába, Carrillo).
- 1950 ap. J.C. Seconde formalisation radicale des macrostructures avec permutations, modes de hauteurs à transpositions limitées et rythmes non rétrogradables (Messiaen).
- complexes (Euler, Gauss), des quaternions (Hamilton), définition de la continuité (Cauchy) et invention des structures de groupes (Galois, Abel).
- Les nombres infinis et transfinis (Cantor). Peano invente l'axiomatique des nombres naturels. L'admirable théorie des mesures (Lebesgue, Borel, Heine).
- Aucun nouveau développement de la théorie des nombres. Arrêt de la recherche, mais on discute toujours d'anciennes contradictions de la théorie des ensembles. (La musique rattrapera son retard dans les années à venir.)
- 1953 ap. J.C. Introduction des échelles continues de hauteurs et de temps (utilisation des nombres réels) dans le calcul des caractéristiques du son, même si, pour des raisons de perception et d'interprétation, les nombres réels sont approchés par des nombres rationnels. C'est là ma contribution personnelle, sur le plan théorique autant que sur le plan musical ; elle s'appuie sur diverses disciplines mathématiques, telles que le calcul des probabilités et le calcul logiciel, ainsi que sur diverses structures, dont la structure de groupe. Tout cela jouera plus tard un rôle important dans la macrocomposition et dans la microcomposition.
- 1957 ap. J.C. Nouvelles formalisations musicales au niveau des macrostructures : processus stochastiques, chaînes markoviennes, bien qu'utilisés de façon différente (Hiller, Xenakis), et également utilisation de l'ordinateur (Hiller).
- 1960 ap. J.C. Axiomatique des gammes musicales, grâce à la « théorie des cribles » et à l'introduction des nombres complexes dans la composition musicale (ceci est aussi le fruit de mes travaux).
- 1970 ap. J.C. Nouvelles propositions sur la microstructure des sons, grâce à l'introduction de la discontinuité continue à l'aide des lois de probabilité (parcours aléatoire, mouvement brownien). Cette discontinuité continue est étendue aux macrostructures, donnant par là un nouvel aspect architectural au niveau macroscopique, par exemple, en musique instrumentale (ceci est également le fruit de mes travaux).

APPENDICE II

MOSAÏQUE DES COMPOSITIONS DE IANNIS XENAKIS

<i>ST</i>	<i>Groupe</i>	<i>Opérations logiques sur les classes</i>
ST/4-2	Akrata	Herma
ST/10-080262	Nomos Alpha	Eonta
ST/48	Nomos Gamma	
Morsima-Amorsima		
Atrées		
Stratégie		
Polytope de Cluny (synthèse sonore : ST + Cos-G signaux de Gabor)		
<i>Cribles</i>	<i>Parcours aléatoires</i>	<i>Arborescences</i>
Persephassa	Mikka	Evryali
Nomos Alpha	Mikka « S »	Erikhthon
Nomos Gamma	Cendrées	Cendrées
	N'Shima	Empreintes
		Noomena
		Phlegra
		Khoai
<i>Variations polygonales</i>	<i>Chaînes markoviennes</i>	<i>UPIC</i>
Légende d'Er (Diatope)	Syrmos	Mycenae-Alpha
Jonchaies	Analogiques A et B	Anemoessa
Ikhoor		

Spectacles de Musique et de Lumière

Polytope de Cluny : premier spectacle visuel entièrement automatisé.
Diatope : spectacle de lumière et de musique entièrement automatisé
et utilisant tous les autres moyens de composition aux niveaux macro-
microscopiques et intermédiaires.

Ces deux spectacles ont été combinés avec d'autres tels que les
Polytopes de Montréal, de Persépolis et de Mycènes.

LA CRISE DE LA MUSIQUE SÉRIELLE

Résumons les acquisitions de Schönberg, Berg et Webern.

a) Les matériaux de la musique sérielle s'identifient avec trois des composantes du son : la fréquence, l'intensité, le timbre ;

b) La fréquence domine les autres composantes, qui n'interviennent que secondairement et arbitrairement ;

c) La durée est encore moins organisée et n'apparaît que sous sa forme traditionnelle ;

d) L'effort d'organisation porte uniquement sur les fréquences et se traduit par un arrangement linéaire (succesif) des douze sons ;

e) La polyphonie linéaire de la Renaissance, à l'exclusion du contrôle harmonique, constitue la trame sur laquelle est élaborée la forme. La forme, en dernière analyse, n'est que l'ensemble des « manipulations » multilinéaires de la série fondamentale ;

f) Le côté quantitatif et géométrique de toute musique, devient, avec l'École de Vienne, prépondérant.

Cependant Messiaen devait, par sa recherche acharnée sur le rythme, régénérer et réinstaller à la place d'honneur la durée, ce parent pauvre de la musique sérielle.

Simultanément, Messiaen tirait les dernières conclusions de la musique sérielle et lui faisait franchir un pas génial d'organisation de toutes les composantes du son.

En effet, c'est en 1942, alors qu'il enseignait la musique sérielle à ses élèves Nigg, Boulez et Martinet, qu'il leur conseilla d'écrire des œuvres sérielles non seulement avec des séries de fréquences, mais aussi avec des séries d'intensités, de timbres et de durées. Mais ce n'est qu'en 1949 qu'il réalisa pour piano son idée féconde dans *Mode de valeurs et d'intensités*. Aussitôt tous les jeunes eurent comme un éblouissement et se

lancèrent dans des compositions imitant ou paraphrasant cette œuvre.

C'est ainsi que, pendant un quart de siècle, fut bâtie la pyramide sonore dont le sommet se trouve occupé par la synthèse de Messiaen.

Dominer le monde sonore, par l'analyse de ses composantes et par leur synthèse. Voilà le mot d'ordre de toute l'aile dite d'avant-garde. Frénésie de décomposition du son, d'imbrications de ses composantes, de re-composition.

La musique actuelle est sous le signe du Rationalisme. Qui dit raison dit estimation quantitative. En effet, comme nous l'avons constaté plus haut, cet effort de domination raisonnée du monde sonore aboutit à une domination par le caractère quantitatif et géométrique.

Par ailleurs, les appareils électromagnétiques ou électroniques ont ouvert des champs de possibilités qui annulent les obstacles d'ordre technique, tels que la composition des timbres de l'orchestre classique ou la virtuosité des exécutants. Dorénavant, tout, ou presque tout, est permis au compositeur sériel. Combinaisons de timbres inouïs, durées infinitésimales ou infinies, intensités de tout ordre, continuité absolue ou discontinuité de mouvement. Mais de ce fait, justement, le système sériel se trouve en porte-à-faux. Il semble que la synthèse totale de Messiaen ait mis le point final à son évolution. Depuis des années, les perfectionnements de détail n'ont pas fait de brèche dans l'impasse. La crise de la musique sérielle est ouverte.

En effet, le système sériel est remis en question en ses deux bases, qui contiennent en germe leur destruction et leur dépassement propres :

- a) la série ;
- b) la structure polyphonique.

La série (de toute nature) procède d'une « catégorie » linéaire de la pensée. Elle est un chapelet d'objets en

nombre fini. Il y a objet et il y a nombre fini parce que il y a eu le piano tempéré avec 12 sons (aux octaves près). Il serait absurde de penser, en électronique, uniquement en quanta de fréquences. Pourquoi 12 et pas 13 ou n sons ? Pourquoi pas la continuité du spectre des fréquences ? du spectre des timbres ? du spectre des intensités et des durées ? Mais laissons de côté la question de la continuité (elle sera d'ailleurs dans peu de temps, pour la recherche musicale, le pendant de l'état ondulatoire du corpuscule-onde de la matière), et revenons à l'aspect discontinu des spectres du son, aspect fondamental des sensations humaines (lois logarithmiques ou arithmétiques de perceptibilité comparative des fréquences, des intensités, des durées).

Supposons donc, pour simplifier, une progression géométrique des fréquences (ou d'une autre composante du son) à n termes. L'ordre des n termes peut être permuté. Dans la série classique, le choix de l'arrangement des 12 sons était plus ou moins arbitraire mais constant pour une œuvre donnée (série originale). Avec les n termes, on peut utiliser n factorielle ($n! = 1. 2. 3... n$) permutations. Toute une logique, basée sur le calcul combinatoire et sur les conditions de départ, peut donner un emploi musical de ces n objets (de fréquences ou d'autres composantes).

Le calcul combinatoire n'est qu'une généralisation du principe sériel. Il se trouve en germe dans le choix de l'arrangement original des 12 sons. Messiaen avait là aussi pressenti ce secret dans les « interversions » des 12 sons et des durées dans *Ile de feu 2*.

La polyphonie linéaire se détruit d'elle-même par sa complexité actuelle. Ce qu'on entend n'est en réalité qu'amas de notes à des registres variés. La complexité énorme empêche l'audition de suivre l'enchevêtrement des lignes et a comme effet macroscopique une dispersion irraisonnée et fortuite des sons sur toute l'étendue

du spectre sonore. Il y a par conséquent contradiction entre le système polyphonique linéaire et le résultat entendu, qui est surface, masse.

Cette contradiction inhérente à la polyphonie disparaîtra lorsque l'indépendance des sons sera totale. En effet, les combinaisons linéaires et leurs superpositions polyphoniques n'étant plus opérantes, ce qui comptera sera la moyenne statistique des états isolés de transformation des composantes à un instant donné. L'effet macroscopique pourra donc être contrôlé par la moyenne des mouvements des n objets choisis par nous. Il en résulte l'introduction de la notion de probabilité, qui implique d'ailleurs dans ce cas précis le calcul combinatoire.

Voilà, en peu de mots, le dépassement possible de la « catégorie linéaire » de la pensée musicale. Varèse, d'instinct et en partant d'une conception esthétique étrangère à la musique sérielle, a employé des amas de rythmes et de timbres ainsi que d'intensités dans *Intégrales, Ionisation et Déserts*.

Mais la musique a eu et aura toujours, de par son essence, un aspect sensoriel. Peut-on imaginer une musique pensée, sans support matériel ? Messiaen prétend que oui ! Mais, dans ce cas, ne serait-ce pas plutôt une sorte de logique inductive ou démonstrative ? une sorte de système abstrait ou de philosophie d'art ? Cette dernière hypothèse d'art sans matérialisation est un sophisme, une absurdité.

Pour définir le sens de la musique, il faudrait revenir aux notions simples de sens, de messages-signaux à ces sens, et de pensées véhiculées par ces signaux. Le point donc de départ et d'arrivée est l'homme. La musique étant un message (véhiculé par la matière) entre la nature et l'homme ou entre les hommes entre eux, elle doit être apte à parler à toute la gamme humaine de perception et d'intelligence.

De plus, l'homme aimera toujours chanter puisqu'il a une voix, et toujours danser puisqu'il a un corps en liberté. L'expansion prodigieuse du jazz, avec ses rythmes de danse puissants et ses mélodies brutales, qui contrastaient avec la somnolence des musiques légères ou folkloriques, en est une démonstration. Un courant constant entre la nature biologique de l'homme et les constructions de l'intelligence doit être établi, sinon les prolongements abstraits de la musique actuelle risquent de s'égarer dans un désert de stérilité.

LETTRE À HERMANN SCHERCHEN

À propos des « manipulations » et de la « conception » dans votre article du n° 4 des *Gravesaner Blätter*.

Il est vrai que lorsque l'on découvre un quelque chose technique (« manipulations »), on a toujours tendance à l'exploiter en soi, en oubliant que ce quelque chose est né d'un embouteillage encéphalique de vieux concepts et façons d'être et de nouveaux, posés par les faits les plus distants de la vie quotidienne. Puis on se dessèche et l'art pour l'art a un nouvel adepte...

Je ne crois pas que le calcul des probabilités soit un jeu pur. La composition que j'ai écrite (*Pithoprakta*) existait en moi avant l'étude mathématique, qui a seulement permis une formulation plus précise, plus claire :

a) Les transformations graduelles et imperceptibles conduisant à des modifications formidables des données initiales m'ont toujours hanté, et peut-être ce ne sont que des rappels, des casse-tête logiques de la continuité et de la discontinuité, de l'immobilité ou du mouvement, du calcul intégral. Le *glissando* n'est qu'un aspect de la transformation continue. La transformation statistique en est un autre.

Je me souviens d'un film accéléré sur la formation des nuages. C'était un trésor de plasticité statistique.

b) Les états massiques. Les grandes manifestations politiques, les faits sociologiques, économiques, physiques, astrophysiques, nous ont familiarisés avec des états où les moyennes statistiques donnent un visage aux masses et, du coup, à l'individu constitutif. On ne peut oublier l'effet ahurissant d'une énorme foule dont les mots d'ordre sont déréglés.

c) Enfin, depuis longtemps la dualité historique harmonie-contrepoint me paraissait comme une dyade décapitée, thèse-antithèse sans synthèse. La dodécaphonie

sérielle donnait une réponse en favorisant la ligne sérielle horizontale – le contrepoint.

L'être unique derrière ses deux visages : harmonie-contrepoint, pourrait être une notion de densité de fréquences qui est variable dans le temps et qui, donc, tantôt est agrégat vertical, tantôt suite horizontale de sons.

Pour une expression des forces vitales de l'homme d'aujourd'hui, l'*éthos* musical ne peut plus passer par l'atmosphère humide du romantisme du XIX^e siècle, qui est évincé de toutes ses positions évidentes ou crypto.

La nouvelle génération n'est pas romantique, n'est pas classique, n'est pas néoclassique. Elle est autre. Sans titre pour l'instant mais avec un visage. Les sports, la politique, l'avion, la télévision, les servo-mécanismes, l'atome sont des traits. La musique qui doit exprimer ses forces morales et intellectuelles ne peut plus être une musique de salon linéaire. Elle doit sortir dans les vastes acquisitions des formes de vie et de pensée de cette génération. La théorie et le calcul des probabilités sont des instruments féconds qui ouvrent de nouveaux horizons non seulement dans la « manipulation » (technique) mais aussi dans la « conception ».

Mon œuvre *Pithoprakta* n'est pas bâtie entièrement avec les probabilités. Certains passages seulement ne pouvaient trouver d'appui que dans les probabilités. Mais la pensée n'est pas linéaire. Elle est fondamentalement globale, massique.

THÉORIE DES PROBABILITÉS ET COMPOSITION MUSICALE

Le processus de la pensée musicale instrumentale est capital, car c'est lui qui donnera bientôt le substrat théorique et doctrinaire pour une musique électronique, concrète ou, en général, pour une musique de sons fabriqués mécaniquement.

La musique sérielle proposait un système dont la substance en dernière analyse était constituée par ses propriétés géométriques et quantitatives. Par exemple, les quatre formes de la série pour les géométriques, le nombre de demi-tons des intervalles pour les quantitatives. La pensée pure des mathématiques était ainsi consciemment réintroduite dans la composition musicale. Les nouvelles conceptions purificatrices restaient toutefois enfermées dans leurs gaines linéaires et les êtres musicaux ne se formaient qu'à partir des chapelets des douze sons à la manière des combinaisons chromosomiques, dont les constituants sont les gènes. C'est comme si la musique dodécaphonique avait libéré tous les sons tempérés et, prise de peur devant cet acte inouï, s'était dépêchée de s'abriter dans des formes de pensées appartenant à d'autres siècles.

Que faire avec les 80 sons du piano tempéré, tous égaux, mais distincts ? Jusqu'ici, avec des lignes mélodiques, l'art polyphonique la guidait d'une main sûre. Ainsi, une frontière « de mentalité » était créée, qui empêchait l'exploitation totale de l'élargissement dodécaphonique.

Nous verrons tout de suite comment la théorie et le calcul des probabilités liquident cet obstacle et nous permettent de composer avec 80 ou 1 000 sons si l'on veut, en utilisant ces sons d'une façon globale, en masse et non plus linéairement. La polyphonie deviendrait ainsi

un cas particulier de cette musique, et une nouvelle plastique sonore serait créée.

Nous pouvons examiner une à une les composantes du son qui ne sont d'ailleurs aucunement en relation de cause à effet. Ce sont des variables indépendantes et la synthèse musicale ne procède que par comparaisons et attributions plus ou moins liées de ces composantes.

Les durées. Le temps est considéré comme une ligne droite sur laquelle il s'agit de marquer des points correspondants aux variations des autres composantes. L'intervalle entre deux points s'identifie avec la durée. Parmi toutes les successions possibles de points, laquelle est à choisir ? Ainsi posée, la question n'a pas de sens.

Je désigne une moyenne de points sur une longueur donnée. La question devient : Étant donné cette moyenne de points, entre quelles limites les segments ainsi créés peuvent-ils varier ?

La formule qui découle des raisonnements des probabilités continues, et qui donne les probabilités pour toutes ces longueurs possibles lorsqu'on connaît la moyenne des points placés au hasard sur une droite, est :

$$P_x = \delta e^{-\delta x} dx$$

dans laquelle δ est la densité linéaire des points et x la longueur d'un segment quelconque. L'écart type est $\sigma = \frac{1}{\delta}$. On sait que des variations de $\pm 5 \sigma$ sont hautement improbables.

Si maintenant nous faisons un choix de points et si nous le comparons à une distribution théorique obéissant à la loi précédente ou à une autre distribution quelconque, nous pouvons déduire la quantité de hasard incluse dans notre choix ou l'adaptation plus ou moins rigoureuse de notre choix à une loi de distribution qui peut même être

absolument fonctionnelle. La comparaison est faite à l'aide de tests dont le plus usité est le critérium « χ^2 » de Pearson. Dans notre cas, où toutes les composantes du son sont mesurables, nous utiliserons de plus le coefficient de corrélation. On sait que si le coefficient de corrélation de deux populations est ± 1 , ces populations sont en relation fonctionnelle linéaire. Si ce coefficient est zéro, les deux populations sont indépendantes. Tous les degrés intermédiaires sont possibles, ce qui signifierait des dépendances plus ou moins étroites.

Les hauteurs. Supposons une durée quelconque et un ensemble de hauteurs ponctuelles assujetties à cette durée. La densité moyenne étant donnée, quelles sont les probabilités pour avoir telle ou telle densité ? La formule de Poisson répond à cette question :

$$P\mu = \frac{\mu_0^\mu}{\mu!} e^{-\mu_0}$$

μ_0 est la densité moyenne, μ une densité quelconque et $\sigma = \sqrt{\mu_0}$ l'écart type. Des fluctuations de $\pm 5 \sigma$ sont hautement improbables. Comme pour les durées, des comparaisons avec d'autres distributions de hauteurs peuvent façonner la loi à laquelle nous voulons que notre choix de hauteurs obéisse.

La dynamique, les timbres, peuvent aussi obéir à la loi de Poisson.

Les vitesses. Nous venons de parler des sons ponctuels, granulaires. Il existe une autre catégorie de sons, les sons à variation continue ou les glissés. De toutes les formes possibles que peut prendre un son glissé, nous choisissons la plus simple, le glissement uniformément continu. Ce son glissé peut être assimilé sensoriellement et physiquement à la notion mathématique de vitesse.

D'où une représentation vectorielle à une dimension. La grandeur scalaire du vecteur est donnée par l'hypothénuse du triangle rectangle dont les deux autres côtés sont la durée et l'intervalle de hauteurs parcourus. Toutes les opérations mathématiques sont donc permises avec les sons continus (glissés). Les sons traditionnels des instruments, par exemple à vent, sont des cas particuliers où la vitesse est zéro. Un glissement vers les hauteurs aiguës peut-être défini comme positif ; un autre, vers les graves, négatif. La loi de Boltzmann et Maxwell donnant la répartition des vitesses des molécules d'un gaz pour une température connue, transposée à une dimension, nous conduit à la formule suivante :

$$f(v) = \frac{2}{\alpha \sqrt{\pi}} e^{-\frac{v^2}{\alpha^2}}$$

qui est une distribution gaussienne, $f(v)$ est la probabilité d'existence de la vitesse v et α une constante définissant la « température » de cette atmosphère sonore. La moyenne arithmétique \bar{v} est égale à $\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}$ et l'écart type est

$$\sigma = \sqrt{\frac{\pi - 2}{2\pi}} \alpha \sim 0,425 \alpha$$

Nous donnons un exemple tiré de l'œuvre *Pithoprakta*, écrite pour orchestre à cordes. Le graphique représente un ensemble de vitesses, de « température » $\alpha = 35$. En abscisse figure le temps. Unité du temps : 5 cm \equiv 26 MM.

L'unité est subdivisée en trois, quatre et cinq parties égales, qui permettent les durées différentielles très

faibles. En ordonnées figurent les logarithmes binaires des fréquences. L'unité, c'est le demi-ton $\hat{=}$ 0,25 cm. À une tierce majeure correspond 1 cm de l'ordonnée. Chaque ligne brisée est attribuée à un instrument à cordes dont le nombre total est 46. Chacune des droites représente une vitesse tirée du tableau de probabilités calculé avec la formule

$$f(v) = \frac{2}{\alpha \sqrt{\pi}} e^{-\frac{v^2}{\alpha^2}}$$

Ont été calculées et dessinées pour ce passage, de la mesure 52 à la mesure 60 d'une durée de 18,5 secondes, 1 142 vitesses distribuées d'après la loi de Gauss en 58 valeurs distinctes. La distribution est gaussienne, mais la forme géométrique est une modulation plastique de la matière sonore. Le même passage est transposé en écriture traditionnelle. Donc nous avons sous les yeux une masse sonore dont :

1. les durées ne varient pas ;
2. les hauteurs sont modulées plastiquement ;
3. la densité à chaque instant est constante ;
4. la dynamique est *ff* sans variation ;
5. les timbres sont constants ;
6. les vitesses déterminent une « température » qui est soumise aux fluctuations locales, mais, dans l'ensemble, elle est définie. La distribution des vitesses est gaussienne.

Entre toutes les composantes du son, nous pouvons établir des corrélations avec des liaisons plus ou moins étroites. Quelques exemples de corrélations possibles sont indiqués dans la figure 3, page 32, des *Gravesaner Blätter*.

La corrélation la plus usitée est celle dont le coefficient de corrélation est donné par la formule :

$$\rho = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y - \bar{y})^2}}$$

\bar{x} et \bar{y} sont les moyennes arithmétiques des deux variables.

Voilà donc en résumé l'aspect technique d'un début d'utilisation de la théorie et du calcul des probabilités dans la composition musicale.

Avec ce qui précède, nous pouvons déjà contrôler :

a) les transformations continues de grands ensembles de sons granulaires ou continus. En effet, les densités, les durées, les registres, les vitesses, etc., peuvent être soumis aux lois des grands nombres avec les approximations nécessaires. Nous pouvons donc, à l'aide des moyennes et des écarts, donner des visages à ces ensembles et les faire évoluer dans différentes directions. La plus connue est celle allant de l'ordre au désordre ou vice versa. La notion de l'entropie y est introduite, mais il faut bien se garder de confondre physique et art. Le sens philosophique et téléologique de l'entropie est peut-être valable dans certains domaines de la macro ou microphysique, mais il serait absurde d'en faire dans tous les cas un principe moteur en musique probabiliste. Nous pouvons concevoir d'autres transformations continues.

Par exemple, un ensemble de sons pincés se transformant d'une façon continue en un ensemble de sons *arco*. Ou, en musique mécanisée, passer d'une matière sonore à une autre matière, assurant ainsi une liaison organique entre les deux matières. Pour illustrer cette idée, je rappelle le sophisme grec de la calvitie : « Combien de cheveux faut-il enlever à un crâne chevelu pour qu'il devienne chauve ? » C'est un problème résolu par la théorie des probabilités et qui est connu sous le terme de « définition statistique » ;

b) une transformation peut être explosive lorsque les

écarts de la moyenne deviennent brusquement exceptionnels ;

c) nous pouvons également confronter des faits hautement improbables avec les faits moyens. (Mais il faut matériellement convaincre l'esprit que les faits moyens sont moyens et que les exceptionnels sont exceptionnels. D'où, la création d'un processus intellectuel nouveau en musique) ;

d) des atmosphères sonores très raréfiées peuvent être travaillées et contrôlées à l'aide de formules comme celles de Poisson. Ainsi, même une musique pour instrument solo peut être composée avec les probabilités ;

e) finalement, en revenant au sophisme de la calvitie, nous allons voir que le problème de l'identité logique, qui est la clef de la variation, est posé d'une façon nouvelle :

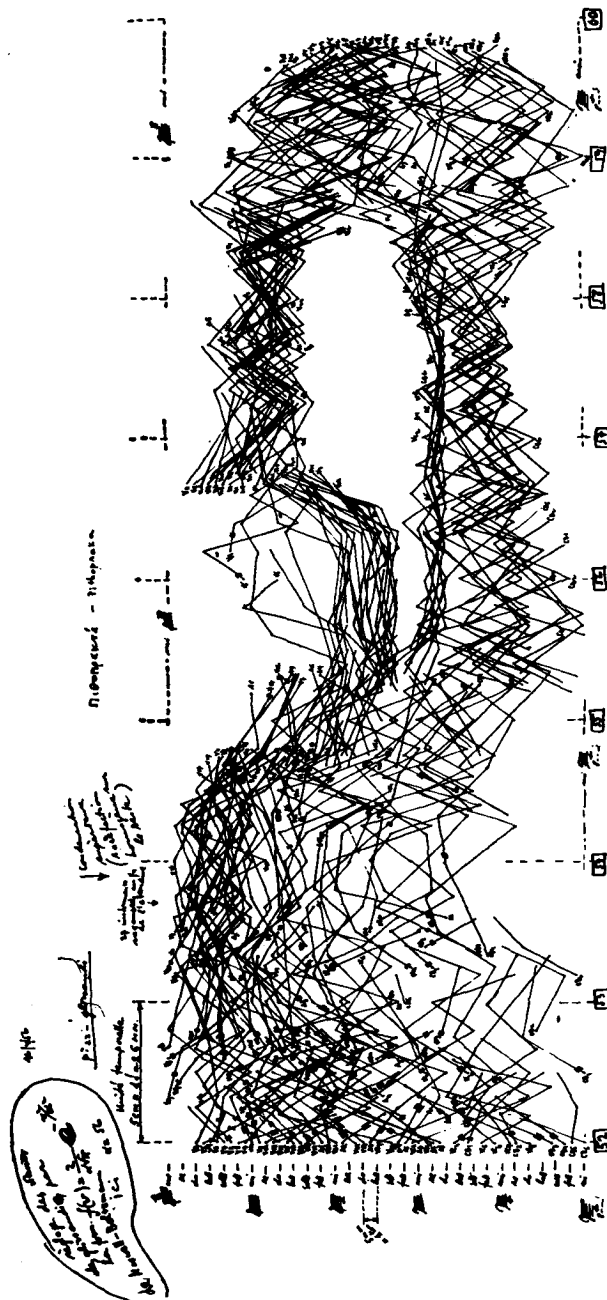
Problème. J'ai un rythme uniforme A. Si je change suffisamment ce rythme A, ce ne sera plus le même rythme. Il deviendra B. Dans quelles limites le rythme initial A peut-il varier sans qu'il soit considéré comme B ?

de 10 % ?

de 20 % ?

de X % ?

Ici est introduite la théorie des erreurs de Gauss et de là le calcul des probabilités. A est finalement défini statistiquement à l'aide des écarts. Ceci n'a rien à voir avec la notion de perception sensorielle et de quantum de perception. C'est un problème pur de logique et de variation plastique. Le thème de l'identité peut être généralisé pour toutes les composantes du son et même pour des sections entières, pour des ensembles de sons, ce qui nous ramène aux points précédents.



Graphique dessiné par Iannis Xenakis.

ÉLÉMENTS SUR LES PROCÉDÉS PROBABILISTES (STOCHASTIQUES) DE COMPOSITION MUSICALE

Dans le climat actuel des musiques d'avant-garde qui consolident le présent et préparent l'avenir ou qui plongent directement dans le futur, on oublie de préciser le but fondamental de l'art. Tel critique, tel compositeur, tel technicien dévie dans des aperçus et des sophismes de détail, confondant ainsi le caillou avec la sculpture, la technique avec l'œuvre. L'esthétique, elle, en tant que la science du « Beau », vit dans le fatras des terminologies et des ergotages que les siècles ont charriés : il n'y a qu'à parcourir les comptes rendus du dernier Congrès d'esthétique d'Athènes pour se convaincre du vide assourdissant qu'elle couve dans son train-train rococo.

L'art, et surtout la musique, a bien une fonction fondamentale qui est de catalyser la sublimation qu'il peut apporter par tous les moyens d'expression. Il doit viser à entraîner par des fixations repères vers l'exaltation totale dans laquelle l'individu se confond, en perdant sa conscience, avec une vérité immédiate, rare, énorme et parfaite. Si une œuvre d'art réussit cet exploit, ne serait-ce qu'un instant, elle atteint son but. Cette vérité géante n'est pas faite d'objets, de sentiments, de sensations, elle est au-delà – comme la *Septième Symphonie* de Beethoven est au-delà de la musique. C'est pourquoi l'art peut conduire aux régions qu'occupent encore chez certains les religions.

Mais cette transmutation de l'artisanat quotidien, qui métamorphose les produits triviaux en méta-art, est un secret. Les « possédés » y arrivent sans en connaître les « mécanismes ». Les autres se débattent dans les bas courants idéologiques et technicistes de leur époque qui

constituent le « climat » périssable, la mode des expressions.

En gardant les yeux posés sur ce but suprême méta-artistique, nous allons essayer de définir plus modestement les voies qui peuvent y conduire, à partir du magma des contradictions des musiques actuelles.

La première tâche est celle de faire abstraction de toutes les conventions héritées et d'exercer une critique fondamentale des actes de la pensée et de leur matérialisation. Ceux qui ne l'ont pas fait se sont laissés bercer soit par les mécanismes des musiques tonales ou modales, soit par leur prolongement direct qu'est la musique sérielle. Ces derniers ont d'ailleurs perdu de vue la vision méta-musicale pour ne s'acharner que sur la métrique ordinaire.

En effet, que propose une œuvre musicale au niveau strict de la construction ? Elle propose une collection de successions qu'elle veut causales. Lorsque, pour simplifier, la gamme majeure impliquait la hiérarchie des fonctions tonales (tonique-dominante-sous-dominante), autour desquelles gravitaient les autres tons, elle structurait ainsi, d'une part, les processus linéaires, les mélodies et, d'autre part, les simultanités, les accords, d'une manière fortement déterministe. Puis les sériels de l'École de Vienne ont remplacé cette organisation fortement causale par une autre, plus abstraitement rigoureuse, ce qui fait leur grand mérite. Messiaen généralisa cette démarche et fit un grand pas en systématisant l'abstraction de toutes les variables de la musique instrumentale. Ce qui est paradoxal, c'est qu'il le fit dans l'esprit modal. Il créa une musique multimodale qui trouva immédiatement des imitateurs dans la musique sérielle « propagandisée » par Leibowitz. L'abstraction énorme de Messiaen se trouvait d'emblée plus justifiée dans une musique multisérielle. De là, les néo-sériels d'après-guerre ont tiré toute leur sève. Ils pouvaient

maintenant, à la suite des Viennois et de Messiaen, avec à l'occasion quelques emprunts à Stravinsky et Debussy, marcher les yeux fermés et proclamer une vérité plus forte que toutes les autres qui n'étaient que partielles. D'autres courants se fortifièrent dont le principal est celui de l'exploration systématique des êtres sonores, d'instruments « bizarres », des bruits. Varèse en était le pionnier et les musiques électromagnétiques les bénéficiaires (la musique électronique étant une succursale de la musique instrumentale). Par contre, les problèmes de construction et de morphologie n'étaient pas consciemment posés. La musique multisérielle – fusion de la multimodalité de Messiaen et de la série viennoise – restait au cœur du problème fondamental de la musique.

Mais déjà, en 1954, elle s'essouffait, car la complexité absolument déterministe des opérations compositionnelles et des œuvres engendrait un non-sens auditif et idéologique. Je constatais l'événement dans un article paru en 1955, dans le n° 1 des *Gravesaner Blätter*, intitulé « La crise de la musique sérielle ».

« La polyphonie linéaire, disais-je, se détruit d'elle-même par sa complexité actuelle. Ce qu'on entend n'est en réalité qu'amas de notes à des registres variés. La complexité énorme empêche l'audition de suivre l'enchevêtrement des lignes et a comme effet macroscopique une dispersion irraisonnée et fortuite des sons sur toute l'étendue du spectre sonore. Il y a, par conséquent, contradiction entre le système polyphonique linéaire et le résultat entendu, qui est surface, masse.

« Cette contradiction inhérente à la polyphonie disparaîtra lorsque l'indépendance des sons sera totale. En effet, les combinaisons linéaires et leurs superpositions polyphoniques n'étant plus opérantes, ce qui comptera sera la moyenne statistique des états isolés de transformation des composantes à un instant donné. L'effet macroscopique pourra donc être contrôlé par la moyenne

des mouvements des n objets choisis par nous. Il en résulte l'introduction de la notion de probabilité, qui implique d'ailleurs dans ce cas précis le calcul combinatoire. Voilà, en peu de mots, le dépassement possible de la "catégorie linéaire" "de la pensée musicale". »

Cette citation attira à l'époque les foudres de certaines des têtes néo-sérielles, qui me traitèrent d'imbécile, ce qui était plausible. Mais, aujourd'hui, eux aussi font du hasard en musique. J'étais donc, en 1954, à l'avant-garde de leur imbécillité actuelle.

Cette citation sert de pont à l'introduction des mathématiques en musique. Car si, grâce à la complexité, la causalité stricte, déterministe, que prônaient les néo-sériels était perdue, il fallait la remplacer par une causalité plus générale, par une logique probabiliste qui contiendrait comme cas particulier la causalité stricte sérielle. C'est le cas de la « stochastique ». La stochastique étudie et formule les lois dites des grands nombres, ainsi que celles des événements rares, les processus aléatoires, etc. Voici donc comment, à partir entre autres de l'impasse des musiquesérielles, est née en 1954 une musique fabriquée de hasard que, deux ans plus tard, j'ai baptisée « musique stochastique ». Les lois du calcul des probabilités entraînent par nécessité musicale dans la composition.

Mais d'autres voies conduisent aussi au même carrefour stochastique. Tout d'abord, des événements naturalistes, tels que les chocs de la grêle ou de la pluie sur des surfaces dures, ou encore le chant des cigales dans un champ en plein été. Ces événements sonores globaux sont faits de milliers de sons isolés dont la multitude crée un événement sonore nouveau sur un plan d'ensemble. Or, cet événement d'ensemble est articulé et forme une plastique temporelle qui suit, elle aussi, des lois aléatoires, stochastiques. Si donc on veut modeler un grand amas de notes ponctuelles telles que des *pizzicati* de cordes, il faut connaître ces lois mathématiques, qui ne sont d'ailleurs ni

plus ni moins qu'une expression dense et serrée d'une chaîne de raisonnements logiques. Tout le monde a observé les phénomènes sonores d'une grande foule politisée de dizaines ou de centaines de milliers de personnes. Le fleuve humain scande un mot d'ordre en rythme unanime. Puis un autre mot d'ordre est lancé en tête de la manifestation et se propage jusqu'à la queue en remplaçant le premier. Une onde de transition part ainsi de la tête à la queue. La clameur emplît la ville, la force inhibitrice de la voix et du rythme est culminante. C'est un événement hautement puissant et beau dans sa férocité. Puis le choc des manifestants et de l'ennemi se produit. Le rythme parfait du dernier mot d'ordre se rompt en un amas énorme de cris chaotiques qui, lui aussi, se propage à la queue. Imaginons de plus des crépitements de dizaines de mitrailleuses et les sifflements des balles qui ajoutent leurs ponctuations à ce désordre total. Puis, rapidement, la foule est dispersée, et à l'enfer sonore et visuel succède un calme détonnant, plein de désespoir, de mort et de poussière. Les lois statistiques de ces événements vidés de leur contenu politique ou moral sont celles des cigales ou de la pluie. Ce sont des lois du passage de l'ordre parfait au désordre total, d'une manière continue ou explosive. Ce sont des lois stochastiques.

Ici nous touchons du doigt un des grands problèmes qui ont hanté l'intelligence depuis l'Antiquité : la transformation continue ou discontinue. Les sophismes du mouvement (Achille et la tortue), celui de la définition (calvitie), sont, notamment le dernier, résolu par la définition statistique, c'est-à-dire stochastique. Or, on peut engendrer la continuité soit à l'aide d'éléments continus, soit à l'aide d'éléments discontinus. Une foule de *glissandi* courts de cordes peut donner l'impression du continu et une foule d'événements *pizzicati* le peut également. Les passages d'un état discontinu à un état continu sont réglables à l'aide de la stochastique. J'ai fait

toutes ces expériences passionnantes dans des œuvres instrumentales depuis longtemps déjà. Mais leur caractère mathématique a effarouché les musiciens et a rendu leur approche et leur compréhension particulièrement difficiles. Ces derniers temps, un déclic s'est produit et « l'appréciation » a fait beaucoup de progrès. Il faut du temps pour que les idées nouvelles fassent leur chemin.

Voici encore une autre direction qui converge, elle aussi, vers la stochastique. L'étude de la variation, par exemple du rythme, qui, elle aussi, doit énormément aux travaux de Messiaen, pose le problème de savoir quelle est la limite de l'asymétrie totale, de la rupture par conséquent complète de la causalité entre les durées. Les sons d'un tube Geiger⁷ à proximité d'une source radioactive en donnent une image assez saisissante. La stochastique en fournit les lois. Avant de clore ce petit tour d'observation des événements riches en logique nouvelle et qui récemment encore étaient fermés à l'entendement, j'ouvre une petite parenthèse. Si les *glissandi* sont longs et dûment enchevêtrés, nous obtenons des espaces sonores d'évolution continue. Parmi ces possibilités, il y a celles qui fournissent graphiquement (les *glissandi* étant dessinés sous forme de droites) des surfaces réglées. J'en ai fait l'expérience dans les *Metastasis* créés, en 1955, à Donaueschingen. Or, quelques années plus tard, lorsque l'architecte Le Corbusier, dont j'étais le collaborateur, m'a demandé de lui proposer un projet pour l'architecture du Pavillon Philips de Bruxelles, mon travail de conception a été aiguillé par l'expérience des *Metastasis*. Ainsi, je crois que, cette fois, musique et architecture ont trouvé une correspondance intime.

Je donne, sans les expliquer, quelques-unes des formules stochastiques que, depuis des années, j'utilise en composition. *Pithoprakta*, pour orchestre à cordes, composé en 1955 et créé par Hermann Scherchen en 1957, à Munich, en propose déjà plusieurs aspects.

La formule de Poisson $P_k = \frac{m^k}{K!} e^{-m}$ pour les densités de particules sonores.

La loi de Maxwell-Boltzmann-Gauss

$$f(v) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{v^2}{a^2}}$$

pour les pentes des *glissandi*.

Une loi de probabilités continues $P_x = a e^{-ax} dx$ pour les durées.

Une deuxième loi de probabilités continues :

$$p(j) dj = \frac{2}{a} \left(1 - \frac{j}{a}\right) dj$$

pour les intervalles et les intensités.

Ces lois, qu'on rencontre depuis peu dans une pléthore de domaines, sont de véritables diamants de la pensée contemporaine. Elles régissent les lois de l'apparition de l'être et de son devenir. Il faut bien comprendre qu'elles ne sont pas un but, mais de merveilleux outils de confection, des garde-fous logiques d'une logique plus générale que celle, binaire, d'Aristote.

Mais c'est ici que se place un retour de flamme. Cette fois, ce sont ces outils stochastiques qui vont poser une question fondamentale : Quel est le minimum de contraintes logiques nécessaires à la fabrication d'un processus musical ?

Voici une réponse valable pour une musique instrumentale – qui d'ailleurs peut s'appliquer à toute sorte de procédés d'émissions des sons :

1. Il existe dans un espace donné des instruments de musique et des hommes ;

2. Il existe des modes de contacts entre ces hommes et ces instruments qui permettent l'émission de sons instrumentaux.

C'est tout comme hypothèse. À partir de ces deux contraintes et à l'aide de la stochastique, toute une œuvre a été bâtie, sans admettre aucune autre restriction. Elle a été créée par Hermann Scherchen en 1958 à Buenos Aires. C'est *Achorripsis*, pour 21 instruments.

Si les premiers pas pouvaient se résumer par le processus : vision – règles – œuvre, la question du minimum a produit un chemin inverse : règles – vision. Car c'est une vision fondamentalement philosophique que permet la stochastique. Elle permet d'abord l'élaboration plastique d'une vision, puis, elle conduit à la connaissance, comme le dernier exemple en fait foi.

Avant de généraliser davantage l'essence de la composition musicale, il faut parler du principe d'improvisation, qui fait fureur chez les néo-sériels et qui leur donne le droit, pensent-ils, de parler de hasard, d'aléatoire, qu'ils introduisent ainsi en musique. Ils écrivent d'abord des partitions dans lesquelles certaines combinaisons de sons sont choisies librement par l'interprète. Il est évident que ces compositeurs considèrent les permutations de ces groupes de sons comme équivalentes. Or, deux infirmités logiques sont à mettre en relief qui leur enlèvent le droit de parler de hasard :

a) L'interprète est un être fortement conditionné ; on ne peut donc admettre la thèse de l'interprète-roulette. Les martingales de Monte-Carlo et les théories de suicides devraient convaincre quiconque, une fois pour toutes. Nous y reviendrons.

b) Le compositeur fait acte de démission lorsqu'il admet plusieurs « circuits » possibles et équivalents. Au nom du schème, on trahit le problème du choix. De toute manière, il n'y a aucune trace d'aléatoire dans la pensée

du compositeur actuel ni dans le résultat sur son papier réglé, à moins qu'il n'ait joué ses sons aux dés, ce qui est absurdemment primaire, puéril et inintéressant.

Le prolongement extrémiste de cette attitude utilise des signes graphiques quelconques sur un papier que l'interprète lit en improvisant le tout. Les deux infirmités précédentes sont ici terriblement grossies. J'aimerais poser une question : supposons ce papier placé en face d'un interprète, incomparable spécialiste de Chopin. Le résultat ne serait-il pas modulé par le style et l'écriture de Chopin, à la manière récente qu'on avait de jouer les cadences libres des concertos ? Donc sans intérêt. Par contre, il y aurait deux conclusions à tirer ; la première : la musique sérielle s'est suffisamment banalisée pour pouvoir être improvisée, ce qui confirme l'impression générale ; la deuxième étant que le compositeur démissionne totalement de son rôle, qui peut être repris par des peintres ou par des glyphes cunéiformes.

Pourtant, cette attitude vide de sens peut dans un cas seulement être vraie. Détruire la conscience et laisser émerger les strates inférieures du psychisme dans des actes irraisonnés est une chose passionnante, mais qui devrait se compléter par des conceptions yoga, de domination des réflexes, etc. Cette voie, ouverte en musique par John Cage, Earl Brown et Tudor, s'apparente aux essais de certaines peintures et poésies. Elle est grosse de promesses, dans un futur qui devra donner l'intégration de la raison consciente et subconsciente en un tout harmonieux perdu depuis longtemps.

Pour terminer avec la thèse du musicien-roulette, j'ajoute ceci : le hasard est une chose rare, un traquenard ; on peut le construire jusqu'à un certain point, très difficilement à l'aide de raisonnements complexes qui se résument par des formules mathématiques ; on peut le construire, un peu, mais jamais l'improviser, l'imiter

mentalement. Je renvoie à la démonstration de l'impossibilité d'imiter le hasard, faite par le grand mathématicien Émile Borel⁸, qui fut l'un des spécialistes du calcul des probabilités. Mais, dès que l'on sort de ce champ primaire du hasard, indigne d'un musicien, le calcul de l'aléatoire, c'est-à-dire la stochastique, garantit d'abord dans un domaine de définition précis les bévues à ne pas commettre, et ensuite fournit un moyen puissant de raisonnement et d'enrichissement des processus sonores.

À titre d'exemple et de validité de cette thèse, il y a Michel Philippot, qui s'est efforcé récemment d'analyser les actes compositionnels sous forme d'organigramme pour une *machine imaginaire*⁹. C'est une analyse fondamentale du choix stochastique et du choix volontaire qui aboutit à une chaîne d'événements aléatoires ou déterministes avec, à l'appui, une œuvre pour double orchestre. Le terme de *machine imaginaire* signifie que, à l'exemple des calculatrices électroniques, le compositeur peut définir rigoureusement les êtres et les modes opératoires.

Maintenant nous pouvons rapidement généraliser l'étude technique de la composition musicale à l'aide de la stochastique. Le premier énoncé est que la stochastique est précieuse non seulement en musique instrumentale, mais aussi dans toutes les musiques électromagnétiques. Je l'ai montré avec plusieurs œuvres à l'appui. Le deuxième énoncé est qu'elle peut conduire à la création de matériaux sonores nouveaux et de formes nouvelles. Pour cela, il faut au préalable faire une hypothèse qui concerne la nature du son, de tout son : le son est de nature quantique, granulaire. Tout son est constitué par des galaxies de grains élémentaires définis par une fréquence pure, une intensité et une durée très faible, qui apparaissent et disparaissent instantanément. Cette hypothèse est corroborée par la théorie du signal acoustique

élémentaire introduit par Gabor dans la théorie de l'information *. Il admet, dans le trièdre temps-fréquence-niveau, une enveloppe en forme de la courbe en cloche gaussienne. Si, à un instant donné, on fait une section parallèle au plan des fréquences et des niveaux, l'image du son, à cet instant précis, se présenterait comme un ensemble de nuages de points, les points figurant les grains élémentaires. Un son quelconque peut donc être décrit à l'aide d'une multitude convenable de sections ainsi définies, que nous nommerons trames. Un carnet de trames raconte la vie d'un son et même la vie d'une musique quelconque. La répartition géographique de ces nuages de grains sonores et les densités superficielles locales caractérisent le son à un instant donné. Des relations logiques y introduisent la théorie des ensembles. Des relations d'ordre et de désordre y introduisent comme mesure l'entropie, car la répartition à l'échelle microscopique est stochastique. Les liaisons entre les plages de fréquences, d'intensité et de densité, sont faites à l'aide de matrices de probabilités de transition. De même, au niveau de la succession des trames. Ces matrices définissent à leur tour un processus stochastique en chaîne qui peut suivre toutes sortes de lois. Un des processus les plus simples est celui dont chaque état dépend en quelque sorte de l'état précédent. Il est connu sous le nom de processus de Markov. Mais d'autres processus, du plus déterministe au plus aléatoire, peuvent être employés, ce qui donne à cette théorie de composition générale une grande richesse d'exploitation. Certains essais ont déjà été faits, mais l'essentiel reste encore à défricher.

Pour conclure, je présente rapidement quelques points complémentaires à la stochastique.

* Cf. A Moles, *Théorie de l'information et Perception esthétique*, Flammarion.

La musique écrite ou improvisée par l'homme ou par la machine appartient à une classe générale que l'on peut appeler « musique autonome ». De façon générale, nous pouvons admettre que la nature des oppositions d'ordre technique (instrumental et de direction), ou même de celles se rapportant à la logique esthétique du discours musical, est interne aux œuvres écrites jusqu'ici. Les tensions sont enfermées dans la partition, même lorsque, comme il a été fait depuis quelque temps, l'on utilise des processus stochastiques peu ou prou définis.

Il serait pourtant intéressant et probablement très fécond d'envisager une autre classe de discours musical, qui introduirait une notion de conflit *externe* entre, par exemple, deux orchestres ou deux instrumentistes opposés. Le jeu d'une des parties influencerait et conditionnerait celui de l'autre et réciproquement. Le discours sonore s'identifierait donc à une succession très stricte, quoique souvent stochastique, d'actes d'opposition sonore, qui découleraient et de la volonté des deux chefs d'orchestres (ils peuvent être plusieurs) et de la volonté de l'auteur, le tout en une harmonie dialectique supérieure.

La mise en conflit externe (hétéronomie) peut revêtir toutes sortes de formes mais peut toujours être résumée par une *matrice des règlements*, conformément à la théorie mathématique des jeux, qui démontre aussi qu'en général il existe un minimum de gain et un maximum de perte garantis d'une façon duale pour les deux joueurs, s'ils jouent très intelligemment. Le maximum et le minimum d'ailleurs coïncident en une valeur qui s'appelle *valeur du jeu*.

Cette hétéronomie musicale peut également s'appeler « stratégie sonore ».

J'ai esquissé les cadres généraux d'une attitude artistique qui, pour la première fois, utilise les mathématiques sous trois angles fondamentaux :

1. Résumé philosophique de l'être et de son évolution ; exemple : la loi de Poisson.

2. Appui qualitatif et mécanisme du Logos ; exemples : la théorie des ensembles, la théorie des événements en chaîne, la théorie des jeux.

3. Instrument de mensuration qui affine l'investigation et la réalisation, la perception aussi ; exemples : le calcul de l'entropie, le calcul matriciel.

LA VOIE DE LA RECHERCHE ET DE LA QUESTION

Formalisation et axiomatisation de la musique

L'âme est un dieu déchu. Seule l'*ek-stasis* (sortie de Soi) peut révéler sa nature vraie. Il faut échapper à la Roue de la Naissance (réincarnations) par des purifications (*katharmoi*) et des sacrements (*orghia*), instruments de l'*ekstasis*. Les *katharmoi* se font par la musique et la médecine.

Le démon de la recherche des Ioniens conduisit Pythagore aux lois des cordes vibrantes et, partant, à la philosophie des nombres. Ainsi sortit-il du Soi orphique.

Les choses sont des nombres, toutes les choses sont dotées de nombres, les choses sont à la manière des nombres*.

Le démon conduisit Parménide aux découvertes du *principe du tiers exclu* et de la *tautologie* logiques, instruments coupants de la recherche. Il arrêta le Temps en dévoilant l'étant. La recherche, la question, furent nommées (*dizésis*).

Ainsi fut fixé le champ mental pythagoro-parménéidien. Issu des religions, il leur survécut en dépit d'elles (y compris du christianisme) et est le seul qui donna effectivement à l'homme la maîtrise de Soi et de la Nature, partout sur le globe. Il a dominé la pensée musicale à travers Platon, Aristoxène, Boèce, Hucbald, Rameau, etc.

Ne sont pas *géniaux* quelques-uns. Le don est univer-

* « *Perhaps the oddest thing about modern science is its return to Pythagoreanism.* », Bertrand Russell, *The Nation*, 27-9-1924.

« *Dieu a créé les nombres naturels, tout le reste est création de l'homme* », Léopold Kronecker (1823-1891).

sel, de nature. Il nous fait plonger dans la participation et créer. Le pouvoir créateur nous est donné à tous. À l'esclave, au fonctionnaire, au chercheur, à l'artiste. Créer nous déplace parfois vers l'accomplissement unique et privilégié, qui n'est pas un bien d'aristocrate, mais il est à tous.

La création musicale conduit à lui mieux que la science ou les arts. C'est pourquoi il faut qu'elle soit mise entre les mains de tous, dès l'enfance. Il faut donc pénétrer dans l'architecture de son noyau et officialiser son universalité à l'aide du champ mental susdit pour la transformer en outil de création, efficace en toutes mains.

Il est nécessaire de se considérer comme amnésique et de laisser à l'entrée, ici, les charges émotionnelles et qualitatives que nous lèguent les traditions musicales. Il ne faut considérer que les relations abstraites à l'intérieur d'un événement ou entre plusieurs événements sonores et les opérations logiques que l'on pourra leur infliger. À ce titre, l'émission d'un événement sonore est une sorte d'énoncé, d'écriture, une sorte de symbole.

Il faut distinguer deux natures : en-temps et hors-temps. Ce qui se laisse penser sans changer par l'avant ou l'après est hors-temps. Les modes traditionnels sont partiellement hors-temps, les relations ou les opérations logiques infligées à des classes de sons, d'intervalles, de caractères... sont aussi hors-temps. Dès que le discours contient l'avant ou l'après, on est en-temps. L'ordre sériel est en-temps, une mélodie traditionnelle aussi. Toute musique, dans sa nature hors-temps, peut être livrée instantanément, plaquée. Sa nature en-temps est la relation de sa nature hors-temps avec le temps. En tant que réalité sonore, il n'y a pas de musique hors-temps pure ; il existe de la musique en-temps pure, c'est le rythme à l'état pur.

I

La recherche dans la nature hors-temps de la musique conduit aux architectures logiques et au calcul, à la Musique Symbolique¹⁰. La formalisation et l'axiomatisation sont des lignes de force à suivre.

Exemple fondamentale : le XVII^e siècle voit la consécration de la gamme chromatique tempérée. Il est hors de mon propos d'en faire l'historique, mais cette création a une portée beaucoup plus grande qu'on ne le pense en général et je m'efforcerai de le montrer.

Elle correspond en musique à l'invention des nombres naturels des mathématiques et c'est elle qui permet la généralisation et l'abstraction les plus fécondes. Sans être conscient de sa valeur théorique universelle, J.-S. Bach avec son *Clavier bien tempéré* montrait déjà la *neutralité* de cette gamme, puisqu'elle servait de support aux modulations des constructions tonales et polyphoniques. Mais ce n'est que deux siècles plus tard, par un cheminement dévié, que la musique dans l'ensemble et dans sa chair rompt, définitivement, avec les fonctions tonales. Elle se trouve alors devant le vide de la neutralité de la gamme chromatique tempérée et, en la personne de A. Schönberg par exemple, elle recule et se replie sur des positions plus archaïques. Elle ne prend pas encore une conscience épistémologique de la *structure d'ordre total* que cette gamme privilégiée renferme. Aujourd'hui, on peut affirmer qu'avec les vingt-cinq siècles d'évolution musicale, on aboutit à une formulation universelle en ce qui concerne la perception des hauteurs, qui est la suivante :

L'ensemble des intervalles mélodiques est muni d'une structure de groupe avec comme loi de composition l'addition.*

Cette structure est indépendante, bien sûr, de l'unité

* Cf. *Musique formelles*, Stock/Musique, Paris, 1984, ch V.

intervallique qui peut être un demi-ton (douzième racine de 2), le comma (81/80), ou tout autre intervalle unitaire. Elle est universelle, car la structure d'ordre total est valide dans les musiques traditionnelles du Japon, des Indes, d'Afrique, etc. Or, cette structure n'est pas spécifique aux hauteurs, mais également aux durées, aux intensités, aux densités et à d'autres caractères des sons ou de la musique, comme par exemple le degré d'ordre ou de désordre. Ce qui donc est intéressant, c'est la profonde identité de structure de nombreux caractères du son.

Nous pouvons maintenant, pour renforcer cette constatation historico-expérimentale, essayer abstraitement, et à titre d'exemple, de donner deux axiomatiques de la gamme chromatique tempérée prise au sens large de sa structure.

Elles sont inspirées de l'axiomatique des nombres de Peano :

Termes premiers : l'origine, une note, le successeur de... Cinq propositions premières : 1) l'origine est une note ; 2) le successeur d'une note est une note ; 3) plusieurs notes quelconques ne peuvent avoir le même successeur ; 4) l'origine n'est le successeur d'aucune note ; 5) si une propriété appartient à l'origine et si, lorsqu'elle appartient à une note quelconque, elle appartient aussi à son successeur, alors elle appartient à toutes les notes (principe d'induction).

Voici la seconde définition axiomatique :

Termes premiers : O arrêt-origine, n un arrêt, n' l'arrêt issu du déplacement élémentaire de n , D l'ensemble des valeurs de la caractéristique sonore envisagée (hauteur, densité, intensité, durée, vitesse, ordre...). Les valeurs seront identifiées aux arrêts des déplacements. Propositions premières (axiomes) : 1) l'arrêt O est élément de D ; 2) si l'arrêt n est élément de D , alors le nouvel arrêt n' est élément de D ; 3) si les arrêts n et m sont des éléments de D , alors les nouveaux arrêt n' et m' seront

identiques si et seulement si les arrêts n et m sont identiques ; 4) si l'arrêt n est élément de D , il sera différent de l'arrêt origine O ; 5) si les éléments appartenant à D ont une propriété spéciale P telle que l'arrêt O l'ait aussi, et si, pour tout élément n de D ayant cette propriété, l'élément n' l'a aussi, les éléments de D ont tous la propriété P .

Cette seconde définition conduit à une Théorie des Cribles qui, à l'aide des congruences modulo z , construit des structures particulières telles que les gammes majeures, mineures, etc. Un crible r_z est défini par l'ensemble des x tels qu'ils soient congrus à r modulo z (r et z étant des entiers naturels donnés). On peut écrire $\langle x \rangle = \text{crible } r_z = r_z$ et la gamme majeure par exemple s'écrira :

$$\bar{2}_3 \cdot 0_4 + \bar{1}_3 \cdot 1_4 + 2_3 \cdot 2_4 + \bar{0}_3 \cdot 3_4 ;$$

la gamme par tons, O_z ; le quatrième mode à transpositions limitées d'Olivier Messiaen ¹¹,

$$\bar{0}_3 \cdot (1_4 + 3_4) + \bar{1}_3 \cdot (\overline{1_4 + 3_4}) ;$$

etc, les signes \cdot , $+$, $\bar{}$, représentant les opérations logiques de la conjonction (intersection), de la disjonction (réunion) et de la négation (complémentarité) respectivement. Nous arrêtons ici ce développement *. Dans ces directions, le musicien devra se faire aider par les ordinateurs et les machines à servocommandes. Je pense qu'ayant montré la structure de groupe de la gamme chromatique tempérée au sens large, l'emploi de machines digitales n'a plus besoin d'être légitimé. Il ne constitue donc pas un mystère. Le mystère, s'il y en a un, réside en fait dans les structures mentales de la

* Ibid.

musique et non pas dans les ordinateurs, qui ne sont que des outils, des prolongements de la main et de la règle à calcul.

II

La recherche de l'en-temps conduit aux architectures logiques et au calcul, mais aussi à la causalité, c'est-à-dire au déterminisme et à l'indéterminisme. La recherche a fourché tôt, au v^e siècle avant notre ère, en suivant presque exclusivement le déterminisme, conséquence de la logistique. L'interdépendance cosmique est pourtant plus complexe. Épicure fut le premier, dans sa lutte pour la liberté, contre toutes les écoles réunies, à circonvénir le non-déterminé par l'*ekklisis* (clinamen¹²). Pascal, Fermat, Bernouilli et leurs successeurs lui donnèrent un statut logistique (déterministe), mais la dent du hasard n'a pas été complètement dégagée. Que serait l'humanité si la recherche avait d'abord fourché sur le hasard ?

La pensée musicale fut et est très en retard sur les pensées physiques et mathématiques, avant-gardes coupées de la philosophie ainsi châtrée. Il est nécessaire qu'elle rattrape ce retard pour les guider à nouveau, comme au temps de sa naissance pythagorienne, avons-nous décidé. Par conséquent, les formes dites « mobiles, ouvertes, aléatoires, graphiques, etc. », étiquettes parfois avantageuses mais abusives, sont à négliger. Elles expriment le désarroi devant ce retard. Il a été seulement senti par les plus inquiets des compositeurs. Ces formes sont des mouvements tourbillonnaires dans les marges de notre champ mental pythago-parménidien. Parfois des survivances de magie.

La dent du hasard (indéterminisme) en musique conduit à la théorie des probabilités, à la musique stochastique. La stochastique absorbe (cas particulier) le

déterminisme. La pensée sérielle, dans sa nature en-temps, serait donc un cas particulier de la pensée stochastique. La pensée stochastique est un outil puissant, car elle gouverne l'asymétrie, la symétrie, l'individu, la masse, comme nulle autre méthode.

Exemple : les musiciens auraient pu pour le compte de la physique du XIX^e siècle créer la structure abstraite de la Théorie Cinétique des Gaz, uniquement pour les besoins de la musique et par elle ; hypothèses d'homogénéité : 1) la densité des sons animés de vitesse est constante, c'est-à-dire que deux régions d'égale étendue du spectre des fréquences contiennent le même nombre de sons mobiles (*glissandi*) ; 2) la valeur absolue des vitesses (*glissandi* ascendants ou descendants) est répartie uniformément, c'est-à-dire que la vitesse quadratique moyenne des sons mobiles est la même dans les différents registres ; 3) il y a isotropie, c'est-à-dire qu'il n'y a aucune direction privilégiée des mouvements des sons mobiles dans quelque registre que ce soit. Les ascendants et descendants sont en nombre égaux en moyenne. À partir de ces trois hypothèses de symétrie, nous pouvons définir la fonction $f(v)$ de probabilité de la vitesse absolue v , ($f(v)$ est la fréquence relative d'occurrence de la vitesse v) : $f(v) = (2/(a \sqrt{\pi})) \exp(-v^2/a^2)$, qui est une distribution gaussienne. Nous arrêtons ici cet exemple*.

Divers

On peut diviser la musicologie en : a) Musicologie transversale, celle qui étudie le passé d'une culture musicale ; b) Musicologie comparée, celle qui compare les cultures musicales. En raison de l'universalité de la struc-

* *Ibid.*

ture de groupe des caractères des sons, les deux branches de la musicologie devront tôt ou tard adopter des méthodes modernes d'investigation, telles que la statistique ou les processus en chaîne, des méthodes de logique symbolique, etc. Déjà, certains chercheurs se sont orientés vers des processus stochastiques. Cela signifie que les thèses soutenues ci-devant doivent nécessairement jeter le pont royal entre le passé et le présent, le lointain et le proche, et unifier en une pensée de la plus vitale fécondité universelle les expressions musicales de tous les temps et de tous les pays.

Il faut proposer en architecture un nouveau réceptacle pour toucher à volonté le son. Une architecture gauche, labyrinthienne, permutable et dans l'espace, pour le libre mouvement et le conditionnement spatial du son et du psychisme (comme il m'a été donné de le tenter sur le toit de l'Unité Le Corbusier de Marseille, en 1953, et au Pavillon Philips de Bruxelles, en 1958), opposée radicalement à toute solution classique de caisse à savon ou symétrique.

La tâche des générations immédiates est de poursuivre l'intégration de la musique à ce champ à peine entamé, par la formalisation et l'axiomatisation. D'autres branches de la pensée, la logique combinatoire, les topologies, les géométries doivent y être inscrites.

Grâce à l'axiomatique précédente et aux conséquences qui en découlent, la musique est en pensée unifiée aux sciences. Ainsi, pas de rupture entre elles et les arts. Car les arts de la vision pourraient aussi se formaliser à nouveau et conquérir de nouveaux domaines parallèles à ceux de leur fille aînée, la géométrie. L'ère des Arts Scientifiques et Philosophiques est commencée. Désormais, le musicien devra être un fabricant de thèses philosophiques et d'architectures globales, de combinaisons de structures (formes) et de matière sonore.

En musique, la question des symétries (identités spatiales), ou des périodicités (identités dans le temps), joue un rôle fondamental à tous les niveaux, depuis l'échantillon, en synthèse des sons par ordinateur, jusqu'aux architectures d'une pièce.

Il est donc nécessaire de formuler une théorie permettant de construire des symétries aussi complexes qu'on les désire et, inversement, à partir d'une suite donnée d'événements ou d'objets dans l'espace ou dans le temps, de retrouver les symétries qui la constituent *. On nomme ces suites des « cribles ».

Tout ce qui sera dit ici pourra s'appliquer à tout ensemble de caractéristiques du son ou de structures sonores bien ordonné, et spécialement à tout groupe muni d'une opération additive et dont les éléments sont des multiples d'une unité, c'est-à-dire qu'ils appartiennent à l'ensemble \mathbb{N} des nombres naturels. Exemple : hauteurs, instants, intensités, densités, degré d'ordre, ..., timbres localement, etc. Dans le cas des hauteurs, il faut bien distinguer entre crible (échelle) et gamme ou mode. En effet, les touches blanches d'un piano constituent un crible (échelle) unique, sur lequel on forme les « modes » de *do* majeur, *ré*, *mi*, *sol*, *la* (mineur naturel), etc. Les modes, tout comme les *ragas* indiens ou les modes « à transpositions limitées » d'Olivier Messiaen, se définissent par des formules mélodiques, cadentielles, harmoniques, etc. **.

* Cf. « Du pied à la main : les fondements métriques des musiques traditionnelles d'Afrique centrale » par Simha Arom, in *Analyse musicale*, n° 10, 1^{er} trimestre 1988.

** Historiquement, la création de l'échelle chromatique tempérée, à la Renaissance, est capitale, car elle a donné au domaine des hauteurs une standardisation universalisante très féconde, comparable à

Or, tout ensemble bien ordonné peut se représenter sous forme de points sur une droite, à condition de se donner un point-repère comme origine et une longueur u comme unité, et c'est un crible.

CONSTRUCTION D'UN CRIBLE

À partir de symétries (répétitions), construire un crible (une échelle). Exemple mélodique, construire l'échelle diatonique des touches blanches du piano :

Avec $u =$ un demi-ton = 1 millimètre et un repère-origine zéro pris arbitrairement sur une note, par exemple le do_3 , on peut écrire le crible (échelle) diatonique sur du papier millimétré, par des points à gauche ou à droite de ce point-repère zéro, avec des intervalles successifs et de gauche à droite 2, 2, 1, 2, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 2, 1, ... millimètres, ou par une écriture logico-arithmétique,

$$L = 12_0 \oplus 12_2 \oplus 12_4 \oplus 12_5 \oplus 12_7 \oplus 12_9 \oplus 12_{11}$$

où le 12 est le module de la symétrie (période) de l'octave et le u est le demi-ton. Cette écriture donne tous les do , tous les $ré$, ..., tous les si , si l'on considère que les modules 12 se répètent de part et d'autres du repère 0. Les indices 0, 2, 4, 5, 7, 9, 11 du module 12 signifient des décalages, vers la droite du zéro, du module 12. Ils représentent aussi les classes résiduelles de congruence modulo 12.

Avec une autre unité u , par exemple le quart de ton, on aurait la même structure que la gamme diatonique,

celle déjà existante pour le rythme. Toutefois, la première tentative théorique de cette démarche, qui ouvre la voie à la théorie des nombres en musique, a été inaugurée par Aristoxène de Tarente au IV^e siècle avant notre ère.

mais la période de la suite ne serait plus l'octave, mais la quarte augmentée.

De même, un rythme périodique, par exemple (3, 2, 2), peut s'écrire :

$$L = 7_0 \oplus 7_3 \oplus 7_5$$

Dans ces deux exemples, le signe \oplus est une union logique (et/ou) des points définis par les modules et leurs décalages.

La périodicité du crible (échelle) diatonique lui est externe et est fondée sur l'existence du module 12 (l'octave). Sa symétrie interne peut s'étudier sur les indices i (décalages, classes de congruences) des termes 12_i . Mais il serait intéressant de donner, lorsqu'elle existe, une symétrie plus cachée, issue de la décomposition du module 12 en modules (symétries, périodicités) plus simples, tels que 3 et 4, décomposition qui aurait l'avantage de permettre une comparaison entre cribles différents pour étudier la taille de leur différence et pouvoir ainsi définir une distance*.

Supposons les cribles élémentaires 3_0 et 4_0 . En prenant les points 3_0 et/ou les points 4_0 , nous obtenons la série $H_1 = \{\dots, 0, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 27, 28, \dots\} = 3_0 \oplus 4_0$ et si $do \hat{=} 0$ et $u =$ un demi-ton, H_1 devient $\{\dots, do, ré\#, mi, fa\#, sol\#, la, do, \dots, ré\#, \dots\}$. Mais si nous prenons les points communs à 3_0 et à 4_0 , nous obtenons la série $H_2 = \{\dots, 0, 12, 24, 36, \dots\} = 3_0 \odot 4_0$, où le signe \odot est une intersection (et) logique des ensembles de points définis par ces modules et leurs décalages respectifs.

* Soit (M, I) avec un M composite de la forme $M = m^k \cdot n^l \dots r^j$. Il est parfois nécessaire et possible de le décomposer en $(m^k, I_m) \odot (n^l, I_n) \odot \dots \odot (r^j, I_r) = (M, I)$.

Or, nous observons que la suite H_2 peut être définie par un module $12 = 3 \times 4$ et par l'expression logique $L = 12_0$ qui donne des octaves. Le nombre 12 est le plus petit commun multiple (PPCM) de 3 et de 4, qui sont premiers entre eux. C'est-à-dire que leur plus grand commun dénominateur (PGCD) * est le 1.

Imaginons maintenant les cribles élémentaires 2_0 et 6_0 . Alors $G_1 = 2_0 \oplus 6_0 = \{\dots, 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, \dots\}$ et les points communs sont $G_2 = 2_0 \odot 6_0 = \{\dots, 0, 6, 12, 18, \dots\}$. Mais ici, la série n'est plus octaviante comme dans le cas précédent. Pour le comprendre, prenons un autre exemple avec les modules élémentaires $M1 = 6$ et $M2 = 15$, que l'on a calés sur l'origine. On forme les couples $6_0 = (M1, I1)$ et $15_0 = (M2, I2)$ avec $I1 = 0$ et $I2 = 0$ comme indices.

La série de l'union $(M1, I1) \oplus (M2, I2) = K1$ sera

$$K1 = \{\dots, 6, 12, 15, 18, 24, 30, 36, 42, 45, \dots\}$$

et leurs points communs (l'intersection) formeront la série $(M1, I1) \odot (M2, I2) = K2$

$$K2 = \{\dots, 0, 30, 60, \dots\}$$

La période est visiblement égale à 30, le PGCD = D de 6 et 15 est le 3 (qui est, par la multiplication, la partie congrue de M1 et de M2) et le PPCM = M3 est le 30. Or, $6/\text{PGCD} = 2 = C1$ et $15/\text{PGCD} = 5 = C2$. En généralisant, la période des points communs de deux modules M1 et M2 sera le PPCM = M3 de ces deux modules, donc $(M1, I1) \odot (M2, I2) = (M3, I3)$ avec $I3 = 0$, si $I1 = I2 = 0$ et $M3 = D \cdot C1 \cdot C2$ où $C1 = M1/D$ et $C2 = M2/D$.

* Algorithme d'Euclide. Soit y, x deux nombres entiers positifs. On commence par $D = \text{MOD}(y, x)$ puis on remplace $y = x$ et $x = D$. Si $D \neq 0$ on recommence. Mais si $D = 0$, alors le dernier y est le PGCD = D.

On s'aperçoit aussi que l'opération logique de l'union, notée \oplus , de deux modules élémentaires M1 et M2 est cumulative, puisqu'elle tient compte des points périodiques des deux modules à la fois. En revanche, l'opération logique de l'intersection, notée \odot , est réductrice, puisque nous ne prenons que les points communs aux deux modules.

Au cas où on mélangerait les points de plusieurs modules M1, M2, M3, M4, ... par :

a) l'union, on obtiendrait un crible assez dense et complexe dépendant des modules élémentaires,

$$P1 = (M1, I1) \oplus (M2, I2) \oplus (M3, I3) \oplus \dots$$

b) l'intersection, on obtiendrait un crible bien plus raréfié que celui des modules élémentaires et même il y aurait des cas où le crible serait vide de points car sans coïncidences,

$$P2 = (M1, I1) \odot (M2, I2) \odot (M3, I3) \odot \dots$$

c) des groupements des deux opérations logiques simultanément, on obtiendrait des cribles pouvant être très compliqués :

$$(0) L = \{(M11, I11) \odot (M12, I12) \odot \dots\} \oplus \{(M21, I21) \odot (M22, I22) \odot \dots\} \oplus \{(\dots)\} = \sum_{i=1}^{K_0} \Pi^{(i)}$$

Les intersections de chaque groupe de couples entre deux accolades devront fournir un seul couple final, s'il existe.

Les couples finaux seront combinés par leur réunion qui fournira le crible souhaité.

Étudions à présent la formalisation rigoureuse du calcul de l'intersection de deux modules $(M1, I1)$ et

(M2, I2) où les périodes M1 et M2 débutent sur I1 et I2 quelconques, respectivement.

D'abord I1 et I2 sont réduits en prenant leur modulo * par rapport à M1 et M2, $I1 = \text{MOD}(I1, M1)$ et $I2 = \text{MOD}(I2, M2)$.

La première coïncidence se produira éventuellement à une distance :

(1) $S = I1 + \lambda \cdot M1 = I2 + \sigma \cdot M2$ où $\lambda, \sigma \in \mathbb{N}$, et si $M1 = D \cdot C1$ et $M2 = D \cdot C2$ avec $D = \text{PGCD}(C1, C2)$ étant premiers entre eux, alors la période M3 des coïncidences sera : $M3 = D \cdot C1 \cdot C2$. De (1) il vient :

$$I1 - I2 = (\sigma \cdot D \cdot C2) - (\lambda \cdot D \cdot C1) \text{ puis } (I1 - I2)/D = (\sigma \cdot C2) - (\lambda \cdot C1)$$

Or, l'expression à droite de l'égalité étant un entier, celle de gauche devra l'être aussi. Mais si $I1 - I2$ n'est pas divisible par D ($I1, I2$ étant quelconques), alors pas de coïncidences, et l'intersection $(M1, I1) \odot (M2, I2)$ sera vide. Sinon :

(2) $(I1 - I2)/D = \Psi \in \mathbb{N}$ et $\Psi = \sigma \cdot C2 - \lambda \cdot C1$ ainsi que $\Psi + \lambda \cdot C1 = \sigma \cdot C2$.

Mais d'après le théorème de Bachet de Méziriac (1624), pour que x, y soient deux nombres premiers entre eux, il faut et il suffit qu'il existe deux entiers relatifs ξ et ζ tels que :

$$(3) \quad 1 + \zeta \cdot x = \xi \cdot y \quad \text{ou} \quad \zeta' \cdot x = \xi' \cdot y + 1$$

où ξ, ζ' viendront des équations récurrentes :

* a modulo b, noté MOD (a, b), est égal au résidu de la division de a par b : $a/b = (e + r)/b$ où r est ce résidu si a, b, e, r $\in \mathbb{N}$.

(4) $\text{MOD}(\xi \cdot C2, C1) = 1$ * et (5) $\text{MOD}(\zeta' \cdot C1, C2) = 1$ en donnant à ξ et ζ' les valeurs successives 0, 1, 2, 3, ... (sauf si $C1 = 1$ et $C2 = 1$).

Or, puisque C1 et C2 sont premiers entre eux, de (2) et (3) il viendra :

$$\lambda/\Psi = \zeta, \sigma/\Psi = \xi, \lambda/\Psi = \zeta', \sigma/\Psi = \xi'$$

et si $(M1, I1) \odot (M2, I2) = (M3, I3)$ alors,

(6) $I3 = \text{MOD}((I2 + \xi \cdot (I1 - I2) \cdot C2), M3)$ ou $I3 = \text{MOD}((I1 + \zeta' \cdot (I2 - I1) \cdot C1), M3)$ avec $M3 = D \cdot C1 \cdot C2$.

Exemple 1 : M1 = 60, I1 = 18, M2 = 42, I2 = 48, D = 6, C1 = 10, C2 = 7, M3 = 6 · 10 · 7 = 420, avec C1 et C2 premiers entre eux.

De (3) et (4) on trouve $\zeta' = 5$.

De (6) on trouve :

$$I3 = \text{MOD}(18 + 5(48 - 18) \cdot 10, 420) = 258$$

Exemple 2 : M1 = 6, I1 = 3, M2 = 8, I2 = 3, D = 2, C1 = 3, C2 = 4, M3 = 24, avec C1 et C2 premiers entre eux.

Des (4) on obtient $\xi = 1$ et des (6) :

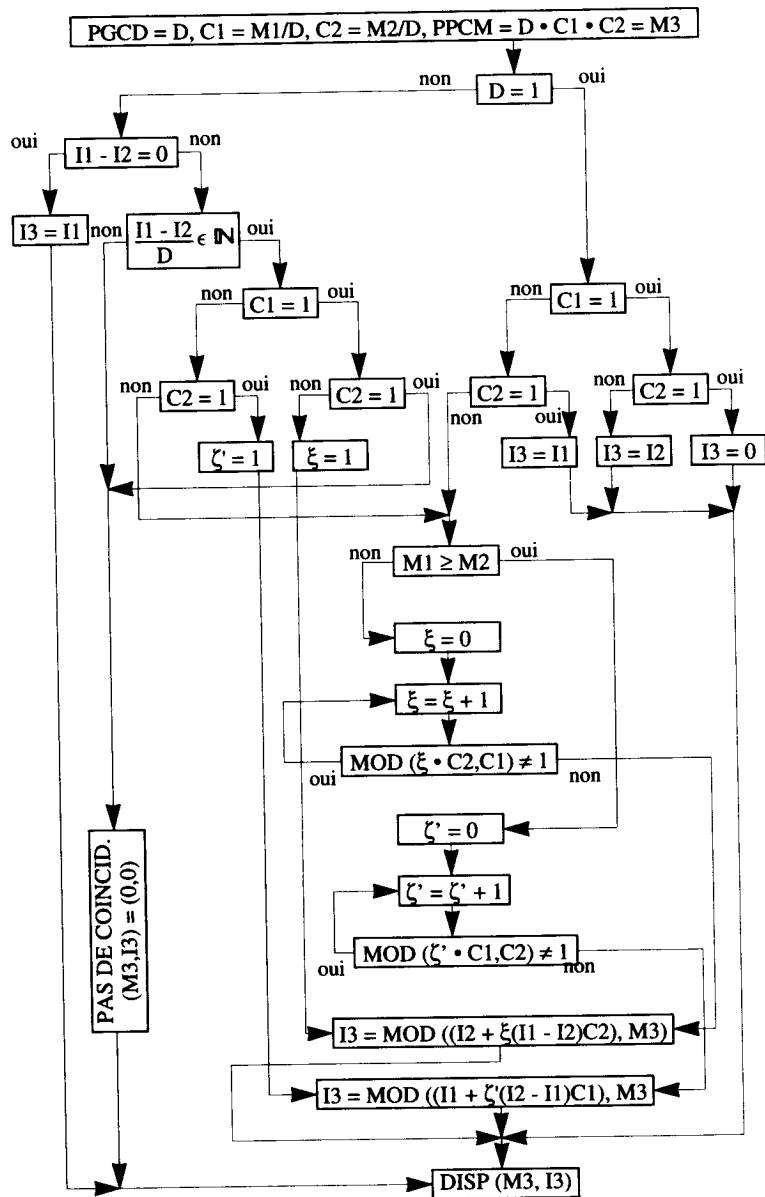
$I3 = \text{MOD}(3 + 1 \cdot (3 - 3 \cdot 4), 24) = 3$, c'est-à-dire que, au cas où $I1 = I2$ alors $I3 = I1 = I2$ et $M3 = 24, I3 = 3$.

Reprenons l'exemple précédent, mais avec $I1 = 3$ et $I2 = 4$ donc $I1 \neq I2$. Puisque $I1/D = 1,5 \notin \mathbb{N}$, il n'y a pas de coïncidences et on écrit $M3 = 0, I3 = 0$.

Mais si $I1 = 2$ et $I2 = 16$ et puisque $(I1 - I2)/D = 7 \in \mathbb{N}$, on obtient de (4) $\xi = 1$ et de (6) $I3 = \text{MOD}(2 + 1 \cdot (2 - 0) \cdot 4, 24) = 8$ et $(M3, I3) = (24, 8)$.

* $\text{MOD}(\xi \cdot C2, C1) = 1$ représente l'équation entière : $\xi \cdot C2/C1 = (v + 1)/C1$.

CALCUL DE L'INTERSECTION $(M1, I1) \odot (M2, I2) = (M3, I3)$



On peut résumer les cas divers par l'organigramme ci-contre.

Pour calculer plusieurs intersections (coïncidences) simultanées d'une expression entre crochets dans l'équation (0) de L, il suffit de calculer deux par deux les couples de cette expression. Exemple :

$$L = \sum_{i=1}^{K_0=4} K(i) = [(3,2) \odot (4,7) \odot (6,11) \odot (8,7)] \oplus [(6,9) \odot (15,18)] \oplus [(13,5) \odot (8,6) \odot (4,2)] \oplus [(6,9) \odot (15,19)]$$

Pour la première expression entre crochets, on fait d'abord $(3, 2) \odot (4, 7) = (12, 11)$, puis, après réduction modulaire des indices, $(12, 11) \odot (6, 5) = (12, 11)$ puis $(12, 11) \odot (8, 7) = (24, 23)$. On passe ensuite aux crochets suivants, etc. Finalement :

$$L = (24, 23) \oplus (30, 3) \oplus (104, 70) \oplus (0, 0)$$

pour $k_0 = 4, k(1) = 4, k(2) = 2, k(3) = 3, k(4) = 2$.

Cette expression logique nous fournira par un balayage adéquat les points du crible construit de cette façon :

$H = \{ \dots 3, 23, 33, 47, 63, 70, 71, 93, 95, 119, 123, 143, 153, 167, \dots, 479, \dots \}$ avec comme période $P = 1560$.

Le zéro de ce crible dans l'ensemble des hauteurs peut être pris arbitrairement sur le $do_{-2} \cong 8,25$ Hz et sur 10 octaves, $(2^{10} \cdot 8, 25 = 16384$ Hz) avec $u = 1/2$ ton. Il nous donnera les notes :

$ré\#_{-2}, la_0, si_1, ré\#_3, la\#_3, si_3, la_5, do_6, si_7, \dots$

Pour le même zéro pris sur do_{-2} et pour $u = 1/4$ de ton, il nous donnera les notes :

$$do^{\#}_{-2}, si_{-2}, mi_{-1}, si_{-1}, sol_0, si_0, la_1, si_{-1}, si_{-2}, do^{\#}_3, \dots$$

CAS INVERSE

À partir d'une suite de points donnée ou construite intuitivement, en déduire les symétries, c'est-à-dire les modules et leurs décalages (M_j, I_j) et, par conséquent, construire l'expression logique L de cette suite de points.

Les pas à faire sont les suivants :

a) Chaque élément est considéré comme un point de départ (= I_n) d'un module.

b) Pour trouver le module correspondant à ce point de départ, on commence par appliquer un module de valeur $Q = 2$ unités. S'il rencontre à chacun de ses multiples un point non déjà rencontré et appartenant au crible donné, on le garde et il formera le couple (M_n, I_n). Mais s'il arrive que l'un de ses multiples ne corresponde pas à l'un des points de la suite, on l'abandonne et on passe à $Q + 1$. Ainsi jusqu'à ce que tous les points de la suite aient été pris en compte.

c) Si pour un Q donné on retrouve tous ses points (Q, I_k) dans un autre couple (M, I), c'est-à-dire si l'ensemble (Q, I_k) est inclus dans (M, I), on le néglige et on passe au point I_{k+1} suivant.

d) De même, on néglige tous les (Q, I) qui, tout en produisant des points de la suite non déjà rencontrés, produisent aussi, en amont de l'indice I , des points parasites autres que ceux de la suite donnée.

Exemple : la suite précédente H, comprise entre les points 3 et 167 seulement, pourrait être construite par la réunion suivante : $L = (73, 70) \oplus (30, 3) \oplus (24, 23)$, avec comme période $P = 8\ 760$.

Tandis que si la même suite H était limitée entre les points 3 et 479 (constituée de 40 points cette fois), elle serait issue de $L = (30, 3) \oplus (24, 23) \oplus (104, 70)$, le module 30 couvrant 16 points, le 24, 20 points et le module 104 couvrant 4 points. La fonction L est identique à celle donnée précédemment. Sa période $P = 1\ 560$.

En général, pour trouver la période d'une suite de points issue d'une expression logique faite en définitive par la réunion de deux modules (M_j, I_j), il suffit de composer l'intersection deux par deux des modules des parenthèses.

Exemple : $M1 = 12, M2 = 6, M3 = 8, M1 \odot M2 = D \cdot C1 \cdot C2 = 6 \cdot 2 \cdot 1 = 12 = M, M \odot M3 = D \cdot C1 \cdot C2 = 4 \cdot 3 \cdot 2 = 24$. Et la période $P = 24$.

En général, il est recommandé de prendre en compte le plus de points possible.

MÉTABOLES DES CRIBLES

Les métaboles (transformations) des cribles peuvent s'effectuer de plusieurs façons :

a) Par une métabole des indices des modules.

Exemple :

$L = (5, 4) \oplus (3, 2) \oplus (7, 3)$ de période $P = 105$ donnera la suite :

$$H = \{ \dots, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14, 17, 19, 20, 23, 24, 26, 29, 31, \dots \}$$

1 1 1 3 1 1 1 3 3 2 1 3 1 2 3 2

Or, si on ajoute aux indices un nombre entier n , l'expression L devient pour $n = 7$:

$L' = (5, 11) \oplus (3, 9) \oplus (7, 10)$, et après réduction modulaire des indices,

$L' = (5, 1) \oplus (3, 0) \oplus (7, 3)$, de même période $P = 105$.

La suite,

$$H' = \{ \dots, 0, 1, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 21, 24, 26, 27, 30, \dots \}$$

1 2 3 3 1 1 1 3 1 1 1 3 3 2 1 3

issue de cette dernière expression L' , possède la même structure intervallique que H et ne lui diffère que par son point initial, qui est donné par l'indice le plus petit de l'expression L' et par un décalage n de la structure intervallique de H . En effet, si dans H les intervalles sont observés à partir de 2, qui est l'indice du plus petit des modules M , les mêmes intervalles sont observés à partir de $2 + 7 = 9$ dans H' .

Ce cas est ce que les musiciens appellent une « transposition » vers l'aigu et fait partie de la technique des « variations ».

En revanche, si à chaque indice on ajoute un entier n quelconque, alors la structure intervallique du crible change tout en conservant sa période P .

Exemple : on ajoute 3, 1, - 6 respectivement aux trois indices de L qui devient après leurs réductions modulaires :

$$L = (5, 2) \oplus (3, 0) \oplus (7, 4) \text{ de période } P = 105$$

et qui donne :

$$H = \{ \dots, 0, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 15, 17, 18, 21, 22, 24, 25, 27, 30, 32, \dots \}$$

b) Par la transformation des opérations logiques d'une façon quelconque, à l'aide de lois ou arbitrairement.

c) Par la modification de son unité u .

Exemple : chanter l'hymne national, qui est fondé sur l'échelle diatonique majeure (touches blanches), en transformant le demi-ton en quart de ton ou en huitième de ton, etc. Si cette métaphore est rarement utilisée mélodiquement ou harmoniquement, en revanche, dans les autres caractéristiques du son, telle que le temps, cela se fait depuis la nuit des temps, par les changements des *tempi*.

CONCLUSION

En conclusion provisoire, la théorie des cribles étudie les symétries internes d'une suite de points construite intuitivement, donnée par l'observation, ou fabriquée de toutes pièces par des modules à répétition.

Dans ce qui vient d'être dit, les exemples ont été pris dans la musique instrumentale. Mais il est très concevable d'appliquer cette théorie en synthèse des sons par ordinateur, en imaginant l'amplitude et/ou le temps d'un signal sonore régis par des cribles. Car les symétries fines pouvant être engendrées de cette façon devraient ouvrir un champ nouveau d'exploration.

ENTRE CHARYBDE ET SCYLLA

Peut-on donner une définition de la musique qui soit moins épidermique que celles des encyclopédies (« l'art de combiner les sons ») ? Sans doute, mais il ne s'agit pas d'en faire un catalogue ni de les discuter. Je soulève cette question uniquement pour donner une réponse qui me paraît en ce moment de première importance. Car j'ai l'impression que l'activité de composer aujourd'hui ne se pose pas de questions de contenu profond, elle est plus ou moins mercantile et rétro. Un jeune (ou un moins jeune) veut se faire une place au soleil en essayant d'attirer l'attention par des « actes » différents et inouïs. Mais, comme presque toujours, le talent lui fait défaut, il ne peut créer des choses inouïes et différentes. Il ne fait que rabâcher, soit en variant peut-être un peu des façons de faire contemporaines et même d'avant-garde, soit franchement en allant imiter des styles du XIX^e siècle. Le choc ne se produit pas, mais une grisaille implacable, un brouillard, un *fog*, descend lentement sur l'art actuellement. Il semble d'ailleurs que ceci n'est pas le propre de la musique, mais aussi de la peinture et de l'architecture...

Tout se passe comme si la crise économique mondiale se reflétait dans la pénurie de la création artistique. Se reflétait aussi dans la pénurie des idéologies politiques et sociales. Y a-t-il une chaîne causale, avec la crise économique comme cause et la stagnation comme résultat ? Ou est-ce que la stagnation ne serait-elle pas au départ un phénomène de fatigue, d'embouteillage à l'échelle mondiale qui aurait créé la crise économique ? Ou bien est-ce que les crises économiques, idéologiques, esthétiques ne seraient que des aspects plus ou moins simultanés d'un ralentissement dû à la digestion par la planète de tant de découvertes, de tant de densité d'événements dont l'homme est incapable de contrôler le déroulement,

l'efficacité, incapable d'en tirer le meilleur ? D'ailleurs, comment définir le meilleur aujourd'hui sans en être pénalisé demain ? C'est vrai que l'espèce humaine n'a jamais baigné dans un devenir aussi échevelé, aussi global, aussi contradictoire, aussi riche. Si la vie est l'expression de manifestations innombrables simultanément, et hautement diversifiées, si la vie ne s'épanouit que dans un véritable bouillon de culture, dans un *melting-pot*, alors nous devons en être satisfaits, ravis, enthousiastes, et naviguer dans cette tempête déchaînée avec délices et fierté, car notre vitalité d'humains est, là, la plus libre. Elle peut embrasser d'un seul regard une grande vastitude d'idées, de signaux s'entrecroisant et s'entrechoquant, où la contradiction est reine. Oui, liberté veut dire contradiction, veut dire navigation parmi les contradictions qui ne sont que des Scyllas et des Charbydes fantasmatiques de nos idéologies. Mais mille dieux évanescents plutôt qu'un seul et éternel, voilà la liberté.

Mais notre vitalité est aussi, là, la plus puissante, car elle peut choisir le chemin du navire, elle peut naviguer en évitant les écueils, mais elle peut aussi, et c'est ça le formidable, créer et détruire incessamment son monde des idées et des actions, créer les univers et les habiter par sa réflexion, par son activité. Nous assistons aujourd'hui, nous participons tous, à des vitesses variables et différentes, à une sorte de *big bang* froid de l'intelligence humaine, ce superproduit cosmique.

C'est dans cette perspective supervitaliste, superoptimiste que nous devrions nous placer, si on voulait garder les yeux et les oreilles ouverts. Ce qui veut dire que la navigation ne peut se faire qu'à la force du cerveau, qu'à la force de la réflexion totale de l'homme. Je dis réflexion totale en y comprenant la pensée formalisée, la pensée non formelle, l'intuition et toutes les forces intellectuelles qui nous sont encore inconnues.

Si la navigation avait une finalité, on ne pourrait la découvrir qu'avec cette stratégie. Même au cas où la finalité devrait être secrétée au fur et à mesure par l'humanité, son unique stratégie, c'est la réflexion dramatique totale.

La participation vitale devrait se faire dans tous les azimuts possibles. Or l'homme-individu peut beaucoup, à condition qu'il se spécialise à outrance. C'est une donnée, une infirmité à mon avis provisoire, qui pourrait se dépasser. Aujourd'hui, c'est la société entière, pratiquement planétaire, qui répond aux pressions de l'évolution, et pas l'individu borné. Mais sa seule survie de toute façon, c'est la réflexion globale dans son propre champ d'activité.

D'ailleurs, il sera récompensé puisque les champs des activités individuelles non seulement se touchent, mais aussi s'interpénètrent et se recouvrent comme un vaste mille-feuille transparent. Il peut donc voir et agir, en labourant son propre champ, sur d'autres champs parfois très lointains, à condition qu'il sache voir et entendre, qu'il sache poser son regard au loin comme au près.

La musique est donc un des domaines, celui des sons, par lequel l'homme peut participer au *big bang* froid de l'intelligence totale. Par là, par les sons, sa réflexion peut exercer sa vitalité sur lui-même et sur le monde, sous peine de mort. La mort n'est pas que physique. C'est même de la mort non physique qu'il est question ici. Or les modes rétros sont des expressions mortelles. Et ceux qui les pratiquent ont des yeux frits ou aveugles de naissance.

Prenons un exemple : le compositeur emploie des sons qu'il arrange dans le temps pour faire des mélodies. Il s'agit bien ici d'une combinatoire (arrangements) vieille comme la musique. Or la combinatoire est à la base des statistiques quantiques d'Einstein, de Fermi, de Dirac... On peut donc apercevoir, du champ des sons, le champ

de la mécanique quantique dans lequel, éventuellement, on peut trouver des enseignements ou y apporter (!). Mais statistique signifie aussi probabilité, et donc causalité et indéterminisme appartenant à d'autres feuilles du mille-feuille et plongeant dans les discussions philosophiques, religieuses, physiques, depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours.

Mais qui dit causalité implique règles, c'est-à-dire répétition, car il n'y a pas de règles sans répétition. Et répétition veut dire périodicité, ce qui nous ramène dans notre champ des sons, mais à l'étage inférieur de celui d'où on est parti puisque maintenant nous sommes au niveau d'une des caractéristiques du son, la hauteur ou la fréquence, qui n'est que la répétition d'une forme d'onde dans le temps. Notre œil pour la lumière, notre oreille pour les sons, avec le cerveau qui est derrière, sont de merveilleux appareils, capables de compter sans hésitation et sans calcul le nombre de répétitions par seconde, c'est-à-dire leur densité temporelle. Couleur, hauteur, sont les résultats de ces comptages immédiats, instantanés des phénomènes qui nous entourent ou que nous créons. Instantanéité indispensable pour la survie des êtres et de l'homme. Or la périodicité est une essence, l'essence même, corollaire de l'existence, car comment imaginer un événement, un quelque chose dans l'éternité de l'espace et du temps qui soit unique et fini ?

Il nous faut la répétition, même infidèle ! La répétition stricte temporelle, c'est le temps même, que l'on peut imaginer fait de cellules infinitésimales, des sortes de quanta de durées peut-être égales. La répétition en soi, sans support, abstraite, ce sont les nombres naturels et, partant, le pan entier de l'algèbre. La répétition spatiale, ce sont les symétries dans les architectures simples, tels les polyèdres réguliers, les cristaux, ou plus compliquées, comme celles de la physique atomique et subatomique, et qui s'expriment par la théorie des groupes. Cette théo-

rie est un remarquable moule de la pensée que les mathématiciens ont progressivement construit et que les psychologues, tel Piaget, ont découvert dans les étapes cognitives de l'homme. En musique, les notes des gammes chromatiques par demi-ton ou par quart de ton forment des groupes additifs. Les quatre formes d'amplification d'une mélodie – droite, rétrograde, inverse et rétrograde inversée – forment le groupe de Klein, que l'analyse de la musique dans les conservatoires ignore encore.

J'ai mentionné en passant, et à propos des répétitions, le mot infidèle. Oui, une reproduction peut être pensée identique à l'originale, mais la réalité ne reproduit jamais une identité. Il y a variation de toute façon, ne serait-ce que parce que ça se passe en un autre moment ou en un autre endroit.

Mais l'infidélité de la reproduction, de la récurrence dans la musique, est synonyme de vie, de valeur esthétique d'un son, d'une musique. C'est ce qu'ont montré les tentatives d'instruments électroniques d'avant-guerre, c'est ce qu'ont démontré les musiques électroniques de l'ère du magnétophone, c'est ce que démontrent les musiques faites sur ordinateur. L'infidélité, c'est la naissance de la ligne à partir du point, son archétype. C'est donc le changement qui confirme l'être-point. C'est la synthèse, l'amalgame de Parménide et de Héraclite. Pour occuper l'éternité de l'espace et du temps, il faut la récurrence qui est infidèle. La musique pourrait être perçue sous cet angle richissime, entièrement, depuis le cent millième de seconde, l'échantillon, jusqu'à la macroforme de dizaines de minutes.

Exemple immédiat : l'une des formes les plus achevées, la fugue, n'est bâtie que sur des entités mélodiques, et sur leurs récurrences plus ou moins fidèles.

Un autre feuillet du mille-feuille : l'antagonisme de la permanence d'une espèce et de l'environnement conduit

aux reproductions remarquablement fidèles des hélices génétiques. Musique et génétique sont tellement proches...

Mais le changement peut être imperceptible (cf. le clinamen d'Épicure ¹²), c'est la continuité ; ou brutal, c'est la discontinuité, l'explosion, la catastrophe, au sens négatif ou positif. La notion de prévisibilité est ici sous-jacente, car si le changement discontinu est lui-même reproduit d'une manière non fidèle, les états de l'entité reproduite deviennent imprévisibles et il faut réinventer la probabilité comme une extension de la récurrence pure.

En exemples : l'image la plus simple de la continuité en musique, c'est le son tenu. Puis celle du changement imperceptible, c'est le *glissando*. Celle du changement prévisible, on la trouve dans les rythmes réguliers. Celle de l'imprévisible, dans les marches aléatoires, les mouvements browniens de mélodies instrumentales ou des amplitudes des pressions dans le domaine pression-temps de la synthèse des sons par ordinateur, ou dans les compositions à base de fonctions de probabilités de toutes sortes.

Après ces quelques regards à travers les transparences du mille-feuille, comment ne pas rester interdits devant la richesse intense et la multiplicité des vies possibles dans un seul champ d'action créatrice, qui est celui de la musique ?

Comment ne pas sentir le vertige des mondes insensés ou sensés que le musicien côtoie inlassablement, en sourd ou en aveugle, qu'il effleure, parce qu'ils sont là, ou qu'il aurait pu susciter et créer parce que, lui, est là.

Bien sûr, il faut ouvrir les oreilles et les yeux...

La musique, c'est tout ça.

SUR LE TEMPS

Questions sur le temps et l'espace

Le temps n'est-il pas simplement une notion-épiphénomène d'une réalité plus profonde ? Donc un leurre que nous acceptons inconsciemment dès la plus tendre enfance et ce depuis déjà la plus haute Antiquité ?

Bien sûr, il y a la relativité restreinte et les équations de Lorentz-Fitzgerald et d'Einstein, qui lient l'espace et le temps en raison de la vitesse limite de la lumière. D'elle, il découle que le temps n'est pas absolu. Mais il est toujours là. « Il faut du temps » pour aller d'un point à l'autre de l'espace, même si ce temps dépend des systèmes de références en mouvement relatif des observateurs. Il n'y a donc pas de saut instantané d'un point à l'autre de l'espace, encore moins d'ubiquité spatiale. On admet par contre la notion de déplacement. Dans un système local, alors, que signifie le déplacement ? Or si le déplacement était une notion plus fondamentale que le temps, on pourrait sans doute ramener toutes les transformations macro ou microcosmiques à des chaînes excessivement faibles de déplacements. Partant, et ceci est une hypothèse que j'avance gratuitement, si nous suivions la mécanique quantique et ses résultats, inébranlés depuis des décennies, il nous faudrait peut-être admettre la notion d'espace quantifié et, corollairement, la notion de temps quantifié. Mais alors que pourrait bien signifier un temps-espace quantifié où la contiguïté serait abolie ? Quel serait le pavage de l'univers, avec des trous entre les pavés remplis de rien et inaccessibles ?

Revenons à la notion du temps en tant que durée. Il semble que le théorème des CPT, même après la démonstration expérimentale de Yang et Lee, qui a aboli la symé-

trie de la parité (P), tient toujours pour les symétries de l'électron (C) et du temps (T), qui n'ont pu être complètement annulées. Ceci, même si la « flèche du temps » semble être, dans certaines interactions faibles des particules, non rétrogradable. Il y a aussi cette poétique interprétation de Feynmann, qui veut que lors d'une collision d'un positron (particule chargée positivement, créée simultanément avec un électron) et d'un électron, il n'y ait en réalité qu'un seul électron au lieu de trois, le positron n'étant que la rétrogradation temporelle du premier électron. N'oublions pas non plus le temps rétrogradé dans le *Politique* de Platon, ou dans la contraction future de l'univers, étonnantes visions.

La physique quantique aura du mal à dé-couvrir la réversibilité du temps qui, de toute façon, ne saurait non plus être confondue avec la réversibilité de la « flèche de l'entropie » de Boltzmann. Cette difficulté est reflétée dans les explications que certains physiciens ont encore aujourd'hui tentées, à propos de l'expérience dite du « choix retardé » (*delayed choice*) des deux états, corpuscule ou onde, d'un photon. Comme il a été maintes fois prouvé, les états ne dépendent que de l'observation, conformément aux thèses de la mécanique quantique. Or, ces explications tentent d'introduire l'idée d'une « intervention du présent dans le passé », contraire au fait que la causalité en mécanique quantique ne peut être inversée, car si les moyens d'observation sont établis pour détecter le corpuscule, alors on obtient l'état corpusculaire et jamais l'état ondulatoire, et vice versa. À rapprocher de la discussion entreprise, il y a longtemps déjà, par Hans Reichenbach¹³ sur l'intemporalité et l'irréversibilité de la notion de causalité.

Une autre expérience fondamentale est celle ayant trait à la corrélation du mouvement de deux photons émis par un atome, en directions opposées. Comment expliquer que, parfois les deux passent à travers deux films polarisants,

tandis que d'autres fois ils sont bloqués. C'est comme si chaque photon « savait » ce que l'autre faisait, ceci, d'une manière instantanée, contraire à la relativité restreinte.

Or, cette expérience pourrait être un point de départ de l'investigation des propriétés plus profondes de l'espace affranchi de la tutelle du temps. Dans ce cas, la « non-localité » de la mécanique quantique pourrait être expliquée non par l'hypothèse des « variables cachées », où le temps intervient encore, mais par des propriétés insoupçonnées et extravagantes de l'espace intemporel, telle que, par exemple, l'ubiquité spatiale.

Faisons encore un pas. Comme l'espace n'est perceptible qu'à travers l'infinité des chaînes des transformations énergétiques, il pourrait fort bien n'être qu'une apparence de ces chaînes. En effet, prenons le mouvement d'un photon. Mouvement veut dire dé-placement. Or, ce dé-placement pourrait être considéré comme une autogenèse d'énergie, une parthénogenèse énergétique du photon par lui-même à chaque pas de sa trajectoire (continue ou quantique ?). Cette autocréation continue du photon ne serait-elle pas en fait l'espace ?

Autre question

L'état actuel des connaissances * semble être une manifestation de l'évolution de l'univers depuis, disons, 15 milliards d'années. Je veux dire par là que ces connaissances sont une sécrétion de l'histoire de l'humanité produite par ce grand laps de temps. En admettant cette hypothèse, tout ce que notre cerveau individuel ou

* L'idée du *big bang*, conséquence du décalage (expansion de l'univers) vers le rouge, n'est pas partagée par tous les physiciens, cf. : « Solutions et propagation d'actions suivant la relativité générale » par Nikias Stavroulakis in *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, volume 12, n° 4, 1987.

collectif pond comme idées et théories, ou comme savoir-faire, n'est que le *out-put* de ses structures mentales formées par l'histoire des innombrables mouvements de ses cultures, dans ses transformations anthropomorphiques, dans l'évolution de la terre, dans celle du système solaire, dans celle de l'univers.

Si cela est vrai, alors un doute fondamental rempli de frissons (!) nous est permis quant à l'« objectivité vraie » de ces connaissances et savoir-faire. Car si, par des moyens à venir, par des biotechnologies déjà en route, on arrivait à transformer ces structures mentales (les nôtres) et leur hérédité, donc les règles de fonctionnement du cerveau qui sont basées aujourd'hui sur des prémisses, sur la ou les logiques, etc., si l'on arrivait à les modifier, l'on parviendrait, comme par une sorte de miracle, à une autre vision de notre univers actuel, vision qui serait bâtie sur des théories et savoir-faire impensables aujourd'hui.

Poursuivons. Je crois qu'aujourd'hui l'humanité est déjà sur cette voie, qu'elle a déjà entamé une nouvelle phase de son évolution dans laquelle non seulement sa mutation mentale est commencée, mais aussi la création d'un univers très différent de celui qui nous entoure. L'humanité ou l'espèce qui la suivra.

En musique

Dans ce qui va suivre, les points de vue sur le temps sont pris à partir du corps de la musique en gestation ou en observation. Non pas que ce qui précède ne concerne pas le musicien. Bien au contraire, si la musique se doit d'être le lieu de confrontations des idées philosophiques ou scientifiques sur l'*étant*, le *devenir* et leurs *apparences*, il est indispensable qu'au moins le compositeur réfléchisse profondément à ces types de quêtes.

Par ailleurs, je n'ai sciemment pas abordé les appré-

hensions psychologiques du temps à des niveaux supérieurs, par exemple les effets de la dynamique temporelle ressentis pendant l'écoute d'une symphonie ou d'une musique électroacoustique.

Qu'est le temps pour un musicien ? Qu'est le flux du temps qui passe, invisible et impalpable ? En effet, nous ne le saisissons qu'à l'aide de repères sensibles, indirectement donc, et à condition que ces repères-événements s'inscrivent quelque part, ne disparaissant pas sans laisser de trace nulle part. Il suffirait que cette trace soit dans notre cerveau, dans notre mémoire. Il est primordial que les phénomènes-repères aient laissé une trace dans ma mémoire, sinon ils n'existeraient pas. En effet, le postulat sous-jacent, c'est que le temps, au sens du flux impalpable héraclitéen, n'a de signification que par rapport à l'homme qui observe, à moi. Il n'aurait aucun sens autrement. Même dans l'hypothèse d'un flux du temps objectif, indépendant de moi, son appréhension par un sujet humain, donc par moi, doit passer par des phénomènes-repères du flux, d'abord perçus, puis inscrits dans ma mémoire. De plus, cette inscription doit satisfaire la condition qu'elle soit d'une manière bien circonscrite, bien détachée, individualisée, sans confusion possible. Or cela ne suffirait pas à transformer un phénomène qui a laissé des traces en moi, en phénomène-repère. Pour que cette trace-image du phénomène devienne un repère, il faut la notion d'antériorité. Mais cette notion semble circulaire et aussi impénétrable que la notion immédiate de flux. Elle est sans doute un synonyme. Changeons légèrement de point de vue. Lorsque des événements ou des phénomènes étaient synchrones, le temps universel serait aboli, car l'antériorité disparaîtrait. De même, si les événements étaient absolument lisses, c'est-à-dire sans début et sans fin, et même sans modification ou rugosité interne « perceptibles », le temps se trouverait également aboli. Il semble que les notions de séparation, de contournement,

de différence, de discontinu, qui sont très liées entre elles, soient des préalables à la notion d'antériorité. Pour que l'antériorité soit, il faut pouvoir distinguer des entités qui, alors, permettraient d'« aller » de l'une à l'autre. Le continu lisse, donc, abolit le temps, ou plutôt le temps dans le continu est illisible, inabordable. Le continu est donc un tout unique remplissant et l'espace et le temps. Nous retrouvons Parménide. Pourquoi l'espace est-il inclus dans l'illisibilité ? Eh bien, à cause de sa non-rugosité. Sans séparabilité, pas d'étendue, pas de distance. L'espace de l'univers, donc, se trouverait condensé dans un point mathématique sans dimensions. En fait, l'étant de Parménide qui remplit l'espace et l'éternité n'est qu'un point mathématique absolument lisse.

Reprenons la notion de séparabilité, d'abord dans le temps. Séparabilité veut au moins dire non-synchronisation. On retrouve la notion d'antériorité. Elle se confond avec la notion d'ordonnancement temporel. L'ordonnancement, l'antériorité n'admet pas de trous, de vides. Il faut qu'une entité séparable soit contiguë à la suivante sous peine de confusion du temps. Deux chaînes d'événements contigus sans chaînon commun peuvent être synchrones ou antérieures l'une par rapport à l'autre indifféremment, le temps est aboli à nouveau dans la relation temporelle de chacun des univers représentés par les deux chaînes. Les horloges locales tiennent lieu de chaînes sans trous. Mais localement seulement. Notre être biologique aussi a développé des horloges locales, mais pas toujours efficaces. Et la mémoire est une traduction spatiale des chaînes temporelles (causales). Nous y reviendrons.

J'ai parlé de chaînes sans trous. Pour l'instant, et à ma connaissance, on n'a pas encore découvert de trous locaux en physique subatomique ou en astrophysique. Et la relativité du temps chez Einstein accepte tacitement

ce postulat du temps sans trous dans les chaînes locales, mais aussi elle construit des chaînons spéciaux et sans trous entre des localités spatialement séparables. Ici, la réversibilité du temps, qui a partiellement été interrogée plus haut à la lumière des récentes découvertes en physique subatomique, n'est absolument pas en cause, car elle n'abolirait pas le temps.

Examinons la notion de séparabilité, de discontinu dans l'espace. Notre connaissance immédiate (catégorie mentale ?) nous permet d'imaginer des entités séparées qui nécessitent également la contiguïté. Le vide est une unité dans ce sens, contrairement à l'époque où nos notions mentales héritées ou acquises nous interdisaient de penser l'absence du temps, son abolition, comme une entité faisant partie du temps, du flux primordial. Le flux est, ou n'est pas. Or nous sommes, donc il est. On ne peut concevoir l'arrêt du temps, pour l'instant. Tout ceci n'est pas une paraphrase de Descartes ou mieux encore de Parménide, c'est une frontière infranchissable : « τὸ γὰρ αὐτὸ νοεῖν ἐστὶν τε καὶ εἶναι »¹⁴).

Pour revenir à l'espace, le vide peut être imaginé comme un amenuisement de l'entité (phénomène) jusqu'à une ténuité infinitésimale de densité nulle. Par ailleurs, voyager d'une entité à une autre est un résultat d'échelle. Si celui qui voyage était petit, il n'embrasserait pas la totalité des entités, c'est-à-dire de l'univers, à la fois. Mais si son échelle était colossale, alors, oui. L'univers s'offrirait à lui d'un seul coup, sans promenades du regard, sans balayages, comme lorsque l'on examine le soleil de loin.

Les entités paraîtraient, dans l'instantané, réunies dans un réseau dense de contiguïtés intemporelles, d'un seul tenant, s'étendant dans l'univers entier. J'ai bien dit dans l'instantané. C'est-à-dire que, dans l'instantané, les relations spatiales des entités, les formes que leurs contiguïtés prennent, les structures, sont essentiellement hors-

temps. Le flux du temps n'intervient absolument pas. C'est exactement ce qui se passe avec les traces que les entités-phénomènes ont laissés dans notre mémoire. Leur carte géographique est hors-temps.

La musique participe à la fois de l'espace hors-temps, et du flux temporel. Ainsi, les échelles des hauteurs, les gammes des modes d'églises, les morphologies des niveaux supérieurs : structures, architectures de la fugue, des formules mathématiques engendrant des sons ou des musiques, sont hors-temps, soit sur le papier, soit dans notre mémoire. La nécessité de se cramponner à contre-courant du fleuve du temps est si forte, que même des aspects du temps sont hissés hors de lui, telles les durées qui deviennent commutables. On peut dire que tout schéma temporel préconçu ou post-conçu est une représentation hors-temps du flux temporel dans lequel s'inscrivent les phénomènes, les entités.

Du fait du principe d'antériorité, et localement, le flux du temps est muni, au sens mathématique, d'une structure d'ordre total. C'est-à-dire que son image dans notre cerveau, image constituée par la chaîne des entités-événements successifs, peut être mise en correspondance bi-univoque avec les nombres relatifs et même, à l'aide d'une généralisation utile, avec les nombres réels (rationnels *et* irrationnels). On peut donc le compter. C'est ce que font les sciences en général, mais aussi la musique, qui se sert d'une horloge, le métronome. En vertu de cette même structure d'ordre total, le temps peut être mis en correspondance bi-univoque avec les points d'une droite. On peut donc le dessiner.

C'est ce que font les sciences, mais aussi la musique. On peut à présent bâtir des architectures temporelles, des rythmes, dans un sens moderne.

Voici d'abord une tentative d'axiomatisation des structures temporelles mises hors le temps :

1. Nous percevons des événements séparables.

2. Grâce à la séparabilité, ces événements peuvent être assimilés à des *points-repères* dans le flux du temps, lesquels points sont instantanément hissés hors le temps grâce à leur trace dans notre mémoire.

3. La comparaison des *points-traces* permet de leur assigner des *distances* (des intervalles, des durées). Une distance, traduite spatialement, peut être considérée comme le déplacement, le pas, le saut d'un point à un autre point, un saut intemporel, une distance spatiale.

4. Il est possible de répéter, d'enchaîner lesdits pas.

5. Il y a deux orientations possibles dans les itérations, une par accumulation des pas, l'autre par dé-accumulation.

D'ici, on construit un objet qui peut être représenté sur une droite par des points régulièrement espacés, et symbolisé par un indice zéro : $1_0 = \{ \dots, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots \}$. C'est le *rythme* régulier, correspondant aux nombres entiers. Comme la taille du pas n'est pas définie dans les propositions précédentes (rappel de l'observation de Bertrand Russell au sujet de l'axiomatique des nombres naturels de Peano), on peut adjoindre à l'objet précédent les objets suivants que j'appelle des « cribles », en nous appuyant uniquement sur la proposition 4 : $2_0 = \{ \dots, -4, -2, 0, 2, 4, 6, \dots \}$ ou $2_1 = \{ \dots, -3, -1, 1, 3, 5, \dots \}$ ou $3_0 = \{ \dots, -3, 0, 3, 6, 9, \dots \}$ ou $3_1 = \{ \dots, -4, -1, 2, 5, 8, \dots \}$ ou $3_2 = \{ \dots, -5, -2, 1, 4, 7, \dots \}$ etc.

À partir de ces objets et de leur essence modulaire, et à l'aide des trois opérations logiques :

- ∨ réunion, disjonction ;
- ∧ intersection, conjonction ;
- complémentarité, négation,

on peut construire des fonctions logiques L, c'est-à-dire des architectures rythmiques très complexes qui peuvent même aller jusqu'à la distribution simili-aléatoire de points sur une droite, si la période est suffisamment longue. Le jeu entre la complexité et la simplicité est, à

un niveau supérieur, une autre façon de définir des événements-repères qui joue bien sûr un rôle fondamental en esthétique, car ce jeu se juxtapose au couple détente-tension. Exemple d'une fonction logique L :

$$L = \overline{(M_k \wedge N_j \wedge P_l)} \vee (N_R \wedge Q_S \wedge \dots \wedge T_Y) \vee \dots$$

Les majuscules désignent des modules et les indices des décalages par rapport à un point de référence zéro.

Jusqu'ici nous n'avons examiné que le temps perçu par nos facultés d'attention et de raisonnements conscients, c'est-à-dire au niveau des formes et des architectures de l'ordre de dizaines de minutes, jusqu'à approximativement le 25^e de la seconde. Un coup d'archet est un événement-repère qui peut délimiter des durées d'une fraction de seconde. Or, il existe des événements subliminaux qui même peuvent se trouver sur plusieurs étages inférieurs. Un tel exemple est celui du découpage temporel que produit une enveloppe d'intensité très hachée sur un son de forme d'onde sinusoïdale invariante.

Si la durée de la note est longue (~ 1'), nous percevons des rythmes de battements, comme des vibratos mobiles attrayants. Si la durée est relativement courte (3"), l'oreille et le cerveau intègrent cela comme du timbre. C'est-à-dire que le résultat du comptage subliminaire inconscient est de nature différente et porte l'étiquette de timbre.

À présent, voyons un peu le mécanisme de l'oreille interne couplée au cerveau, qui sait reconnaître la forme d'onde, c'est-à-dire le timbre, et la fréquence d'un son. Il semble que, d'une part, les points de déformation de la membrane basilaire jouent un rôle fondamental dans cette reconnaissance, mais que, d'autre part, une sorte de code temporel en morse des décharges électriques des neurones est pris statistiquement en compte pour la détection du timbre. C'est donc un comptage subliminaire du temps

remarquablement complexe qui a lieu. Mais les connaissances de l'acoustique en ce domaine sont encore très limitées.

À ce niveau subliminaire, voici un autre phénomène troublant. Il est le résultat d'une théorie nouvelle sur la synthèse des sons par ordinateur qui contourne la synthèse harmonique de Fourier pratiquée actuellement partout, théorie que j'ai introduite il y a déjà plus de dix ans *. Il s'agit de partir d'une forme d'onde élémentaire quelconque et, à chaque répétition, de lui faire subir de faibles déformations obéissant à des densités de probabilités (Gauss, Cauchy, logistique...) convenablement choisies et mises en œuvre sous forme de boîte noire abstraite. Le résultat de ces déformations est perceptible à tous les niveaux, micro-structure (= timbre), mini-structure (= note), méso-structure (= polyrythmie, échelles mélodiques, intensités), macro-structure (= évolution globale de l'ordre de dizaines de minutes).

Si le taux d'échantillonnage avait été de 1 000 000 d'échantillons par seconde au lieu de ~ 40 000 (standard commercial), on aurait eu un effet de fractales sonores d'un effet sonore impossible à prédire.

Nous voyons à quel point le temps baigne la musique de partout : le temps sous forme de flux impalpable ou le temps dans sa forme gelée, hors-temps, rendue possible grâce à la mémoire. Le temps est le tableau noir sur lequel s'inscrivent les phénomènes et leurs relations hors-temps de l'univers où nous vivons. Relations veut dire structures, architectures, règles. Or, peut-on imaginer une règle sans répétition ? Non, certainement pas. D'ailleurs, un événement unique dans une éternité absolue du temps et de l'espace n'aurait pas de sens. Et pourtant, chaque événement, comme chaque individu sur

* Cf. dernier chapitre in *Formalized music*, Pendragon Press, Stuyvesant NY, 1992.

terre, est unique. Mais cette unicité est l'équivalent de la mort qui le guette à chaque pas, à chaque instant. Or, la répétition d'un événement, sa reproduction aussi fidèle que possible correspond à cette lutte contre la disparition, contre le néant. Comme si tout l'univers luttait désespérément pour se cramponner à l'existence, à l'étant, par son propre renouvellement inlassable à chaque instant, à chaque mort. Union de Parménide et de Héraclite. Les espèces vivantes sont un exemple de cette lutte de vie ou de mort : dans l'univers inerte (est-il vraiment inerte ?), ce même principe de combat dialectique est partout présent, partout vérifiable. Le changement, car il n'y a pas de repos, le couple mort et naissance mène l'univers, par la duplication, la copie plus ou moins conforme. Le plus ou moins fait la différence entre un univers cyclique pendulaire, déterminé strictement, et un univers non déterminé, absolument imprévisible. L'imprévisibilité en pensée n'a évidemment pas de bornes. Elle correspondrait en première approche à la naissance à partir de rien, mais aussi à la disparition, la mort dans le rien. L'univers, pour l'instant, semble à mi-chemin de ces deux gouffres, ce qui aurait pu faire l'objet d'une autre étude.

MUSIQUE ET ORIGINALITÉ

L'homme moyen quant à l'intelligence improvise parfois en sifflant, en chantant, ou même abstraitement dans son imagination. Alors il met bout à bout des notes, des sons, des bruits, indépendamment de toute pensée visuelle associée ou pas à ces événements sonores. Le fait est qu'il combine souvent intuitivement, sans réfléchir, machinalement ou par plaisir, des événements. Même lorsqu'il chante en se rasant, il juxtapose des mélodies connues avec des petites ou grosses variantes car il ne s'en souvient pas toujours exactement. Ce type d'exercice, ou plutôt cette faculté combinatoire et relâchée de l'homme moyen, est en fait une forme de créativité d'un niveau inférieur, mais créativité tout de même, puisqu'il réalise à partir de choses connues des différentielles, des choses autres. C'est une bonne définition, en première approche, de la créativité. Et la créativité, même sous cette forme primitive de réarrangement d'objets déjà arrangés, est la faculté primordiale de la matière vivante, *a fortiori* de l'homme.

Supposons à présent qu'il observe son improvisation. C'est-à-dire qu'il se dédouble en quelque sorte. Une partie agit et fait des choix, l'autre observe le résultat des décisions et des choix successifs. Ce don de s'observer est aussi propriété du vivant, surtout de l'homme, c'est la conscience. Cette observation n'est pas une activité isolée, simple. Elle s'accompagne de comparaisons avec des faits, des formes, des pensées... emmagasinées dans sa mémoire. De ces comparaisons naissent des jugements de similitude, de ressemblance, de différence, au niveau le plus élémentaire et, au-dessus, naissent des jugements de valeur, voire esthétiques. Au niveau le plus élémentaire, les jugements portés sur les similitudes, les ressemblances et les différences s'accompagnent de comp-

tages, c'est-à-dire d'une sorte d'appréciation statistique qui définit la fréquence de telle ou telle similitude, ressemblance, différence. Il catégorise ces fréquences qui, dans le cas de l'espace, correspondent aux symétries, dans le cas du temps, aux récurrences, aux renouvellements. Et il forme la notion de règle, de loi, qui est l'archétype des symétries et des répétitions temporelles d'une même catégorie.

Ici il peut faire un bond supérieur et se poser la question suivante : si, dans ce qu'il observe de ces actions (choix, décisions) en musique (en arts plastiques aussi, etc.), il en déduit la notion de règle, de loi, qui représente le moule premier d'une série de similitudes, alors comment ne pas essayer de définir une règle ou une loi qui ne soit pas dans son stock mémoriel ? C'est-à-dire de définir une règle non observée, nouvelle. C'est cela qui constituerait un niveau supérieur de créativité. Créer donc reviendrait pour lui, à faire quelque chose d'original, c'est-à-dire n'ayant aucune similitude ou ressemblance avec du déjà observé. Faire naître quelque chose de rien. Engendrer de l'inengendré.

Mais alors, une autre question immédiate et d'ordre supérieur surgit : cela est-il possible chez l'homme ou, par extension, dans l'univers ? Bien sûr, les dieux, qui ont été inventés par l'homme et à son image, savent et peuvent engendrer de l'inengendré. Ceci montre à quel point cette question accompagne la spirale mentale de l'homme, amalgamée à elle, fondue en elle, dans le processus historique des civilisations. Si la règle semble, par contre-coup, être une manifestation répétitive d'une essence plus profonde qui est le principe universel du moindre effort, alors engendrer de l'inengendré voudrait dire un effort très élevé, de plus en plus élevé.

Pour atteindre ce problème d'un point de vue plus précis, examinons la définition du degré de complexité en informatique d'un ensemble d'événements. Supposons

une suite prise dans l'ensemble des 10 symboles 0, 1, 2, ... 9. Exemple : 0,333... Il suffit de donner, pour transmettre cette suite, le 0, la virgule, le 3 puis l'instruction unique « répéter le 3 ». Un nombre rationnel possède donc une liste finie d'instructions qui se termine invariablement par l'instruction « répéter la deuxième partie de la liste indéfiniment », puisqu'il est périodique de période finie. En revanche un nombre irrationnel possède aussi une liste d'instructions. La longueur est infinie puisqu'il n'est pas périodique. De même un nombre décimal dont les chiffres auraient été tirés au hasard posséderait aussi une liste infinie d'instructions. C'est pour cela que le nombre *pi* ou tout nombre irrationnel transmis *uniquement* par la liste des chiffres a la même complexité qu'un nombre dont les chiffres sont tirés au hasard avec une distribution par exemple uniforme. Les deux listes auront la même longueur.

De la même façon, une construction à partir de rien, donc totalement engendrée, totalement originale, ferait appel à une masse infinie de règles dûment enchevêtrées, une masse telle qu'elle recouvrirait les lois d'un univers différent du nôtre. Pour donner un exemple : on a construit les règles d'une composition tonale. Celle-ci admet donc *a priori* les « fonctions tonales ». Elle admet aussi une conception combinatoire, puisqu'elle agit sur des entités, des sons, définis par les instruments. Pour dépasser ce faible degré d'originalité, il faudrait fabriquer d'autres fonctions ou pas de fonction du tout. On est obligé alors de concevoir des formes de pensées étrangères aux précédentes, des pensées sans limite de formes et sans fin. Nous voici donc dans l'obligation de tisser progressivement une toile illimitée de règles enchevêtrées rien que dans le domaine de la combinatoire, qui exclut déjà, et par définition, les continuums possibles des sons. Or l'insertion de la continuité augmenterait d'autant l'étendue de cette toile, ainsi que sa compacité.

D'autre part, si on voulait engendrer l'inengendré dans le domaine des sons, alors il faudrait donner des règles autres que celles des machines à sons telles que les tuyaux, les cordes, les peaux, ce qui est permis aujourd'hui, grâce à l'ordinateur et aux technologies environnantes. La technologie n'est à la fois qu'un simulacre de la pensée et sa matérialisation. Elle n'est donc qu'un épiphénomène de cette discussion. En effet, des règles de synthèse des sons, telles que celles découlant des séries de Fourier, ne devraient pas être une base de construction. Il faut en formuler d'autres, différentes.

En définitive, l'exigence de l'originalité oblige à concevoir un univers différent du nôtre, dans sa totalité comme dans son détail. Tâche peut-être surhumaine.

Enfin, par cette exigence, nous sommes confrontés avec toutes les manifestations de la pensée dans toutes les sciences exactes ou humaines, par tuilages, recouvrements ou identifications. Ainsi la composition musicale, au sens profond du terme, se trouvera engagée dans des questions de physique expérimentale ou théorique, d'astrophysique, de génétique, de psychologie du mental, de mathématiques pures et appliquées.

Ainsi, si la génétique est une formidable usine combinatoire déterministe et stochastique à la fois, il va de soi que la construction en musique se doit d'y pénétrer chaque fois que le discret est envisagé, pour s'en dégager.

De même pour la mécanique quantique : peut-on imaginer et faire des corpuscules-sons possédant du spin¹⁵ ou ne se définissant que par des structures de groupe ? Non pas pour l'imiter, mais pour ne pas faire la même chose, s'en dégager.

Une autre perspective. Nous avons vu que la construction passe par l'originalité, qui se définit par la création de règles, de lois, hors du patrimoine mémoriel de l'individu et même de celui de l'espèce humaine. Or, nous

avons laissé de côté la notion de règle, de loi. Le temps est venu de la discuter. Règle ou loi signifie une procédure finie ou infinie, toujours la même, appliquée à des éléments continus ou discrets. Cette définition implique la notion de répétition, de récurrence dans le temps, ou de symétrie dans le hors-temps. Ainsi une règle, pour qu'elle existe, doit s'appliquer plusieurs fois. Plusieurs fois seulement ? Sans doute une infinité de fois dans l'éternité du temps et de l'espace. Car si une règle ne devait exister qu'une seule fois, elle serait engloutie dans cette immensité et réduite en un seul point, donc inobservable, inexistante. Il faut donc, pour qu'elle soit observable, qu'elle se répète une infinité de fois.

Nous avons accepté l'idée d'originalité, de création à partir de rien. Une règle doit être nouvelle absolument. Cela est clair. Mais une règle est une procédure appliquée à des éléments. Les éléments devraient aussi être engendrés de rien. Si nous concevons les éléments, quels qu'ils soient, comme des procédures minuscules donc des règles minuscules, alors nous voyons que la notion de règle-procédure peut s'appliquer indéfiniment dans les deux sens, dans le sens du microcosmique et dans celui du macrocosmique, par emboîtements hiérarchisés, par piliers. C'est donc la même notion de règle-procédure qui suffit. Exemple : les sons qui possèdent une hauteur sont des éléments soumis à une règle-procédure qui forme une mélodie. Mais la hauteur du son à son tour peut être considérée comme le résultat d'une règle-procédure de la répétition d'une forme-d'onde à une fréquence correspondant à la hauteur. La forme-d'onde elle-même, qui n'est qu'une ligne, peut être engendrée par une règle stochastique ou autre. Nous avons déjà trois paliers de règles emboîtées. Le palier de la mélodie, celui du son, celui de la forme-d'onde. On aurait pu continuer ainsi dans les deux sens, vers le plus petit comme vers le plus grand.

Mais le fait reste que : a) l'univers est fait de règles-procédures, b) ces règles-procédures sont récurrentes. C'est un peu comme si l'Étant, pour continuer d'exister, se devait de mourir, puis une fois mort, de recommencer son cycle. L'Existence donc est un pointillé.

Peut-on, enfin, imaginer une règle microcosmique infinitésimale engendrée à partir de rien ? Si la physique n'a encore rien trouvé de semblable, malgré le « décalage de Lamb », qui veut que chaque point de l'espace dans notre univers bouillonne de paires virtuelles de particules et d'antiparticules, on pourrait imaginer une telle éventualité qui serait d'ailleurs de même nature que le fait du hasard pur, détaché de toute causalité.

Il est nécessaire de rester sur une telle conclusion d'un univers ouvert sur l'inédit, qui se formerait ou disparaîtrait sans relâche dans un tourbillon réellement créateur à partir du néant et disparaissant dans le rien. Il en va du fondement de l'art comme de la destinée de l'homme.

La musique n'est qu'un chemin parmi d'autres pour que l'homme, c'est-à-dire son espèce, imagine d'abord puis, après de longues générations, entraîne l'univers existant en un autre, entièrement créé par l'homme.

En effet, si l'homme, son espèce, est à l'image de l'univers, alors à son tour l'homme en vertu du principe, que l'on est forcé de poser, de création à partir du néant et de disparition dans le néant, alors l'homme pourrait redéfinir son univers, tel un environnement qu'il s'occuperait en harmonie avec son essence créatrice.

DES UNIVERS DU SON

La musique n'est point un monde codifié et organisé hiérarchiquement. D'où la difficulté de l'aborder par apprentissage rapide et systématique. Du dehors, elle semble tellement complexe et multiple, que l'effort pour la pénétrer et pour l'exercer bloque les meilleures volontés, sinon les talents, de sorte que la plupart du temps on y chemine par des sentiers marginaux et dans des parties très restreintes, en jouant d'un instrument, ou en s'attachant à une époque seulement ou à une région, en composant avec un équipement donné (orchestre, appareils électroacoustiques ou ordinateurs), en suivant quelques principes d'organisation sans vue d'ensemble, sans avoir conscience des interpénétrations et des hiérarchies toujours mouvantes, toujours ponctuelles. On pourrait peut-être en donner une idée plus claire en décrivant quelques grandes divisions, les univers qui constituent la musique, univers qui, à mon sens, en font la somme, mais en ayant constamment présente à l'esprit la circulation perpétuelle des idées et des techniques opératoires d'un univers à l'autre. Car si un tel univers prime momentanément sur les autres, ce n'est que parce que notre approche est partielle, par volonté tactique ou par faiblesse, qui laisse dans l'ombre des difficultés souvent inexprimables mais intuitivement senties. Telle sonorité induit telle forme abstraite ou telle philosophie ou telle technique, et vice versa, multiplement. La musique est un monde où réellement « la voie d'en haut et celle d'en bas ne font qu'une ».

1. L'univers matériel, hylétique. C'est celui des matières, des hylès¹⁶ sonores, des éléments, en fonction de leur provenance et des techniques employées :

a) Les sons des instruments de l'orchestre, issus des

vibrations des cordes, des colonnes d'air des tuyaux, des membranes ou d'objets (cailloux, crécelles, pièces de bois, de métal, etc.) mis en vibration par toutes sortes de contacts manuels (chocs, frottements, souffle, etc.). Cet univers comprend naturellement les types de notation, mais aussi les techniques de jeu du corps, des mains, des pieds, des doigts, donc des limites humaines de virtuosité physique, d'endurance, d'athlétisme, les richesses en timbres, intensité, hauteur, maniabilité, etc.

b) Les sons de la nature ou du monde industriel, mis à la disposition du musicien par les chaînes micro-magnétophone-enceinte acoustique. La musique « concrète » a été fondée sur ces sons. Dans ce sous-univers, il faut inclure les équipements analogiques de transformation, soit les filtres, les contrôles par le voltage et par l'amplitude, les analyseurs de fréquence et leurs superpositions, les variateurs de hauteur non temporels ou temporels, etc.

c) Les sons produits artificiellement par des équipements analogiques, tels que les générateurs de fréquences et de bruits blancs. Il faut y inclure les équipements de transformation du sous-univers précédent.

d) Les sons produits par des ordinateurs à l'aide de programmes mathématiques codés en numérique, puis convertis en sons par les convertisseurs numériques-analogiques et les chaînes basse-fréquence.

Ces quatre sous-univers ne sont point étanches, mais peuvent s'interconnecter. Par exemple, les instruments électriques (guitare, orgue, etc.), qui marient les sous-univers a) et b) ou c). On obtient donc des mixtures, ou produits, mêlant plusieurs de ces sous-univers, ce qui augmente la richesse de la matière sonore.

2. L'univers des formes, des systèmes d'organisation, qui comprend les règles de composition, de construction et les architectures à tous les niveaux, depuis celui des microstructures à l'échelle des échantillons (de l'ordre

du micron), jusqu'à celui des œuvres utilisant tout l'arsenal de l'univers précédent, qui peuvent durer plusieurs heures ou plusieurs journées. Ces systèmes, véritables morceaux de machines, d'automates abstraits, sont secrétés par les civilisations (occidentales, asiatiques, africaines, etc.), mais peuvent en être extraits pour figurer d'une façon indépendante, tels des îlots formels, à la manière des galaxies, des amas d'étoiles ou des nuages, et peuvent se combiner à volonté ; en effet, les êtres qui constituent cet univers sont délivrés de leurs conditions historiques de naissance et du temps – puisque le temps lui-même ne peut être traité que figé. Ils sont hors-temps et suspendus. Par exemple, les systèmes d'échelles, de hauteurs ou d'intensité, de rythme, les systèmes des symétries de groupe, stochastiques, etc. Autre exemple : lorsque, dans la foulée du lointain pythagorisme, les musiciens se proposent de simuler les sons existants (depuis le son pur jusqu'aux bruits), voire d'en construire d'inouïs, ils se fondent sur l'analyse et la synthèse de Fourier, qui constituent une véritable forteresse théorique et expérimentale (grâce à l'électronique). Mais que signifie au fond cette théorie ? Son principe est le suivant : à partir de formes identiquement et éternellement répétitives (les fonctions sinusoïdales), construire n'importe quelle courbe, y compris celles des transitoires. Par exemple : a) construire le discontinu, même catastrophique, à partir du continu ; b) à partir du déterminé (la période), construire l'imprévisible, le stochastique. Si en pratique cela est possible, en théorie, ce n'est qu'une approximation (cf. l'effet de Gibbs ¹⁷). Qui plus est, la théorie de Fourier est une autoroute à sens unique qui essaie de résoudre les contradictions ou pôles complémentaires : continu → discontinu, déterminisme → indéterminisme (ces deux pôles au fond peuvent être confondus, ils sont tautologiques), dans le sens indiqué par les flèches. Ne pourrait-on pas concevoir un cheminement

inverse, allant du désordre à l'ordre (autre formulation tautologique) ? D'ailleurs, y a-t-il une réelle contradiction entre le prévisible et l'imprévisible (autre expression tautologique par rapport aux précédentes) ? On sait qu'actuellement, on ne peut décider si la suite des décimales d'un irrationnel est déterministe lorsque l'irrationnel n'est pas donné. On sait aussi qu'en informatique, une première mesure de l'imprévisibilité est fournie par la longueur de la liste des instructions nécessaires à décrire le phénomène. Ainsi, l'ordinateur simule le stochastique par des opérations fonctionnelles (déterministes) compliquées, afin d'obtenir des périodes suffisamment longues. En philosophie, cela impliquerait le néant et la naissance de quelque chose et du temps, de dedans le néant, sans providence ni cause physique (généralisation idéelle du clinamen d'Épicure ¹⁸ et de l'incertitude de Heisenberg ¹⁹), mais aussi le retour au néant. Donc, cela impliquerait un instant, une matière, un espace, en préambule et précaires, distincts de ceux de notre univers ; à moins que ces éléments n'y soient déjà, mais inobservés jusqu'ici. À moins aussi que les catégories de notre mental ne nous fassent tourner en rond vicieusement. En pratique, l'idée du cheminement inverse peut s'incarner, dans un cas restreint, par l'établissement du non-causal, du désordre maximal, à l'aide de « lois » stochastiques, puis par l'introduction de périodicité dans un domaine « hors-temps » ou dans un domaine « en-temps », jusqu'à la périodicité absolue. En musique, la composition, c'est-à-dire l'organisation macroscopique – du temps, des échelles, des lignes mélodiques, des harmonies, des matériaux, des nuages d'événements, des masses, des formes –, donc, sur tous les niveaux, l'organisation, doit constamment traiter des problèmes de symétrie (la répétition, le renouvellement, la périodicité). Ces problèmes peuvent être illustrés de façon incisive et radicale par la construction du son à l'aide d'ordinateurs,

c'est-à-dire à un niveau microscopique encore inférieur aux niveaux précédents, où l'unité du temps est de l'ordre de quelques microns (taux d'échantillonnage : 50 000 à 100 000 par seconde) et où la « résolution » de la pression est de 16 bits ou plus.

Supposons donc l'espace pression-temps et imaginons la direction inverse, allant du désordre « total » à l'ordre. La pression fait des sauts stochastiques (discontinus) en des instants éventuellement non périodiques. On admet donc, au plan ontologique, l'existence des valeurs de la pression ainsi que du temps, donc de la nécessité du renouvellement, c'est-à-dire de la notion de périodicité au sens large, mais on n'admet pas la périodicité des intervalles au cas où la loi est continue, par exemple avec la loi de Cauchy, ou avec la loi exponentielle. On obtient au départ des « promenades » aléatoires (*random walk*), des mouvements browniens, qui sont des bruits pour l'oreille (calculés par ordinateur et convertis de numérique en analogique). Ainsi, avec ce recul général, on peut ouvrir un champ d'approche des phénomènes sonores différent – ou complémentaire – de celui de l'analyse (synthèse) harmonique. Ce même fil d'idées peut être étendu à l'espace hauteurs-temps. Nous obtenons des développements fort intéressants, au plan médian, des lignes mélodiques, etc. D'ailleurs, ce chapitre de la périodicité au sens large, donc du renouvellement, a imprégné récemment des domaines très disparates, tels que la chimie, la génétique, l'astrophysique, les messages éventuels d'autres êtres du cosmos.

Mais l'ébauche de discussion qui précède montre à quel point les questions fondamentales de la musique remuent des problèmes de base philosophiques et scientifiques, donc des formes primitives de la pensée abstraite. En quelque sorte, étant donné que la musique est par essence non figurative, cet univers pourrait inclure les formes et les systèmes de toutes les autres disciplines.

3. L'univers des sens, dans lequel l'appareil auditif de l'homme et la psychophysiologie de l'audition jouent le rôle des périphériques d'un ordinateur, d'un ordinateur identifié à l'intelligence de l'individu homme et de son psychisme. Cet univers si mystérieux et complexe, tellement dépendant du cerveau et du corps, est l'instrument de détection et de contrôle des êtres créés ou utilisés dans l'univers précédent, et incarnés par l'univers hylétique des sons. J'inclurais dans cet univers des sens les catégories mentales perçues par Aristote, discutées par Kant, sorte de cadres de notre mental, probablement inscrits dans le patrimoine génétique non déchiffré et sans doute infranchissable, à moins que des mutations génétiques ne les bouleversent. Les mathématiciens, involontairement, en ont peut-être touché quelques-uns, telle la structure d'ordre, qui sont sous-jacents à l'architecture du temps des physiciens et du musicien, mais aussi à l'espace linéaire, lequel permet grâce à cette structure de passer du flux temporel à la ligne droite de l'espace ou aux nombres réels suivant les besoins – ce passage, toutefois, n'étant rendu possible actuellement que par l'axiomatique.

4. L'univers politique et social. Nul n'est hors de son temps, de sa société, de sa classe, de sa famille. C'est une affirmation contredite par la permanence des croyances, des opinions, des « vérités » scientifiques et des facteurs génétiques. Ce qui signifie que les pressions du moment historique ne sont que des pressions agissant sur une pelote inextricable d'idées et de *doxai*²⁰ reçues par l'individu et non des facteurs absolus, créateurs de toutes pièces et instantanément d'un univers politique ou social et, par conséquent, créateurs de telle découverte, de telle œuvre ou de tel courant.

Que ces pressions conditionnent ou même suscitent et favorisent des créations, c'est incontestable – nous le res-

sentons au moins intuitivement et par l'expérience vécue. C'est le caractère totalitaire de cette thèse qui est à rejeter. Il est absurde de prétendre que la polyphonie de la Renaissance est due au bon vouloir du prince, qui aurait arbitrairement imposé des règles ou des systèmes en contradiction avec la tradition du moment, laquelle très certainement les aurait rejetés. Le détournement aurait été possible si ce prince était un compositeur en connaissance de cause ; mais alors son arbitraire aurait été condamné de fait par le flux de l'évolution musicale, excepté s'il avait eu du talent ! Il reste les pressions subtiles des goûts d'une classe ou d'un environnement culturel. Mais elles ne peuvent entamer les mécanismes internes de l'évolution de l'art. Bach écrivait la même musique dans ses passions religieuses que dans les profanes. Plus profondément encore, les échelles de la musique occidentale sont celles de l'Antiquité, elles ont donc traversé de multiples discontinuités ou catastrophes politico-sociales et idéologiques sans broncher, telles des hélices de l'ADN qui traversent, imperturbables, des milliards d'années. Oui, il est vrai que la frivolité ou le tragique d'un milieu peuvent déteindre sur la musique, sur l'art en général, ou le savoir rationnel. Mais alors ces pressions ne sont efficaces qu'à des niveaux de style, en surface et en général, et ne sont pas profondément motrices. Le réalisme socialiste n'a fait que jeter de l'eau glacée sur la créativité des peuples russe, roumain ou chinois, en essayant de détourner l'art pour l'exploiter au profit d'un dogme politique, mais n'a rien inventé, a tout appauvri en singeant des styles pêle-mêle, et même parfois détruit des trésors de l'art universel chinois sous prétexte que c'était de l'art impérial, bourgeois, donc rétrograde et réactionnaire. On oublie que *La Marseillaise* est bâtie sur l'affirmation de la tonalité, du diatonique majeur, par intervalles de quarts, qui charpentaient la musique « savante » du XVIII^e et du XIX^e siècles, et que la

mélodie de *L'Internationale* est directement issue des canons de la musique bourgeoise, et même dénote musicalement une régression par rapport à *La Marseillaise*, étant moins évidente et assez étriquée. Ces mêmes canons ayant d'ailleurs servi aux marches militaires ou aux chants nazis.

Pour conclure, de même qu'il n'a pas été inventé une mathématique ou une science prolétarienne ou révolutionnaire, de même une musique révolutionnaire ne peut être différente dans ses morphologies internes de celles qui appartiennent aux courants musicaux d'avant-garde de la planète. La musique révolutionnaire (ou l'art révolutionnaire) ne peut se produire qu'à l'intérieur du discours musical. C'est pourquoi chaque fois qu'une telle révolution a eu lieu, avec Debussy ou avec Schönberg par exemple, elle a trouvé en face et contre elle les artistes déjà établis au sein de leur milieu bourgeois. Les scandales dans les salles de concert sont souvent la mesure réelle du choc révolutionnaire d'une musique. Enfin, on peut dire que la musique possède son champ spécifique, formé des univers 1 et 2, tout comme la mathématique, la logique ou les sciences, et que certaines régions profondes de ce champ sont indépendantes du milieu politico-social, mais que par ailleurs ce même milieu peut agir dans d'autres régions plus superficielles, en vue de la détourner et de la confisquer. Inversement, la musique et l'art agissent aussi sur le politico-social, mais d'une manière bien plus indirecte et mystérieuse. Les interactions entre le champ artistique et le milieu sont pratiquement inconnues et il serait stupide et dangereux de les chapeauter par un dogme quelconque. La fragilité de l'art vis-à-vis des poussées politico-sociales, n'est qu'apparente, ce sont nos connaissances qui sont très fragmentaires, voire inexistantes. L'art a la vie dure ! N'y aurait-il pas d'univers esthétique ? Si on conçoit

à la fois globalement et dans les conséquences minutieuses et ultimes les propos précédents, on est amené à considérer l'esthétique comme la forme des chemine-ments que le musicien effectue à travers ces univers. C'est en quelque sorte une « métaphore » à laquelle nous sommes sensibles d'une manière souvent immédiate. Mais c'est elle, l'esthétique, la forme des formes, qui fonde les axiologies de l'art. Elle est encore trop mysté-rieuse, inexplorée, pour qu'on en parle.

CONDITION DU MUSICIEN

Je me trouve dans une situation un peu contradictoire. En raison de mon travail, je ne me suis pas assez occupé des questions pratiques et de la vie, et des difficultés du compositeur. Compositeur spécial, puisque composi-teur d'avant-garde, surchargé de travail aussi bien dans l'enseignement à l'Université que par mon propre travail et les répétitions, j'ai quand même réfléchi à des choses (très) générales sur le futur de la musique, et peut-être même à une innovation dans le domaine de la pédago-gie, de l'enseignement, surtout dans l'Éducation Natio-nale, car la plupart des problèmes ont des racines dans l'éducation, qui forme l'enfant de la maternelle jusqu'à l'université et à son métier.

Toutefois, je vais essayer de répondre à certaines ques-tions plus terre à terre, comme l'a demandé mon ami, Michel Guy, sur la condition du compositeur, du jeune compositeur, ici, en France surtout.

J'ai constaté la chose suivante, c'est que le seul pays au monde où la musique est subventionnée d'une manière aussi forte – peut-être pas d'une manière idéale ni homogène, mais d'une manière aussi forte – c'est la France. Je fais preuve d'optimisme, c'est-à-dire que j'espère que les subventions ne vont pas diminuer et que même si elles n'augmentent pas, elles resteront au moins au niveau actuel. Cela veut dire qu'en France, on sent, on sait la nécessité de soutenir l'art. En particulier la musique, qui est peut-être le parent le plus pauvre de toutes les expressions artistiques.

Le jeune compositeur se heurte à des problèmes d'existence, à des problèmes d'expression, de diffusion. L'artiste en général, le musicien en particulier, est comme une sorte de politicien ou de commerçant, c'est-à-dire qu'il dépend de l'offre et de la demande.

Comment savoir si un jeune musicien ou un jeune artiste a du talent ? C'est un problème, parce que si on savait qui a du talent, on pourrait l'aider.

Cela me rappelle une discussion qu'avait eue Le Corbusier avec un mécène très riche (cela existait à l'époque) qui lui avait demandé : « Dites-moi, Corbu, je voudrais que vous m'indiquiez quelqu'un qui, jeune, ait une évolution comme celle de Picasso. »

Et naturellement, Le Corbusier a répondu : « Ce n'est pas possible. Comment voulez-vous le savoir ? Picasso est devenu ce que nous savons dans toute sa vie. À l'origine il est difficile de dire : c'est un génie, cela vaut le coup de le soutenir à dix-huit, vingt ou vingt-cinq ans, et jusqu'à la fin de sa vie. »

L'artiste dépend donc de l'offre et de la demande. C'est en quelque sorte un producteur d'un régime de type capitaliste. Il dépend d'un référendum qui ne se passe pas d'une manière toujours évidente. Un peintre expose, un architecte construit, un acteur se montre, mais cette réponse du public n'est pas immédiate, comme dans un référendum politique. C'est beaucoup plus diachronique. Cette réponse n'arrive parfois qu'après sa mort, comme l'a dit François Nourissier. Il est impossible de prévoir l'importance d'une œuvre d'un artiste. Comment décider si un jeune artiste, un musicien, vaut la peine d'être aidé ? Et comment l'aider ? Je ne le sais pas. Je n'ai pas vraiment pensé à cette question-là, parce que ma vie a été faite de propositions, de refus par le public, de scandales parfois terribles, d'oubli, de concurrence aussi, de la mauvaise foi des camarades. Petit à petit, les choses, au bout de dix, vingt, trente, quarante ans, si on a la chance de résister, prennent une certaine forme, dans un sens ou dans l'autre, ou rien du tout. Il est difficile de décider, voire impossible.

Un exemple pourrait être tiré de ce qui se passe soit en architecture, soit dans les laboratoires scientifiques.

Pourquoi ce rapprochement avec la science ? C'est l'essentiel de ce que j'avais à vous dire et, si j'en ai le temps, je vous dirai peut-être ce que je pense du rapport entre les sciences et les arts, en général. Mais pourquoi les sciences ? Parce que, là, il y a une sorte d'établissement réel qui s'est créé à partir de l'ère de l'industrialisation où, tout à coup, la science est devenue une chose nécessaire ; avant, elle était marginale ; c'était le guerrier, c'était le politicien, le financier, l'économiste, le paysan, le marchand, qui étaient importants. Avec l'ère industrielle, tout à coup, on s'est rendu compte qu'on avait besoin de mathématiciens, de physiciens, de techniciens en général, d'ingénieurs, et on a formé, depuis plusieurs siècles, des laboratoires de recherche avec des subventions importantes ; la plus grande partie du budget passe dans la recherche fondamentale, cette recherche fondamentale qui correspond à l'activité d'avant-garde de l'artiste.

Cette recherche fondamentale est exercée soit par les universités, comme aux États-Unis, soit par les institutions rattachées au gouvernement, comme en France. Par conséquent, le jeune qui a certaines dispositions pour la recherche et la découverte peut trouver une filière où, petit à petit, il réussira à se forger une place importante. Il devient chef de laboratoire, peut même obtenir le Prix Nobel comme récompense suprême, mais au départ, et c'est l'essentiel, il a les moyens de pouvoir développer ses qualités.

C'est le cas aussi dans le domaine de l'art, car l'artiste, je parle surtout du musicien et des arts plastiques, a de plus en plus besoin de moyens technologiques, qui se développent à une allure extraordinaire et qu'il ne faut pas rater. C'est pour les jeunes un moyen inouï afin qu'ils puissent, petit à petit, faire leurs preuves et être ensuite lancés, car les moyens technologiques de l'information mettent en prise directe les résultats artistiques avec un public.

Bien sûr, il y a des problèmes. L'obstacle majeur auquel le jeune se heurte presque immédiatement, c'est la formidable emprise, à la radio et à la télévision, de la concurrence de la musique dite commerciale, c'est-à-dire variétés, pop, jazz, etc. C'est une chose qui, vraiment, asphyxie les créations des jeunes et qui les coupe de ce contact pourtant absolument nécessaire, vital. Il faut faire le maximum pour repartir ou, au contraire, accepter sa défaite. Or, leur présence dans les programmes de télévision, qui constituent peut-être le moyen le plus populaire, le plus important, le plus fondamental de la musique dite d'avant-garde, de recherche, pas seulement en France, mais dans le monde entier, est vraiment très, très faible, voire inexistante. Je vais plus loin en disant qu'à la télévision la proportion de la culture, au sens général de la recherche et de la découverte dans le monde scientifique, est aussi très faible. Bien sûr, on dit toujours : « Oui, mais c'est parce que le public n'en veut pas. » Non. Le public qui écrit à la télévision est un public conservateur, mais l'autre public, qui s'intéresse à la création, n'écrit pas toujours. C'est peut-être celui qui est le plus discret, qui est le « plus intéressant ». Par ailleurs, je ne vois pas pourquoi il n'y aurait pas une politique qui obligerait des services comme la télévision ou la radio, qui sont des services publics, à consacrer une partie beaucoup plus importante de leur programme à des questions fondamentales dans tous les domaines, scientifique, physique, génétique et artistique.

Vous voyez combien il y a d'obstacles fondamentaux et très décourageants pour nos jeunes. Alors, bien entendu, l'État aide avec des subventions, mais ces subventions sont faibles et permettent de vivre quelques mois sur une commande ; or, la commande ne peut, ne doit pas être continue. Alors, cela fait peu. Aussi, l'artiste est-il obligé de faire autre chose, au détriment de son activité propre, pour laquelle il a la plus profonde motivation.

C'est le problème de la nature même de l'art, de sa relation, de son rapport avec la société, compte tenu du jeu de l'offre et de la demande, du référendum, d'une part, et, d'autre part, de la concurrence ou du mur que représentent les programmes de télévision. Je ne parle même pas de la musique classique traditionnelle, celle par exemple des grands orchestres. Le pourcentage d'œuvres contemporaines que les orchestres daignent jouer est infime, presque inexistant. Cela veut dire deux choses : que les jeunes se désintéressent de la musique symphonique, d'une part, et que, d'autre part, les orchestres organisent leur propre mort en devenant des sortes de musées de conservation et rien de plus.

En dehors de ces problèmes vitaux, on peut parler, par exemple, de l'allègement de la TVA, qui n'est pas seulement un problème pour le disque. Bien sûr, le disque est un produit fini, qui permet de prendre connaissance et d'apprécier ; c'est une autre façon vitale de prendre contact de manière indirecte avec le public, mais il y a tout l'environnement technologique de l'électroacoustique et de l'informatique qui sont pénalisés par cette fameuse TVA, ce qui fait que l'art en souffre beaucoup plus que n'importe quelle autre corporation.

J'ai une proposition à faire, peut-être scandaleuse, je ne sais... mais les droits d'auteurs, au lieu de les verser aux héritiers, pourquoi ne pas leur permettre de passer dans un fonds commun des arts ? L'auteur qui, pendant toute sa vie, a travaillé durement, peu lui importe d'être riche après sa mort. Ce système permettrait peut-être à la société de surmonter cette difficulté majeure de la transmission de la production et de créer ainsi une sorte de fonds commun, non seulement à l'échelle de la France, mais à l'échelle mondiale.

Je voudrais ajouter encore quelques remarques. J'ai parlé de l'Éducation Nationale. L'Éducation Nationale est très vieille du point de vue des principes. Elle est

bâtie sur des troncs homogènes, mais verticaux. On a la géographie, l'histoire, les mathématiques, les sciences, etc., mais les liaisons, les synapses entre ces troncs n'existent pratiquement pas. C'est comme cela dans le monde entier d'ailleurs. On ne pourra pas continuer ainsi. La spécialisation est une chose nécessaire et reconnue depuis des millénaires, mais il est indispensable aussi de faire des interprétations, des pointages à tous les niveaux de cette masse de connaissances. C'est contradictoire en apparence, c'est vrai, mais peut-être que les modes d'enseignement, parce qu'ils sont surannés, ne peuvent plus donner cette espèce de synchronisme, cette interprétation des disciplines qui est absolument nécessaire, parce que l'une peut rebondir sur l'autre et la féconder. Ma propre expérience m'a démontré qu'un homme quelconque, comme moi, par exemple, peut faire plusieurs métiers d'une manière approfondie, à condition que l'organisation du temps et des moyens le lui permette. C'est une expérience personnelle qui me fait dire que tout un chacun pourrait faire cela, la société entière a besoin de rebondissements d'une connaissance sur l'autre, d'un domaine sur l'autre, pour son propre enrichissement, et aussi pour avoir plus d'auditeurs, plus de spectateurs qui soient compréhensifs, plus proches de l'artiste.

Tout dépend des échanges transversaux entre les diverses disciplines de l'Éducation Nationale. Et j'espère que, dans un avenir relativement proche, les moyens technologiques de l'informatique pourront donner une réponse vraiment très riche dans ce domaine puisque, avec des réseaux très denses, des connaissances accumulées par l'humanité entière, on pourrait immédiatement approcher tel ou tel domaine à des niveaux différents, selon son propre niveau personnel.

C'est un premier point.

Deuxième point. L'élément fondamental qu'il faut

introduire dans l'Éducation Nationale et dans la vie de chacun, c'est la notion de la créativité. On ne peut pas apprendre une chose par imitation servile. On ne peut apprendre une chose que si l'on est capable de la créer ou de la re-crée. Dans le domaine mathématique, par exemple, le plus difficile, le plus abstrait, on pourrait demander aux élèves de certaines classes d'inventer des théorèmes de leur niveau. Je parle des mathématiques, parce que c'est le domaine le plus éloigné, mais on peut dire la même chose pratiquement pour toutes les disciplines.

Pour ce qui concerne la musique, la musique touche à tout, qu'on le veuille ou non, elle touche à des structures, elle touche à des technologies, elle a besoin de ces structures, elle a besoin de ces technologies. N'oubliez pas que la musique a été à l'origine, avec le pythagorisme, d'une réflexion sur les mathématiques, qui a continué d'ailleurs. Par exemple, la géométrie analytique était déjà inventée bien avant les mathématiciens du XIV^e siècle et Descartes. Les structures de groupes, qui sont tellement importantes dans le domaine des particules infra-atomiques, les problèmes de symétrie et de comportement ont déjà été utilisés par les musiciens de la Renaissance, en inventant les formes de l'amplification d'une suite mélodique par rétrogradation, inversion et leurs combinaisons... L'idée de l'automate, par ailleurs, existe depuis toujours, parce que l'homme veut ressembler à Dieu. L'idée a été formulée par les musiciens, bien avant les théories des automates, avec certaines structures, par exemple la fugue.

La musique a toutes sortes de formes, au niveau microscopique, au niveau macroscopique, au niveau de l'échantillon. L'organisation de tous ces éléments nécessite des moyens que la tradition des conservatoires ne lui donne pas. La tradition des conservatoires est fixée dans un certain sens qui a peut-être deux mille, trois mille ou

quatre mille ans, et qui s'est arrêté. Il est indispensable d'ouvrir la vie sur tout cela. Qui sait plus peut faire mieux. Ensuite, il y a l'étincelle du génie qui peut agir, qui peut venir d'une autre discipline, non pas servilement, mais d'une manière créatrice. C'est pour cela qu'il y a toute une liste de disciplines que l'élève musicien devrait acquérir au conservatoire. Le conservatoire devrait être transformé en une sorte d'université rattachée à la musique, mais qui soit ouverte sur les vents de l'extérieur ; les vents de quoi ? les vents de l'astrophysique, les vents de la philosophie, les vents de la génétique. Naturellement, à côté, il y aurait des disciplines plus traditionnelles, parce qu'il y a un patrimoine nécessaire. Malgré ce que disait Varèse dans les années 50, lorsqu'il préconisait que dans le futur il n'y aurait plus que la musique électroacoustique. Il faut sauvegarder ce patrimoine, plus l'informatique et toutes les technologies. Je ne dis pas que l'élève musicien ou l'élève artiste doit être un connaisseur à fond de toutes ces questions-là, mais il y a des régions de toutes disciplines qui sont absolument indispensables à son évolution, puisqu'il les utilise sans le savoir, dans sa vie quotidienne. Sinon, il ne pourra pas maîtriser son propre art, surtout sous la poussée formidable de la technologie et de l'informatique.

CULTURE ET CRÉATIVITÉ

Le monde artistique se trouve dans un ghetto, que ce soit dans les pays capitalistes, socialistes ou dans ceux du tiers-monde. C'est une fleur qui, chaque jour, souffre d'absence d'eau, de soleil, qui se fane et qui pourtant renaît tous les jours, en dépit des difficultés énormes que rencontre l'humanité tout entière. L'emprise de la télévision, de la radio, avec leurs côtés monopolisants et néfastes, renforce encore les murailles de ce ghetto.

Quand on dit « pays développé », on ne pense qu'aux machines à laver, aux voitures ou à la bombe A ou H, mais on oublie que des civilisations comme celles de l'Inde, par exemple, ou de l'Afrique, sont bien plus développées que les civilisations artistiques des pays capitalistes ou socialistes. Aucune comparaison n'est possible entre les arts traditionnels de l'Inde – musique, danse, architecture – ou ceux de la Chine, de l'Indonésie, de l'Afrique, qui sont le patrimoine de l'humanité tout entière, et ce qui existe dans le domaine artistique en Europe, aux États-Unis, ou en Union soviétique.

La civilisation du matérialisme et du bien-être domine tous les pays. Je pense qu'une des tâches essentielles pour nous tous est justement de nous élever contre cette conception matérialiste de la vie. C'est pourquoi j'essaierai de formuler quelques idées de base. Et pour commencer, je voudrais donner la définition de ce que l'on appelle la « culture ».

La culture : une entité globale et indivisible

À mon avis, la culture est globale et indivisible. La pensée scientifique, la pensée artistique, la technologie, la philosophie, tout cela constitue la culture. Je dirais même que les arts, la pensée artistique devraient, et

peuvent, imprégner toutes les activités de l'esprit. Ne sommes-nous pas tous sensibles, que nous le voulions ou non, à l'architecture, aux proportions, aux matériaux, à la qualité des surfaces, des sols, à la forme des tables ? Ne sommes-nous pas sensibles, en sortant dans la rue, aux arbres, à l'environnement, mais aussi à l'esthétique des voitures, plus peut-être qu'à leur confort ? Eh bien, on peut dire que la conscience artistique, l'appréciation esthétique peuvent être une sorte de guide non seulement dans le domaine des produits matériels, mais aussi dans le domaine scientifique, dans les belles choses de la mathématique, de la science abstraite, comme dans tous les domaines de la pensée.

Dans le domaine de la culture, aujourd'hui, on peut distinguer à mon avis deux champs fondamentaux. Le premier, c'est la *créativité*, la possibilité que doivent avoir les masses de créer dans tous les domaines de l'activité artistique et scientifique. Il faut donc une politique de *recherche fondamentale*, il faut une révolution dans les arts et dans les sciences, une révolution qui se situe sur un plan indépendant des retombées matérialistes.

Et ceci est non seulement possible mais nécessaire dans tous les pays : chez les Noirs, chez les Jaunes, chez les Blancs, chez les Métis, partout. C'est une nécessité, une condition vitale, fondamentale, de l'homme. Elle résulte aussi de la fantastique consommation qu'ont subie les arts dans le domaine de la recherche depuis deux ou trois générations et qui crée un hiatus, dans les pays dits développés, entre l'ancienne façon de vivre et d'appréhender l'art, et la possibilité d'être créatif aujourd'hui.

La sauvegarde des cultures

À côté de cette recherche, de cette révolution de la pensée dans les arts et les sciences, il y a une autre entreprise qui s'impose : la sauvegarde des patrimoines, des cultures,

des civilisations artistiques et de la pensée des peuples qui, en ce moment, sont en train de succomber sous l'impact du matérialisme. Je ne parle pas seulement de Venise, de Paris, de l'Égypte ou du Parthénon, mais aussi des cultures artistiques de l'Inde, de la Chine, de l'Afrique.

Le pire, peut-être, c'est que les peuples dits du tiers-monde, qui détiennent non seulement des matières premières, mais aussi des richesses spirituelles fondamentales, n'en sont probablement pas conscients. Ils ne le savent pas encore, et les autres peuples, qui ne possèdent pas ces trésors de l'esprit, les méprisent et adoptent à leur égard une attitude égoïste, bornée et aveugle.

Il est très rare que l'on diffuse sur les antennes de France, d'Allemagne ou des États-Unis des musiques indiennes ou africaines, par exemple ; cela ne se fait qu'à l'occasion de festivals ou de rencontres de troupes organisées dans le cadre d'échanges culturels, où tout est édulcoré et banalisé.

Pour l'évolution et l'enrichissement de l'humanité tout entière, il est absolument indispensable que tous les états, que tous les pays favorisent l'interpénétration des cultures. Comment ? Pas seulement par des échanges culturels, mais aussi à l'intérieur de chaque pays, par exemple dans les conservatoires de musique. Il est impensable que dans les conservatoires occidentaux l'on n'enseigne pas la musique chinoise, la musique hindoue, alors qu'elles font réellement partie du patrimoine global de l'humanité. On n'enseigne qu'une seule forme de civilisation.

Ceci est également valable pour les beaux-arts et pour l'agriculture. Il est donc indispensable de restructurer l'enseignement, à partir de la maternelle, en passant par l'école primaire, les lycées et jusque dans les universités, de manière que les civilisations des pays dits du tiers-monde soient étudiées au même titre que celles de l'Occident.

De plus, pour que cette interpénétration soit favorisée, il faut que l'aide des gouvernements locaux ou des organisations internationales encourage les manifestations culturelles. En outre, il faut procurer les moyens aux individus, dans tous les pays, de s'adonner librement à la recherche.

Pour cet effort de réorganisation, d'interpénétration des cultures, il faut faire appel aux méthodes et aux moyens les plus avancés de la technologie moderne, qui reposent sur l'emploi de l'ordinateur. Si les compagnies d'ordinateurs ne s'intéressaient pas uniquement aux marchés et à la diffusion des produits, la technologie de pointe pourrait être mise au service de l'invention artistique. Surtout, on pourrait, grâce à elle, combiner l'art avec les sciences les plus abstraites. Car si les artistes sont dans des ghettos, les scientifiques eux aussi se trouvent dans des espèces de ghettos, dans la mesure où ils n'ont pas de contacts avec le monde artistique.

Pour remédier à cet état de choses, nous sommes en train de monter une sorte d'unité pilote au Centre d'Études de Mathématique et Automatique Musicales, à Paris, afin de démontrer qu'il est possible de mettre en œuvre une pédagogie globale qui pourrait commencer dès l'âge de cinq ou six ans, et ce non seulement en Occident, mais dans tous les pays du monde, et se prolonger jusqu'à la mort.

POUR L'INNOVATION CULTURELLE

Ce n'est pas un hasard si le mot « fascisme » vient de la Rome ancienne, un pays qui a été aussi dominateur et destructeur de civilisations. Les « fascis », des verges liées autour d'une hache, étaient l'emblème du commandement ; il s'est ensuite généralisé. Le commandement implique naturellement l'obéissance ; c'est le couple du maître et de l'esclave. Repris par les fascistes italiens, cet emblème correspond, je ne dirais pas à une maladie, mais à quelque chose de fondamental dans l'homme. Car l'obéissance s'apprend dès la plus tendre enfance ; l'enfant apprend à obéir, la famille et la société l'amènent à devenir peu à peu soit un être asservi, soit un être dominateur. Si nous voulons combattre cette tendance fondamentale, nous devons nous méfier des idéologies et de leurs incarnations institutionnelles, telles que les fabriquent les partis. Nous devons nous méfier même des théories scientifiques, que ce soit en physique, en mathématiques, en astrophysique, en biologie ; nous devons nous méfier comme de la peste de toute chose qui semble établie et vraie.

À titre d'exemples, on peut citer les religions, aussi bien que les idées politiques. La religion a provoqué en Iran une catastrophe qui a détruit le monde préislamique et qui continue de ruiner toute aspiration à la liberté d'expression, comme en Afrique ou dans les autres pays du tiers-monde, les missionnaires chrétiens ont tué peu à peu les cultures locales, comme enfin la « révolution culturelle » en Chine a porté de graves atteintes à la culture chinoise, élément essentiel de la culture mondiale.

Un questionnement perpétuel devrait être à la base de l'exercice de la liberté ; c'est peut-être dans le domaine artistique que cet exercice se développe de la manière la plus riche. Je suis musicien, et je sais que l'art est le

domaine le plus propice à la liberté d'expression. On peut montrer cela de façon précise en disant que, dans le domaine artistique comme dans le domaine scientifique, il y a l'expérimentation, non pas point par point, mais d'une manière statistique et diachronique ; il y a aussi une sorte de révélation de quelque chose d'esthétique et de durable dans ce sens-là ; l'art est, à mon avis, plus libre que la science. Mais dans le domaine artistique en Occident, et ailleurs également, des institutions empêchent la véritable liberté de pensée et d'expression artistiques. Ici, par exemple, les conservatoires constituent de véritables camps retranchés, parce que des professeurs dont la formation est exclusivement conservatrice se révèlent trop souvent limités et parce qu'une conception élitiste de l'art, généralement répandue, réserve à quelques-uns seulement ce qui devrait être mis à la portée de tous. Il faut que l'exercice de la création appartienne aux masses. Ces propos ne relèvent pas de la démagogie, mais tenir ce langage, c'est dire qu'on retrouve chez tout homme l'étincelle divine de Dionysos, qui lui permet d'agir et de comprendre. Si la majorité des gens n'étaient pas sensibles aux phénomènes artistiques, il n'y aurait jamais eu d'art du tout.

Enfin, dans les pays de civilisation ancienne, comme l'Europe, les structures de la pensée sont archaïques et sclérosées, le poids du passé joue de façon décisive en faveur de l'esclavage et de la domination. Ce phénomène est sensible à la radio et à la télévision, qui sont au service de goûts momifiés et ignorent la pensée actuelle. Il ne s'agit pas de détruire le passé et les traditions, comme j'en parlais plus haut, mais de comprendre que la tradition figée est dangereuse, tandis que la tradition rénovée par un esprit bien vivant peut être une source de richesses extraordinaires. Le passé, si l'on se contente de le subir, condamne une civilisation à l'asphyxie progressive. Prenons-y garde. Il existe un seuil de la création en deçà

duquel on ne peut plus créer, et c'est au niveau de l'individu, de la famille, de la tribu, de l'État que se manifestent les conséquences culturelles. Je crains fort que nous n'en soyons là en Europe, dans des pays qui maintiennent obstinément leurs frontières et leurs chauvinismes de clocher. Un passé prestigieux peut créer des inhibitions qui anéantiront tout effort de renouvellement.

L'UNIVERS EST UNE SPIRALE

Des formes innombrables peuplent notre univers visible et invisible. On les découvre à force de formidables moyens technologiques et théoriques dans les galaxies, dans la matière vivante, dans notre environnement terrestre.

La richesse et la variété de ces formes statiques (hors-temps) ou en évolution (en-temps) semblent vraiment sans fin.

Question lancinante : l'homme serait-il condamné à n'être qu'un simple découvreur, ne serait-il condamné qu'à explorer ? Ou bien, au contraire, aurait-il une certaine marge de création, d'originalité ? Autrement dit, tout dans notre univers serait-il prédéterminé, donné une fois pour toutes, même si le hasard faisait partie de cette miraculeuse machine qu'est le cosmos ? Lire dans le *Politique* de Platon la belle théorie des inversions du temps dans les périodes terrestres à l'aide des dieux ordonnateurs, en conflit avec l'entropie croissante d'un système automate.

Parménide disait systématiquement : « *L'être est la même chose que le penser.* » Asymétriquement, Descartes et le solipsisme de Berkeley partaient de la pensée pour établir le réel : « *Je pense, donc je suis.* » Inversement, les matérialistes partaient du réel pour former la pensée. La discussion moderne porte sur la confrontation entre le patrimoine génétique des espèces et la nature.

Or l'artiste, le penseur, l'être humain, a le besoin impérieux d'un espoir suprême : pouvoir inventer, créer, pas seulement découvrir ou dévoiler, comme dirait Heidegger.

Oui, l'originalité est une nécessité absolue de survie de l'espèce humaine. J'ajouterai qu'elle est une nécessité de survie pour le cosmos. Il doit y avoir création dans l'univers. Le dieu d'Einstein devrait posséder ce

pouvoir qui engloberait et dépasserait l'opposition apparente entre déterminisme et incertitude. Ce dieu, c'est-à-dire nous-mêmes, le cosmos.

Mais que faire pour le savoir ? Comment démêler la création, l'originalité absolue d'une imitation, d'une copie, même infiniment complexe ?

Il n'y a que quelques millénaires que l'homme a commencé à répertorier les formes terrestres ou celles des concepts avec la dichotomie taxinomique de Platon. Inventorier, classer est donc un outil nécessaire. C'est d'ailleurs un outil primaire, tout programmé dans notre mental, qui entraîne à sa suite la logique, la mathématique, la science et même les arts.

L'artiste jongle avec les formes tout comme le scientifique ou le croyant. Le musicien encore plus systématiquement, puisqu'il vit à la fois dans le microcosme du son et dans le macrocosme des architectures plus vastes, simultanément, comme s'il se trouvait dans un millefeuille fait de couches transparentes dans tous les sens.

La prolifération ahurissante des formes dans l'univers pourrait peut-être se réduire seulement à quelques archétypes d'où découleraient toutes les autres.

Parmi les formes les plus entraînantes pour l'esprit est la spirale. Or la spirale simple, double, multiple, à deux ou à plusieurs dimensions, se trouve partout dans l'univers, dans les tourbillons des fleuves ou des gaz, les vrilles des plantes, l'ADN, les radiations synchrotroniques²¹, les coquilles d'escargot, les cyclones, les galaxies, les cornes de mouflon... Elle est vite apparentée aux méandres, aux grecques des rivières, des serpents...

Mais ce qui est étrange, c'est la place qu'occupe le motif de la spirale comme ornement esthétique dans sa répartition géographique, sur terre, à des époques de la haute Antiquité, pendant les quelques millénaires avant notre ère. On la trouve sur le beau vase Jōmon du Japon, en Chine, dans les Cyclades, chez les Minoens, les

Mycéniens, en Afrique, sur les mégalithes de Malte ou de Bretagne, au Pérou des Incas – et même, quoique plus tardivement et orthogonale, chez les Mayas.

Chose étonnante : comment des civilisations tellement éloignées et sans influences réciproques ont-elles trouvé des expressions de la spirale tellement semblables et tellement expressives esthétiquement ?

Leur floraison se situe surtout vers les III^e et II^e millénaires avant l'ère chrétienne.

Quelles étaient ses significations magiques ou symboliques ? Il est temps d'essayer d'établir une science morphologique avec, pour commencer, une taxinomie des formes de l'univers ainsi que leurs tablatures, c'est-à-dire leurs causalités.

NOTES

1. Cf. *Formalized music*, Pendragon Press, Stuyvesant NY, 1992, chap. 2 et 3, pp. 43-109.

2. La topologie est la « branche des mathématiques née de l'étude sur les surfaces et dans l'espace usuel des propriétés conservées par une déformation continue et liées à la notion de voisinages » (A. Bouvier et M. George, *Dictionnaire des Mathématiques*, PUF).

3. Les géométries non euclidiennes se construisent sans l'aide du cinquième postulat d'Euclide, selon lequel une seule parallèle peut être tracée à partir d'un point extérieur à une droite donnée.

4. « On désigne habituellement par ce nom l'un ou l'autre des deux théorèmes d'incomplétude que Gödel a démontrés dans un article célèbre publié en 1931 [...]. Leur signification est qu'aucun système formel n'est assez fort pour démontrer toutes les propriétés des entiers » (*Encyclopédie Philosophique Universelle*, PUF).

5. Mouvement aléatoire et désordonné de particules, dû à leur énergie propre.

6. « L'entropie caractérise l'état de désordre d'un système et permet de préciser quantitativement le second principe de thermodynamique : l'entropie d'un système isolé ne peut que croître » (J.P. Sarmant, *Dictionnaire de Physique*, Hachette).

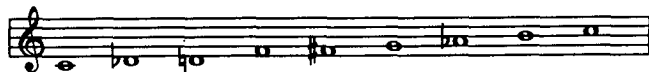
7. Compteur de particules utilisé pour détecter la radioactivité.

8. Cf. E. Borel, « Sur l'imitation du hasard », *C.R. Acad. Sc.*, t. 204, pp. 203-205.

9. Cf. *Formalized music*, Pendragon Press, Stuyvesant NY, 1992, pp. 39-42.

10. Cf. *Formalized music*, Pendragon Press, Stuyvesant NY, 1992, chap. vi, pp. 155-177.

11. Voici la première transposition du quatrième mode :



12. Cf. note 18.

13. Cf. H. Reichenbach, *The direction of time*, Berkerley, University of California Press, 1971.

14. « Le même, lui, est à la fois penser et être. » (trad. Jean Beaufret, *Parménide, le Poème*, PUF, 1984).

15. Unité de mesure du moment angulaire de particules élémentaires.

16. « Mot grec désignant au sens propre le bois de coupe (latin *silva*), et signifiant par ext. matière. » (*Nouveau Vocabulaire des Études Philosophiques*, Hachette).

17. L'approximation est due au fait qu'il faudrait un nombre infini de périodes.

18. « Ce mot désigne la déviation spontanée qui, dans le système d'Épicure, permettait aux atomes tombant dans le vide, en vertu de leur poids et d'une vitesse égale, de se rencontrer et de s'agglomérer. [...] Le clinamen était en même temps le principe du libre arbitre. » (André Lalande : *Vocabulaire Technique et Critique de la Philosophie*, PUF).

19. Ce principe veut que le produit des deux incertitudes sur la mesure simultanée de la position et de la quantité de mouvement ne peut être inférieur à la constante de Planck.

20. δοξαί : « Subst. gr. dér. de "dokein" (sembler, paraître) et signifiant opinion. S'opp. à "épistèmè"

(science) » (*Dictionnaire de la Langue Philosophique*, PUF).

21. Rayonnements électromagnétiques émis par les électrons en mouvement dans un champ magnétique.

SOURCES

1. Les chemins de la composition musicale (*Le Compositeur et l'ordinateur* ; IRCAM, 1981)
2. La crise de la musique sérielle (*Gravesaner Blätter* n° 1, 1955)
3. Lettre à Hermann Scherchen (*Gravesaner Blätter* n° 6, 1956)
4. Théorie des probabilités et composition musicale (*Gravesaner Blätter* n° 6, 1956)
5. Éléments sur les procédés probabilistes (stochastiques) de composition musicale (Claude Samuel, *Panorama de l'art musical contemporain* ; Gallimard, 1962)
6. La voie de la recherche et de la question (*Preuves*, n° 177, novembre 1965)
7. Cribles (Première version publiée dans *Preuves*, 1965 ; des extraits du texte définitif ont paru dans *Redécouvrir le temps*, Éd. de l'Université de Bruxelles, 1988)
8. Entre Charybde et Scylla (*Spirales*, février 1981)
9. Sur le temps (*Redécouvrir le temps*, Éd. de l'Université de Bruxelles, 1988)
10. Musique et originalité (*Phrèatique* n° 28, 1984)
11. Des univers du son (Boris de Schloezer & Marina Scriabine, *Problèmes de la musique moderne*, Éd. de Minuit, 1977)

12. Condition du musicien.
(*France Forum* n° 223-224, oct.-déc. 1985)
13. Culture et créativité
(*Cultures*, vol. 3, n° 4 ; La Baconnière/Les Presses de l'UNESCO)
14. Pour l'innovation culturelle
(Robert Badinter, *Vous avez dit fascisme ?*, Éditions Montalba, 1984)
15. L'univers est une spirale
(*Nouvel Observateur*, 25-31 mai 1984)

TABLE

Préface	7
Les chemins de la composition musicale	15
La crise de la musique sérielle	39
Lettre à Hermann Scherchen	44
Théorie des probabilités et composition musicale	46
Éléments sur les procédés probabilistes (stochastiques) de composition musicale	54
La voie de la recherche et de la question	67
Cribles	75
Entre Charybde et Scylla	88
Sur le temps	94
Musique et originalité	106
Des univers du son	112
Condition du musicien	121
Culture et créativité	129
Pour l'innovation culturelle	133
L'univers est une spirale	136
Notes	139
Sources	141

COMPOSÉ ET ACHEVÉ D'IMPRIMER LE 15 MARS 1994
DANS LES ATELIERS DE NORMANDIE ROTO IMPRESSION S.A.
À LONRAI (ORNE). N° D'IMPRIMEUR : 14-0373
DÉPOT LÉGAL : AVRIL 1994